

基于 GIS 的云南省印度黄檀造林区划研究

刘絮子^{1,2}, 石 雷^{2*}, 周汝良¹, 梁英扬³, 邓 疆²

(1. 西南林业大学, 云南 昆明 650224; 2. 中国林业科学研究院资源昆虫研究所, 云南 昆明 650224;

3. 江门职业技术学院, 广东 江门 529000)

摘要:根据试验点印度黄檀与气候条件的关系,分析确定了印度黄檀的气候区划指标。利用云南省的气象数据,在 SPSS 支持下,进行线性回归分析建立区划指标的空间分析模型。在 GIS 的支持下,按 1 km × 1 km 细网格推算出云南省其它地区印度黄檀树高、胸径的生长情况,并对印度黄檀的适宜种植区进行区划,以气候因子为条件,得出云南省适宜种植印度黄檀的土地面积占 32.5%,其中,最适宜面积占 0.7%,较适宜面积占 7.4%,一般适宜面积占 24.4%。

关键词:造林区划;GIS;气候因子;印度黄檀

中图分类号:S792.28

文献标识码:A

Study on *Dalbergia sissoo* Forestation Zoning Based on GIS Data in Yunnan Province

LIU Xu-zi^{1,2}, SHI Lei², ZHOU Ru-liang¹, LIANG Ying-yang³, DENG Jiang²

(1. Southwest Forestry University, Kunming 650224, Yunnan, China; 2. Research Institute of Resource Insects, Chinese Academy of Forestry,

Kunming 650224, Yunnan, China; 3. Jiangmen Vocational Technology College, Jiangmen 529000, Guangdong, China)

Abstract: Base on the climate condition of Yunnan Province, the norm of the climate zoning for *Dalbergia sissoo* Roxb. was confirmed. Supported with SPSS, a spatial analysis model for zoning norm was established by linear regression analysis for the meteorological data of Yunnan Province. The growth status of *D. sissoo* in Yunnan, such as tree height or diameter is reckoned by the 1 km × 1 km grid, and a zoning for the appropriate area for planting *D. sissoo* was conducted. It indicated that according to the climate conditions, the area for planting *D. sissoo* should take 32.5 percent of the total area of Yunnan Province. The proportion of the area is as following: the most suitable area takes 0.7 percent, the suitable area takes 7.4 percent, and the sub-suitable area takes 24.4 percent.

Key words: Forestation zoning; GIS; climate factor; *Dalbergia sissoo*

我国是一个木材消耗量比较大的国家,原木消费量居世界第3位。由于人工林的林分结构单一等原因造成了人工林的利用率很低,国内木材的供应十分紧张^[1-3]。解决国内木材短缺的问题除了依靠加大木材的进口量外,还要努力提高国内木材的数

量和质量。印度黄檀(*Dalbergia sissoo* Roxb.)是一种抗旱、抗瘠薄的优良红木树种。对印度黄檀的造林区划研究,有利于在我国广泛种植此优良树种以满足国内对木材的需求以及解决干热地区荒山、荒地的绿化问题。目前,由于印度黄檀对环境的适应

收稿日期:2011-10-31

基金项目:林业公益性行业科研专项经费项目“珍贵阔叶用材树种培育与利用项目(201104001)”的部分研究内容

作者简介:刘絮子(1988—),女,湖南长沙人,硕士研究生。

* 通讯作者:石雷(1971—),男,云南江川人,研究员,博士, leishi@139.com

能力较强,国内外学者都从微观的角度来分析印度黄檀的生理特征^[4-7],而对印度黄檀的区域性研究较少。故此,本文根据实验点的实验数据结合 ARC-GIS 分析印度黄檀在云南省的适宜生长区划图。

1 印度黄檀及分析区域的简介

印度黄檀是一种喜光落叶大乔木,属于豆科蝶形花亚科。它起源于印度干旱地区,具有速生、耐旱和耐瘠薄等优良特性^[8-11]。1年生印度黄檀幼苗的树高可达3 m,胸径可接近10 cm。在印度的分布区域内,其绝对最高气温39~49℃,绝对最低气温4~6℃,年降水量760~4 570 mm。印度黄檀是印度主要的栽培树种,被认为是一种理想的城市和园林绿化树。印度黄檀能在瘠薄、疏松或低盐土中生长,但在干硬的黏土中,容易受到病害,成活率低^[8-11]。印度黄檀具有多种用途,它的叶子可以作饲料和药材,木材可以被加工制成世界上名贵的红木家具。

云南省地处中国西南边陲,位于21°8'32"~29°15'8"N和97°31'39"~106°11'47"E之间,北回归线横贯本省南部。全境东西最大横距864.9 km,南北最大纵距900 km,总面积394 000 km²,占全国陆地总面积的4.1%,居全国第8位。全省土地面积中,山地约占84%,高原、丘陵约占10%,盆地、河谷约占6%,平均海拔2 000 m左右,最高海拔6 740 m,最低海拔76.4 m^[12]。全省气候类型丰富多样,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。全省除金沙江河谷和元江河谷外,各地年平均温度大致由北向南递增,在5~24℃,南北气温差19℃左右。全省大部分地区降水量1 000 mm左右,干湿分明,分布不均,6—8月的降水量占全年降水量的60%^[13]。

2 调查及研究方法

2.1 空间分析模型的建立

胸径和树高是衡量树种适应性的重要指标^[14],表1、2表明:不同试验点5年生的印度黄檀树高、胸径的生长量表现出明显差异。景洪、元阳、元谋和禄丰的印度黄檀胸径生长量与其它试验点的印度黄檀胸径生长量的差异显著,泸水与元江之间、墨江与景东之间的差异不显著。景洪、元阳、泸水、元江、元谋和禄丰的印度黄檀树高生长量与其它试验点的印度黄檀树高生长量的差异显著,元阳、泸水和元江之间、墨江和景东之间的差异不显著。景洪和元阳的印度黄檀胸径和树高的生长量明显优于其它试验点,胸径年平均生长量1.35~1.73 cm,树高年平均生长量1.35~1.56 m,保存率达90%以上。禄丰的印度黄檀生长势最差,没有一棵存活^[15]。由石雷等^[15]对印度黄檀适生性的气候因子研究中得到在云南省区域气象因子是主要影响因子,故本文结合气象因子进行分析。气象因子与胸径、树高的相关性系数见表3。下文树高用 H 表示,胸径用 $D_{1.3}$ 表示。

表1 印度黄檀试验林生长调查

试验点	林龄/a	平均胸径/cm	平均地径/cm	平均树高/m	保存率/%
元江试验林	5	4.98	7.81	5.50	90
元阳试验林	5	6.77	9.06	6.67	95
泸水试验林	5	5.23	7.95	6.51	90
元谋试验林	5	3.58	4.86	4.02	70
墨江试验林	5	2.13	3.24	2.06	30
景洪试验林	5	8.65	10.55	7.80	95
景东试验林	5	1.20	2.01	1.35	20
禄丰试验林	5	0.00	0.00	0.00	0

表2 印度黄檀树高和胸径的方差分析

林龄/a	变异来源	树高					胸径				
		自由度	平方和	均方	F值	P值	自由度	平方和	均方	F值	P值
5	组间	7	1 110.415	158.631	162.618	0.000	7	1 134.590	162.084	126.079	0.000
5	组内	120	117.058	0.975			120	154.269	1.286		
5	总和	127	1 227.473				127	1 288.858			

注: $P < 0.05$ 或 $P < 0.01$ 表示显著或极显著。

表3 树高、胸径与气象因子相关性分析

相关性系数	TMN _{wt}	TMN _{sm}	TAV _{at}	MSP	DD > 5	DD > 18
树高(H)	0.757*	0.854**	0.870**	-0.256	0.824*	0.786*
胸径($D_{1.3}$)	0.803*	0.845**	0.876**	-0.121	0.838**	0.79*

注:*相关显著性水平在0.05,**相关显著性水平在0.01。TMN_{wt}为冬季平均最低气温;TMN_{sm}为夏季平均最低气温;TAV_{at}为秋季平均气温;MSP为夏季平均降水量;DD > 5为大于5℃的活动积温;DD > 18为大于18℃的活动积温,下同。

结合上面分析数据和实验站的实际考察,作者从 25 个气象因子(春季平均最高气温、夏季平均最高气温、秋季平均最高气温、冬季平均最高气温、春季平均最低气温、夏季平均最低气温、秋季平均最低气温、冬季平均最低气温、春季平均气温、夏季平均气温、秋季平均气温、冬季平均气温、春季降水量、夏季降水量、秋季降水量、冬季降水量、年平均气温、年平均降水量、夏季平均降水量、温度最高月的平均温度、温度最低月的平均温度、大于 5 °C 活动积温、小于 18 °C 活动积温、大于 18 °C 活动积温、无霜期中结合试验点实际情况选取与胸径及树高相关性显著的气候因子为:活动积温大于 18 °C ($DD > 18$)、冬季平均最低气温 (TMN_{wt})、夏季平均最低气温 (TMN_{sm})、

秋季平均气温 (TAV_{at})、大于 5 °C 的活动积温 ($DD > 5$)。根据实验点的气候分析得出夏季平均降水量 (MSP) 对印度黄檀生长作用显著,因为云南省夏季属于雨季,如果降雨量过大,印度黄檀会被涝死。故此,笔者选择上面例举出的 6 个气象因子(表 4)利用 SPSS 线性回归分析得出树高和胸径的线性回归方程:

$$D_{1.3} = 167.179 - 0.049 \cdot DD > 18 - 0.113 \cdot MSP + 7.916 \cdot TMN_{wt} - 0.002 \cdot DD > 5 - 27.887 \cdot TMN_{sm} + 24.205 \cdot TAV_{at} \quad (1)$$

$$H = 131.094 - 0.46 \cdot DD > 18 - 0.102 \cdot MSP + 6.988 \cdot TMN_{wt} - 0.004 \cdot DD > 5 - 22.695 \cdot TMN_{sm} + 21.18 \cdot TAV_{at} \quad (2)$$

表 4 试验点气象因子的基本情况

试验点	经度(E)/(°)	纬度(N)/(°)	海拔/m	$TMN_{wt}/^{\circ}C$	$TMN_{sm}/^{\circ}C$	$TAV_{at}/^{\circ}C$	MSP/mm	$DD > 5/^{\circ}C$	$DD > 18/^{\circ}C$
元江试验林	102.013	23.604	454.5	11.3	23.22	23.5	595	6 700	1 923
元阳试验林	102.890	23.207	261.5	12.9	23.50	24.0	649	6 863	2 065
泸水试验林	98.867	25.631	758.1	5.5	20.50	20.7	641	5 387	1 064
元谋试验林	101.859	25.668	1 176.3	7.4	21.20	21.1	538	6 028	1 414
墨江试验林	101.729	23.238	983.8	7.7	19.70	20.1	943	5 394	943
景洪试验林	100.747	21.983	596.0	10.8	22.20	23.2	867	6501	1 566
景东试验林	100.951	24.314	1 200.0	5.0	19.00	19.3	800	5 066	860
禄丰试验林	102.099	25.075	1 800.0	2.1	16.60	16.2	732	4 015	469

树高方程的相关性 R 值是 0.988, F 值是 6.913, 显著性概率是 0.000, 小于 0.01; 胸径方程的相关性 R 值是 0.985, F 值是 5.584, 显著性概率是 0.000, 小于 0.01。说明回归方程(1)、(2)达到极显著水平,具有可靠性和有效性。

2.2 造林区划的方法

应用地理信息系统技术进行树种适生性的区划,是目前比较流行的林业区划方法^[16-18]。相对于数量定量方法而言,它具有节省大量的外业和内业的工作量以及制图效果好等优点。地理信息系统技术的区划一般先确定区划需要考虑的环境因子,利用 DEM 图、行政区划图等生成数据底图,再通过数量定量的方法建立各因子对区划的综合评价模型,得出各因子的评分,通过空间叠加分析生成区划图。

3 结果与分析

(1)地理栅格的气象数据根据周如良等^[19]提出的方法获取。以云南省为研究区,利用地理新系统将划分为 1 km × 1 km 的空间栅格单元格,作为空间分析的最小地理单元。收集 DEM 数据、气象数据,利用空间叠加分析方法,建立空间样本数据集。

(2)根据实验点印度黄檀的生长情况与气象因

子的关系,用回归分析得出胸径、树高与气象因子的数学关系。

(3)根据数学关系反演出云南省其它地方地理栅格的印度黄檀的生长情况数据。

(4)结合计算出的栅格图、DEM 图、云南行政区划图,利用 ARCGIS 软件,通过空间叠加分析生成区划图。

5 年生印度黄檀在云南的造林区划分为:不适生区、一般适生区、较适生区和最适生区。树高在 1.5 m 以下的地区为不适生区,1.5 ~ 4.0 m 的为一般适生区,4.0 ~ 6.5 m 的为较适生区,6.5 m 以上的为最适生区。胸径在 1.0 cm 以下的地区为不适生区,1.0 ~ 3.5 cm 的为一般适生区,3.5 ~ 5.5 cm 的为较适生区,5.5 cm 以上的为最适生区。由于树高和胸径分别得出的区划图在大部分区域是一致的,但是,还是有个别区域存在不一致,如图 1、2 所示。故此,本文考虑将树高和胸径的区划值赋予一个权值得出综合信息区划图。本文权值考虑树高和胸径的重要性一致,故取值各为 0.5,得出最终的区划结果图(图 3),其区划范围:0 ~ 1 为不适生区,1 ~ 2 为一般适生区,2 ~ 3 为较适生区,3 ~ 4 为最适生区。

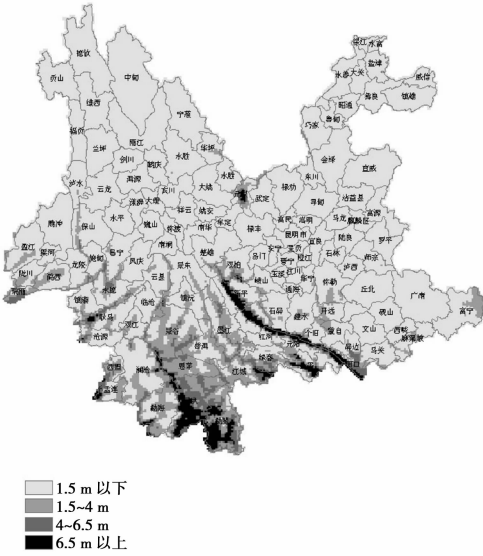


图1 印度黄檀根据树高的区划图

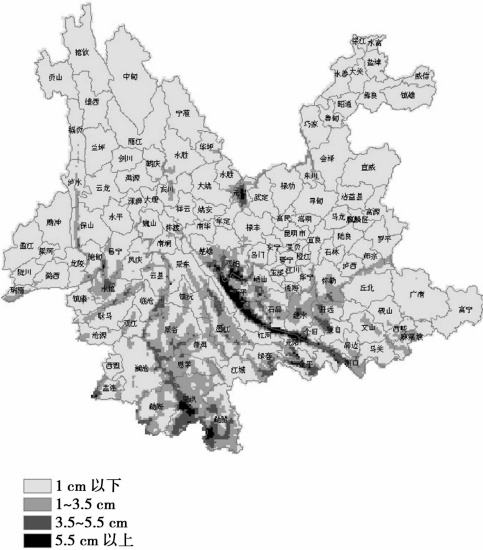


图2 印度黄檀根据胸径的区划图

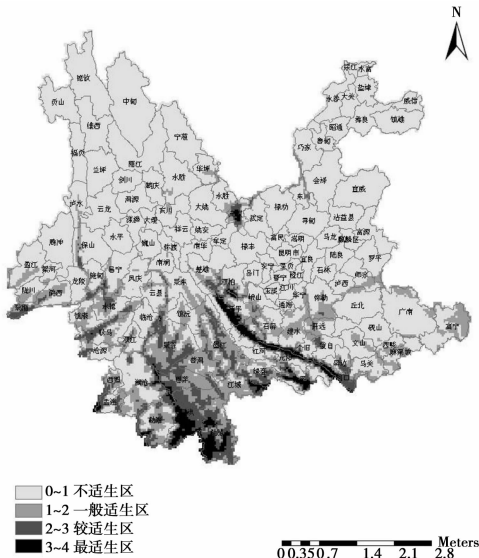


图3 印度黄檀云南省适生区划图

根据区划图分析得出:印度黄檀适生于滇南的大部分地区,滇西南的部分地区,滇东南靠贵州、越南和老挝的边境地区以及滇中的双柏县和元谋县。滇南的适生区包括元江、元阳、金平、江城、宁洱和思茅区等地区,其中,沿元江流域从元江到河口一带的大部分地区为印度黄檀的最适生区。这一区域年平均温度 $22 \sim 24 \text{ }^\circ\text{C}$,年平均降水量 $800 \sim 1\ 800 \text{ mm}$,极端最低温度在 $0 \text{ }^\circ\text{C}$ 以上,夏季温度高,冬季没有严重的霜冻,充足的热量保证了印度黄檀的高生长。滇西南适生区包括景洪、勐腊、孟连、西盟等地区。景洪和勐腊的大部分地区属于较适生区,年均温度在 $21 \sim 24 \text{ }^\circ\text{C}$,极端最低温度在 $0 \text{ }^\circ\text{C}$ 以上,年平均降水量 $1\ 100 \sim 1\ 600 \text{ mm}$,属于典型的热带或亚热带地区。滇西地区除了瑞丽、盈江、陇川、永德和保山的隆阳区等的部分地区为较适生区外,其余地区不适合印度黄檀的生长。滇西北和滇东北、滇中和滇东的大部分地区也属于印度黄檀的不适生区。主要原因在于年平均温度低,极端最低温度一般在 $0 \text{ }^\circ\text{C}$ 以下,冬季霜冻严重,不利于印度黄檀的正常生长。滇东南边境一带受邻近省或其他国家的小气候影响,温度一般在 $20 \text{ }^\circ\text{C}$ 以上,且无严重的霜冻,有利于印度黄檀的正常生长。

滇东北和滇中北地区与四川省边界处的小气候特征更加突出,水富、绥江、永善、巧家、东川、禄劝、元谋、永仁和华坪与四川的交界处为金沙江流域,年平均温度达到 $20 \text{ }^\circ\text{C}$ 以上,雨水充沛,冬无严寒,适合印度黄檀生长。一般而言,流域地区的海拔相对偏低,年平均温度比当地其他地方要稍高,水湿条件较好。在滇中地区,流域地区的小地形气候特征也比较突出。墨江县的大部分地区为一般适生区,但阿墨江经过的小区域—从北向南狭窄的流域地区是较适生区,在澜沧县与思茅区的交界—澜沧江流经的小区域同样是较适生区,而师宗、泸西、弥勒、开远这些南盘江流域地区的大部分是一般适生区,部分为较适生区。

根据区划图利用 GIS 计算出不适生区面积为 $265\ 852.665 \text{ km}^2$,一般适生区面积为 $96\ 210.452 \text{ km}^2$,较适生区面积为 $29\ 154.092 \text{ km}^2$,最适生区面积为 $2\ 524.511 \text{ km}^2$,适生区面积占云南省国土面积的 32.5% (表5)。这也进一步说明印度黄檀对云南省荒山造林有重要意义。印度黄檀具有较高的经济价值,种植印度黄檀能有效解决我国优良木材短缺的问题。

表5 造林区划面积

项目	不适生区	一般适生区	较适生区	最适生区
面积/km ²	265 852.665	96 210.452	29 154.092	2 524.511
占云南省国土面积的百分比/%	67.5	24.4	7.4	0.7

4 讨论

结合试验点和实际情况分析得出:本方法得出的区划图合理,在植树造林方面具有一定的参考价值,也为其它林木造林区划提供一种研究思路。本研究虽然提出了印度黄檀的造林适生性指标,建立了树高、胸径生长量与生态因子的回归模型并利用 ArcGis 模拟出造林区划图,但是仍需进行进一步研究,尤其在造林区域性试验中,应进一步扩大试验区的数量和分布范围,本文只结合了影响印度黄檀最主要的气象因子,虽然已经能够得到比较合理的区划图,但在以后的研究中,为了区划精度更高可以考虑更多的影响因子,如土壤因子和病虫害因子等。

参考文献:

- [1] 贾 筹. 中国木材类产品供需状况及对策[J]. 木材工业, 2002, 16(5): 3-4
- [2] 宋维明, 程宝栋. 未来中国木材资源获取途径探究[J]. 北京林业大学学报, 2006, 3(2): 3-8
- [3] 杨红强, 聂 影. 中国木材供需矛盾与原木进口结构分析[J]. 世界农业, 2008(7): 53-56
- [4] 石 雷, 孙庆丰, 邓 疆. 引进树种印度黄檀解剖构造变异性质及其化学性质的研究[J]. 林业科学研究, 2008, 21(2): 212-216
- [5] 石 雷, 孙庆丰, 邓 疆. 引进树种印度黄檀木材解剖构造及物理力学性质的初步研究[J]. 林业科学研究, 2008, 21(3): 335-339
- [6] Mohana G S, Uma Shaanker R, Ganeshaiha K N, et al. Genetic relatedness among developing seeds and intra fruit seed abortion in *Dalbergia sissoo*[J]. American Journal of Botany, 2001, 88: 1181-1188
- [7] Singh G, Bilas Singh. Effect of varying soil water stress mass produc-

tion in *Dalbergia* regimes on nutrient uptake and biosisoo seedlings in Indian desert [J]. Journal of forestry Research, 2009, 20(4): 307-313

- [8] Tewari D N. A monograph on *Dalbergia sissoo* Roxb[M]. India: International book distributors, 1994
- [9] Hunter I. Above ground biomass and nutrient uptake of three species (*Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis* and *Dalbergia sissoo*) as affected by irrigation and fertilizer, at 3 years of age, in southern India[J]. Forest Ecology and Management, 2001, 144(1-3): 189-199
- [10] Minhas P S, Singh Y P. Effect of saline irrigation and its schedules on growth, biomass production and water use by *Acacia nilotica* and *Dalbergia sissoo* in highly calcareous soil [J]. Journal Arid Environments, 1997, 36(1): 181-192
- [11] Singh B, Singh G. Biomass partitioning and gas exchange in *Dalbergia sissoo* seedlings under water stress [J]. PHOTOSYNTHETICA, 2003, 41(3): 407-414
- [12] 杨一光. 云南综合自然区划[M]. 北京: 高等教育出版社, 1990
- [13] 云南省地方志编纂委员会. 云南省志(卷二). 天文气候志[M]. 昆明: 云南人民出版社, 1995: 80-120
- [14] 北京林业大学. 测树学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1987: 44-53
- [15] 石 雷, 梁英扬, 邓 疆. 印度黄檀适生性的气候因子研究[J]. 林业科学研究, 2010, 23(2): 191-194
- [16] 李迎春, 谢国辉, 李建新, 等. 基于 GIS 的新疆阿克苏地区棉花区划[J]. 中国农业气象, 2007, 28(4): 450-452
- [17] 姚圣贤, 康桂红, 孙培良, 等. 利用 GIS 技术对樱桃进行气候区划[J]. 山东农业大学学报, 2006, 37(3): 377-380
- [18] 梁英扬, 石 雷, 邓 疆. 印度黄檀适生性区划方法研究综述[J]. 云南地理环境研究, 2009(6): 4-8
- [19] 周汝良, 石 雷, 尹立红. 云南省松材线虫适生区的精细化评估[J]. 林业科学研究, 2008, 21(5): 702-706