

红锥天然分布区气候区划*

徐放 杨晓慧 廖焕琴 潘文 杨会肖

(广东省森林培育与保护利用重点实验室/广东省林业科学研究院, 广东 广州 510520)

摘要 文章以1950—2000年世界各地气象站19个气温和降水量相关气候信息的平均值为基础, 通过主成分分析和聚类分析方法, 对红锥(*Castanopsis hystrix*) 14个主要分布区内的22个气象样点进行气候区划。结果表明, 纬度与气温的季节性呈显著性正相关(0.71), 与最冷月最低温呈显著性负相关(-0.72); 年最干月降水量与气温年较差呈显著性正相关(0.72), 与最干季平均温呈显著性负相关(-0.71); 19个因子可以综合为4个主成分, 前4个主成分累计贡献率达80%, 表明最冷季降水量、最暖季平均温、最暖季降水量和最暖月最高温具有较强的代表性; 根据系统聚类将22个气象样点划分为四大气候区: 南亚热带地区、中亚热带地区、西亚热带地区和热带北缘地区, 这4个气候区在水、热两大气候因子上均有较大的差异。

关键词 红锥; 气候区划; 主成分分析; 聚类分析

中图分类号: S717 文献标识码: A 文章编号: 2096-2053 (2017) 02-0021-08

The Climatic Regionalization of the Distributional Region of *Castanopsis hystrix*

XU Fang YANG Xiaohui LIAO Huanqin PAN Wen YANG Huixiao

(Guangdong Provincial Key Laboratory of Silviculture, Protection and Utilization/
Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

Abstract *Castanopsis hystrix* is one of the important evergreen broad-leaved tree species of south China forest. The total climatic area of the distribution of *C. hystrix* was regionalized by the methods of principal component analysis and cluster analysis based on 1950—2000 climate data worldwide from 22 climatic sample plot of their distribution. The results showed that the correlation coefficients between latitude and seasonal temperature, the lowest temperature were 0.71 and -0.72, respectively. The correlation coefficients between the lowest annual precipitation and the annual temperature range, the average temperature of the most dry season were 0.72 and -0.71, respectively. Principal component analysis indicated that four climatic factors were the most important characteristics discriminating variation among the 22 climatic samples. The whole distributional region of *C. hystrix* could be divided into four climatic regions: south subtropical region, mid-subtropical region, Asia tropics region and tropical region. The water and temperature climatic factors in the four climatic regions were significantly different.

Key words *Castanopsis hystrix*; climatic region regionalization; principal component analysis; cluster analysis

* 基金项目: 广东省科技创新专项“红锥等珍贵树种良种选育和高效栽培技术研究与示范”(2012KJCX003、2013KJCX003、2014KJCX003); 广东省省级科技计划项目“珍贵树种培育创新团队建设”(2016B070701008)。

第一作者: 徐放(1987—), 男, 助理研究员, 主要从事林木遗传育种研究, E-mail: xufang@sinogaf.cn。

通信作者: 杨会肖(1981—), 女, 助理研究员, 主要从事林木遗传育种研究, E-mail: hxyang@sinogaf.cn。

红锥 (*Castanopsis hystrix*) 为壳斗科 (Fagaceae) 栲属常绿乔木, 是华南地区重要的乡土珍贵阔叶用材树种和高效多用途树种, 主要分布于广西自治区、广东省、海南省、云南省等地区^[1]。红锥具有生长快、材质优、适应广、效益高等优良特性, 其主干通直, 材质呈红色, 质地坚硬且耐腐蚀性强, 不开裂变形, 容易加工, 是优质珍贵用材, 可供建筑、造船、家具、木制地板、军工用品、体育器材等用; 种子富含淀粉, 可炒食、饲料和酿酒; 种实、壳斗均富含单宁, 可提制栲胶; 枝叶浓密, 较耐荫蔽, 混生性能好, 是与松、杉等针叶树种混交造林的最理想伴生树种。

红锥的开发利用研究始于 20 世纪 70 年代末, 早期主要进行红锥天然林资源调查^[2]、材性试验和人工育苗栽培试验^[3-4]。自 20 世纪 90 年代以来, 先后开展先优树选择^[5]、生理特性^[6-7]、木材材性^[8-9]、家系子代测定^[10]、种源试验^[11-13]、遗传多样性^[14-17]等系列研究。红锥分布区内地形复杂, 气候条件变化多样, 水热两大气象因子差异明显,

影响着分布区内红锥生长和发育状况。研究红锥自然分布区内的地理气候变化规律, 对掌握红锥在其分布区内的变异规律, 红锥分布区的划分以及种子的合理使用有着理论和实践意义。

1 材料与方法

1.1 资源调查

为了研究红锥天然分布区资源情况, 对分布相对集中的 14 个种源进行了系统的优树调查。优树选择采用 5 株优势木法, 每隔 30~50 m 选取 1 株, 每个种源所选优树数量介于 10~30 株之间, 共选择 306 株, 所选优树的年龄为 15~35 a (表 1)。调查性状包括树高、胸径、冠幅和枝下高、树高/胸径、枝下高/树高。

1.2 气象数据的来源

气候数据来源于世界气候数据库^[18], 该数据库为 1950—2000 年世界各地气象站的气候信息的平均值。气候变量选择与温度和降雨量相关的 19 个对物种分布有重要影响的生物气候变量, 包括年

表 1 红锥种源主分布区坐标、优树数量和种源生长比较

种源	气象样点	产地	纬度 /N	经度 /E	优树 /株	胸径 /cm	树高 /m	枝下高 /m	冠幅 /m	树高 /胸径	枝下高 /树高
福建华丰	32	福建省华丰镇	25° 01'	117° 54'	12	108.20	26.00	7.50	30.00	0.24	0.29
福建金山	31-1	福建省漳州市	24° 93'	117° 55'	10	59.00	24.50	11.00	17.20	0.42	0.45
	31-2	福建省金山镇	24° 88'	117° 47'	9						
广东高州	22-1	广东省高州市	21° 93'	110° 85'	8	39.01	18.05	7.68	11.69	0.43	0.43
	22-2	广东省高州市	22° 13'	110° 96'	5						
	22-3	广东省高州市	22° 02'	110° 07'	6						
广东陆河	23	广东省陆河市	23° 29'	115° 66'	35	39.16	21.49	9.41	8.25	0.55	0.44
广东始兴	24	广东省始兴市	24° 96'	114° 08'	17	138.56	25.78	6.00	6.40	0.19	0.23
广东信宜	21	广东省信宜市	22° 47'	110° 79'	12	43.04	16.55	4.8	13.5	0.38	0.29
广西博白	12-1	广西省博白县	22° 17'	109° 68'	6	33.58	19.43	8.13	6.85	0.58	0.42
	12-2	广西省博白县	22° 16'	109° 64'	12						
	12-3	广西省博白县	21° 89'	109° 78'	2						
广西东兰	17	广西省东兰县	22° 85'	108° 28'	20	26.50	18.93	5.21	6.70	0.71	0.28
广西浦北	11-1	广西省浦北县	22° 19'	109° 46'	9	27.24	17.50	5.29	6.00	0.64	0.30
	11-2	广西省浦北县	22° 54'	109° 85'	6						
	11-3	广西省浦北县	22° 09'	109° 34'	4						
广西容县	13-1	广西省容县	22° 74'	110° 77'	10	30.94	17.20	8.00	7.10	0.56	0.47
	13-2	广西省容县	22° 65'	110° 58'	7						
海南昌江	62	海南省昌江县	19° 27'	109° 05'	15	73.57	22.33	5.04	11.25	0.30	0.23
湖南江华	41	湖南省江华县	25° 12'	110° 92'	22	33.05	16.50	6.5	8.75	0.50	0.39
云南景洪	81	云南省景洪县	22° 25'	101° 05'	15	46.60	19.90	8.60	8.30	0.43	0.43
云南思茅	82	云南省思茅县	22° 08'	100° 96'	12	35.80	16.00	5.61	10.21	0.45	0.35

均温、平均月较差、等温性、气温的季节性、最暖月最高温、最冷月最低温、气温年范围、最湿季平均温、最干季平均温、最暖季平均温、最冷季平均温、年降水量、年最湿月降水量、年最干月降水量、降水的季节性、最湿季降水量、最干季降水量、最暖季降水量、最冷季降水量。对红锥天然分布区资源相对集中的 14 个产地，以优树分布的所在县为主，布设了 22 个气象样点（表 1）。

1.3 数据分析

计算各产地各指标的算术平均值。生长性状和经度、纬度、海拔、年均温和降雨量的相关系数计算公式如下。

$$R = \text{COV}(X, Y) / (Q_X \times Q_Y)$$

式中 $\text{COV}(X, Y)$ 为协方差， Q_X 和 Q_Y 分别为方差^[19]。

利用 DIVA-GIS 软件，提取出每个气象样点的气候变量数据，采用 R 软件^[20]进行数据的统计分析。其中用 R 软件中的“hmisc”包对获取的气象变量数据进行相关性统计分析以及生长性状与环境因子的相关性分析（经度、纬度、海拔、年均温和年降雨量）；用“psych”包进行主成分分析和聚类分析，其中聚类分析采用离差平方和基于欧式距离法。

2 结果与分析

2.1 红锥集中分布区资源生长现状及相关分析

从红锥集中分布区资源生长调查现状来看（表 1），福建华丰和广东始兴的优树胸径在 1 m 以上，树高 25 m 以上，是红锥生长最好的产地。福建高车县、福建金山和海南昌江的红锥胸径为 50~80 cm，树高在 20 m 以上，属生长较好的产地。广东高州、广东陆河、广东信宜、云南景洪和云南思茅优树胸径在 35~50 cm 之间，树高在 16~21 m 之间，属生长中等产地。其他产地的优树胸径在 25~35 cm 之间，树高介于 16~20 m 之间，属于生长相对较差的产地。

相关性结果表明（表 2）：树高 / 胸径和枝下高 / 树高与原产地的年均温和年降雨量呈正相关，

相关性不显著。与经度和纬度呈负相关，相关系数也未达到显著水平。由此可见，树高 / 胸径和枝下高 / 树高与原产地经度、纬度、年均温和年降雨量未有显著相关性。

2.2 红锥产地不同地理因子和气候因子间的相关性

根据 22 个样点的不同因子资料，计算 21 个变量的相关矩阵（表 3），由相关矩阵可知，各变量间存在着密切的线性关系。其中，纬度与气温的季节性呈显著性正相关（0.71），与最冷月最低温呈显著性负相关（-0.72）。年最干月降水量与气温年较差呈显著性正相关（0.72），与最干季平均温呈显著性负相关（-0.71）。另外，气温年较差和气温的季节性存在显著性正相关，相关系数为 0.73。综上所述，各因子间存在着密切的线性关系。

2.3 红锥主产区不同因子主成分分析

主成分分析计算结果表明，前 4 个主成分的累积贡献率为 93%，由表 4 可知，在第 1 主成分中最冷季降水量占最高系数，与经度和纬度同号，说明第 1 主成分表示最冷季降水量的综合因子；在第 2 主成分中最暖季平均温占最高系数，与纬度异号，说明第 2 主成分表示最暖季平均温的综合因子；在第 3 主成分中最暖季降水量占最高系数，与经度和纬度异号，说明第 3 主成分表示最暖季降水量的综合因子；在第 4 主成分中最暖月最高温占最高系数，说明第 4 主成分表示最暖月最高温的综合因子。由此可见，最冷季降水量、最暖季平均温、最暖季降水量和最暖月最高温是影响红锥天然分布的主导因子或者限制因子。

根据前 2 个主成分的综合得分绘制了红锥 22 个样点的排序图（图 1）。根据样点疏密程度，可将红锥主要天然分布产区粗略分为四大区：Ⅰ区主要包括广西省浦北县、广西省博白县、广西省容县、广西省东兰县、广东省信宜市、广东省高州市和广东省陆河市；Ⅱ区主要包括福建省华丰镇、福建省金山镇、广东省始兴市和湖南省江华县；Ⅲ区主要包括云南省景洪县和云南省思茅

表 2 红锥优树树高 / 胸径、枝下高 / 树高与原产地环境因子相关性分析

性状	经度	纬度	年均温	年降雨量
树高 / 胸径	-0.35	-0.23	0.16	0.12
枝下高 / 树高	-0.12	-0.11	0.24	0.11

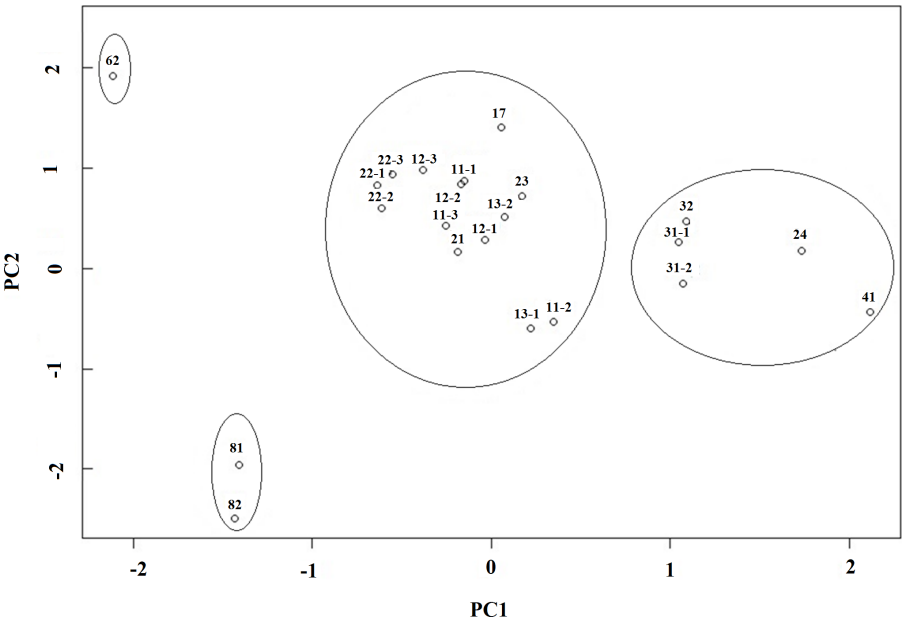
表3 红锥主产区不同因子间的相关性分析

项目	纬度	经度	年均温	平均月较差	等温性	气温的季节性	最暖月最高温	最冷月最低温	气温年范围	最湿季平均温	最干季平均温	最暖季平均温	最冷季平均温	年降水量	年最湿月降水量	年最干月降水量	降水的季节性	最湿季降水量	最干季降水量	最暖季降水量
经度	0.55**																			
年均温	-0.63**	0.06																		
平均月较差	0.04	-0.65**	-0.45*																	
等温性	-0.44*	-0.76	-0.09	0.85																
气温的季节性	0.71**	0.63*	-0.21	-0.50*	-0.87															
最暖月最高温	0.16	0.51*	0.59**	-0.47*	-0.56**	0.55**														
最冷月最低温	-0.72**	0.08	0.95	-0.51*	-0.05	-0.35	0.40													
气温年范围	0.86	0.26	-0.6**	0.22	-0.32	0.73**	0.25	-0.79												
最湿季平均温	-0.61**	-0.09	0.82	-0.56*	-0.27	0.00	0.46	0.75	-0.49*											
最干季平均温	-0.78	-0.21	0.88	-0.14	0.32	-0.63**	0.21	0.91	-0.82	0.65**										
最暖季平均温	-0.06	0.54*	0.75	-0.74	-0.67**	0.49*	0.92	0.62**	-0.04	0.69**	0.36									
最冷季平均温	-0.82	-0.24	0.86	-0.08	0.38	-0.68**	0.17	0.90	-0.84	0.59**	0.99	0.31								
年降水量	0.39	0.31	-0.20	-0.03	-0.24	0.27	0.03	-0.28	0.31	-0.05	-0.20	0.00	-0.29							
年最湿月降水量	0.18	-0.26	-0.34	0.53*	0.37	-0.19	-0.30	-0.39	0.21	-0.29	-0.12	-0.44*	-0.16	0.61**						
年最干月降水量	0.68**	0.51*	-0.34	-0.45*	-0.83	0.97	0.38	-0.45*	0.72**	-0.02	-0.71**	0.34	-0.76	0.29	-0.14					
降水的季节性	-0.74	-0.85	0.17	0.57**	0.87	-0.88	-0.50	0.22	-0.57**	0.12	0.52*	-0.47*	0.57**	-0.28	0.33	-0.83				
最湿季降水量	-0.04	-0.44*	-0.22	0.46	0.37	-0.26	-0.38	-0.29	0.05	-0.04	0.00	-0.41	-0.05	0.64	0.86	-0.18	0.45			
最干季降水量	0.79	0.65**	-0.30	-0.43*	-0.83	0.96	0.47*	-0.41	0.75	-0.08	-0.66**	0.39	-0.72**	0.44*	-0.05	0.95	-0.90	-0.16		
最暖季降水量	-0.37	-0.54**	0.07	0.12	0.20	-0.26	-0.33	0.02	-0.24	0.39	0.21	-0.19	0.15	0.44*	0.48*	-0.17	0.48*	0.80	-0.21	
最冷季降水量	0.85	0.74	-0.37	-0.38	-0.79	0.93	0.40	-0.47*	0.76	-0.24	-0.70**	0.31	-0.75	0.47*	-0.08	0.90	-0.94	-0.18	0.96	-0.31

注：“*”表示在0.05水平上相关性显著，“**”表示在0.01水平上相关性显著。

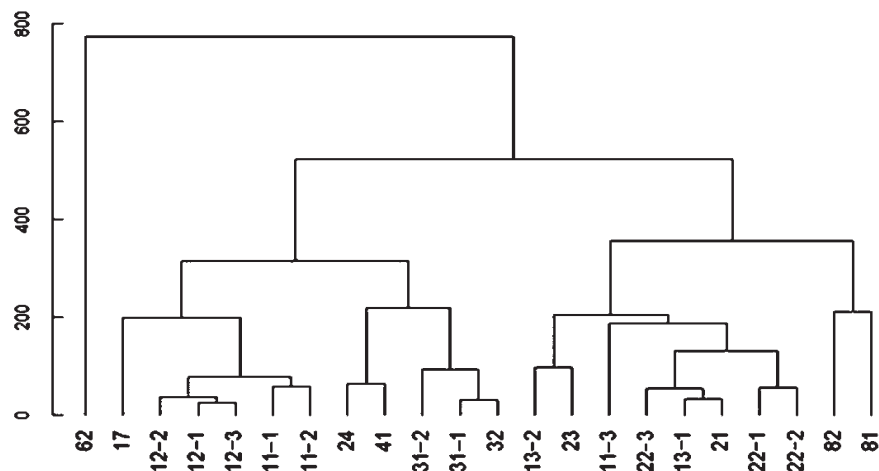
表 4 红锥主产区 21 个因子主成分分析

项目	因子	主成分				方差解释度
		PC1	PC2	PC3	PC4	
特征向量	纬度	0.88	-0.31	-0.04	0.27	0.95
	经度	0.68	0.47	-0.05	0.34	0.80
	年均温	-0.47	0.84	0.19	0.16	0.98
	平均月较差	-0.33	-0.81	-0.12	0.29	0.86
	等温性	-0.76	-0.56	-0.17	0.22	0.96
	气温的季节性	0.94	0.24	0.12	-0.12	0.96
	最暖月最高温	0.35	0.74	0.14	0.36	0.81
	最冷月最低温	-0.55	0.82	0.07	0.09	0.98
	气温年范围	0.82	-0.37	0.02	0.15	0.83
	最湿季平均温	-0.31	0.73	0.45	-0.31	0.93
	最干季平均温	-0.79	0.54	0.17	0.22	0.98
	最暖季平均温	0.23	0.92	0.21	0.12	0.95
	最冷季平均温	-0.83	0.51	0.06	0.22	1.00
	年降水量	0.35	-0.22	0.78	0.25	0.85
	年最湿月降水量	-0.08	-0.64	0.6	0.34	0.89
	年最干月降水量	0.92	0.11	0.14	-0.29	0.96
	降水的季节性	-0.91	-0.33	0.06	-0.06	0.95
	最湿季降水量	-0.23	-0.58	0.76	0.05	0.97
	最干季降水量	0.96	0.13	0.2	-0.04	0.98
	最暖季降水量	-0.37	-0.24	0.78	-0.38	0.95
	最冷季降水量	0.98	0.07	0.11	0.06	0.98
特征值		9.45	6.3	2.63	1.16	
方差解释度 /%		0.45	0.3	0.13	0.06	
累积贡献率 /%		0.45	0.75	0.88	0.93	



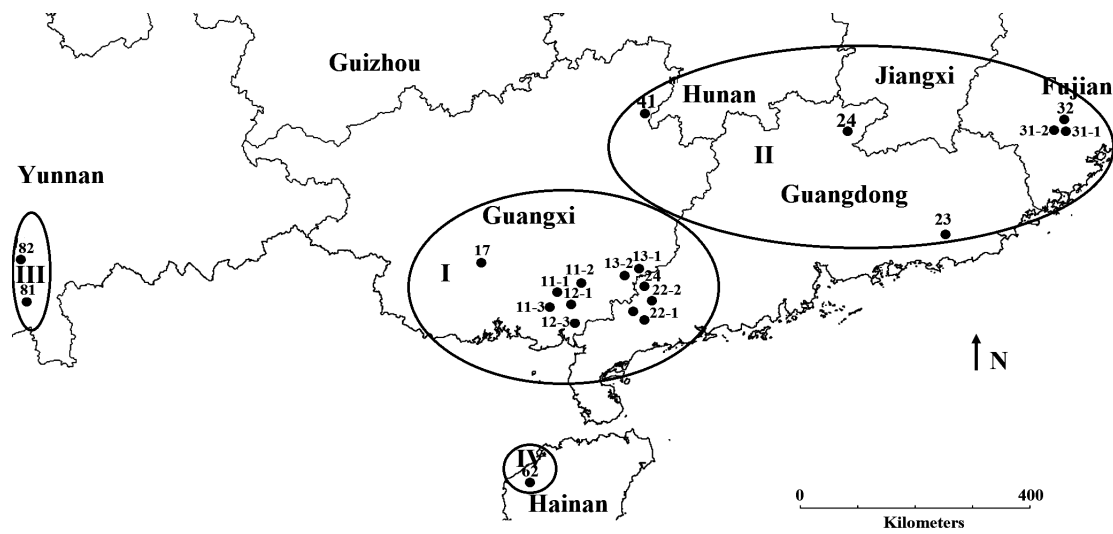
注：图中编号 32 代表福建省华丰种源，31-1 代表福建省漳州种源，31-2 代表福建省金山种源，22-1、22-2、22-3 代表广东省高州种源，23 代表广东省陆河种源，24 代表广东省始兴种源，21 代表广东省信宜种源，12-1、12-2、12-3 代表广西省博白种源，17 代表广西省东兰种源，11-1、11-2、11-3 代表广西省浦北种源，13-1、13-2 代表广西省容县种源，62 代表海南省昌江种源，41 代表湖南省江华种源，81 代表云南省景洪种源，82 代表云南省思茅种源。

图 1 红锥主产区不同因子前 2 个主分量坐标排序图



注：图中编号 32 代表福建省华丰种源，31-1 代表福建省漳州种源，31-2 代表福建省金山种源，22-1、22-2、22-3 代表广东省高州种源，23 代表广东省陆河种源，24 代表广东省始兴种源，21 代表广东省信宜种源，12-1、12-2 代表广西省博白种源，12-3 代表广西省博白种源，17 代表广西省东兰种源，11-1、11-2 代表广西省浦北种源，11-3 代表广西省浦北种源，13-1、13-2 代表广西省容县种源，62 代表海南省昌江种源，41 代表湖南省江华种源，81 代表云南省景洪种源，82 代表云南省思茅种源。

图2 红锥主产区 22 个气候样点聚类图



注：图中编号 32 代表福建省华丰种源，31-1 代表福建省漳州种源，31-2 代表福建省金山种源，22-1、22-2、22-3 代表广东省高州种源，23 代表广东省陆河种源，24 代表广东省始兴种源，21 代表广东省信宜种源，12-1、12-2、12-3 代表广西省博白种源，17 代表广西省东兰种源，11-1、11-2、11-3 代表广西省浦北种源，13-1、13-2 代表广西省容县种源，62 代表海南省昌江种源，41 代表湖南省江华种源，81 代表云南省景洪种源，82 代表云南省思茅种源。

图3 红锥 4 个气候区地理位置图

县；Ⅳ区主要包括海南省昌江县。

2.4 聚类分析

从聚类图（图 2、图 3）可知，各红锥分布区内样点分布较为集中，且与其地理位置有很强的关联性。Ⅲ和Ⅳ内产地样点较少，Ⅰ和Ⅱ产地大多数样点较为密集。因此，可将红锥分布区分为 4 个气候区，即Ⅰ南亚热带气候区，Ⅱ中亚热带气候区，Ⅲ西亚热带气候区和Ⅳ为热带北缘气候区。

2.5 各区气候特点描述

红锥中心产地主要位于广东省、广西壮族自治区和福建省南部，分布面积广地形起伏较大，形成了各自的气候特点（表 5）。

2.5.1 南亚热带地区 本区主要包括广西壮族自治区的东南部和广东省的西南部，坐标为 108° 28′ ~ 115° 66′ E，21° 89′ ~ 23° 29′ N。该区气候温暖，热量充裕，年均温为 21.72 ℃，水分条件好，年降水

表 5 红锥气候区地理—气候因子分类

项目	南亚热带地区	中亚热带地区	西亚热带地区	热带北缘地区
纬度	21° 89' ~23° 29' N	24° 88' ~25° 12' N	22° 25' ~22° 80' N	19° 27' N
经度	108° 28' ~115° 66' E	110° 92' ~117° 55' E	100° 96' ~101° 5' E	109° 05' E
年均温 /℃	21.72	19.98	19.14	24.37
平均月较差 /℃	7.51	7.99	11.85	7.83
等温性	34.23	31.16	51.87	43.47
气温的季节性	541.97	649.18	368.68	381.86
最暖月最高温 /℃	31.46	32.40	28.60	32.30
最冷月最低温 /℃	9.53	6.68	5.75	14.30
气温年平均值 /℃	21.93	25.72	22.85	18.00
最湿季平均温 /℃	27.36	23.65	22.70	27.78
最干季平均温 /℃	16.08	13.46	15.35	19.15
最暖季平均温 /℃	27.51	27.43	22.73	28.38
最冷季平均温 /℃	14.45	11.64	13.97	19.15
年降水量 /mm	1595.86	1589.20	1512.50	1178.00
年最湿月降水量 /mm	279.86	283.40	318.50	238.00
年最干月降水量 /mm	28.36	36.00	15.00	12.00
降水的季节性	71.98	62.19	87.58	83.59
最湿季降水量 /mm	765.14	716.20	847.50	606.00
最干季降水量 /mm	102.29	133.20	58.00	42.00
最暖季降水量 /mm	754.57	525.60	773.00	417.00
最冷季降水量 /mm	124.21	175.20	65.50	42.00

量为 1 595.86 mm。

2.5.2 中亚热带地区 本区主要包括广西壮族自治区的东北部、广东省北部和福建省西南部。坐标为 110° 92' ~117° 55' E，24° 88' ~25° 12' N。该区气温的季节性最为明显，为 649.18，最暖月的最高温为 32.40 ℃，气温年平均为 25.72 ℃，年最干月降水量、最干季降水量和最冷季降水量最大，分别为 36.00、133.20 和 175.20 mm。

2.5.3 西亚热带地区 本区主要包括云南省的南部，坐标为 100° 96' ~101° 05' E，22° 25' ~22° 80' N。该区年均温和最冷月最低温最差，分别为 19.14 和 5.75 ℃，等温性最明显，为 51.87。年最湿月降水量、最暖季降水量和降水的季节性的值最大，分别为 318.50、87.58 和 773.00 mm。

2.5.4 热带北缘地区 本区主要包括海南省的西北部，坐标为 109° 05' E，19° 27' N。该区的年均温、最湿季平均温、最干季平均温、最暖季平均温和最冷季平均温都达到了最高值，分别为 24.37、27.78、19.15、28.38 和 19.15 ℃，但降水量各指标都低于其它 3 个地区。

3 结论与讨论

红锥主产区不同因子间存在着密切的线性关系。其中，纬度与气温的季节性呈显著性正相关（0.71），与最冷月最低温呈显著性负相关（-0.72）。年最干月降水量与气温年较差呈显著性正相关（0.72），与最干季平均温呈显著性负相关（-0.71）。利用主成分分析和聚类分析方法进行的红锥分布区气候区划结果表明，在水、热 2 大类气候因子中起主要作用的是最冷季降水量、最暖季平均温、最暖季降水量和最暖月最高温。丘小军等^[21]报道的红锥天然分布与适生条件的研究表明在水平分布上，随着纬度的增加，温度降低，红锥生长指标表现依次变差；在垂直分布上，由东到西随经度的增加，降水量减少，红锥的生长量逐渐减少，但其影响程度小于纬度的影响。

主成分分析是把原来多个指标化为少数几个相互独立综合指标的一种多元统计方法，它是一种降维的方法，在降维的同时，分别对各变量赋权重，而直接聚类认为所有变量的权重都一样，这两种聚类方式在实际应用中常有差异。为使红

锥主产区聚类结果准确可靠,接下来将对不同种源的生长、形质和叶片变异等各方面的性状进行综合分析。4个气候区之间的气候条件差异明显,而且在不同的气候区内红锥的生长状况不同,广东省、广西自治区和福建省的南部地区是红锥分布的中心地区,也是生长较好的地区,而北部及西北部气候区为红锥的零星分布区,红锥在这些地区不仅分布的面积较小、大都为散生,而且生长不良。一方面说明,红锥对气候条件的适应范围较广,同时也说明气候条件越是接近其最适范围,红锥的生长状况越好。此外,这将为红锥主产区内的优良种源选择奠定基础。

从红锥主产区区划的方法来看,本文红锥区划仅分析了宏观大气候,对于红锥所在的局部小气候效应,如地形、海拔等的影响尚待具体分析。如若能增加土壤元素,土壤类型等因子进行全面区划,这将对生产上的应用会有更大的意义。

参考文献

- [1] 张凤良, 张方秋, 潘文, 等. 17个红锥种源叶片性状变异分析[J]. 广东林业科技, 2011, 27(3): 20-27
- [2] 黄全能, 陈存及, 邱尔发, 等. 红锥天然林群落特征研究[J]. 亚热带植物科学, 1998, 27(2): 7-11.
- [3] 卢立华, 汪炳根, 何日明. 立地与栽培模式对红锥生长的影响[J]. 林业科学研究, 1999, 12(5): 519-523.
- [4] 朱积余. 红锥速生丰产栽培的试验研究[J]. 林业实用技术, 1993(2): 8-10.
- [5] 朱积余, 蒋燚, 潘文. 广西红锥优树选择标准研究[J]. 广西林业科学, 2002, 1(3): 109-113.
- [6] 蒋燚, 李志辉, 朱积余, 等. 不同红锥种源幼林光合特性日变化测定与分析[J]. 中南林业科技大学学报, 2013, 33(6): 43-47.
- [7] 吕建雄, 骆秀琴, 蒋佳荔, 等. 红锥和西南桦人工林木材力学性质的研究[J]. 北京林业大学学报, 2006, 28(2): 118-122.
- [8] 蒋燚, 李志辉, 朱积余, 等. 红锥家系木材密度等物理性状的遗传及变异性分析[J]. 中南林业科技大学学报, 2012, 32(11): 9-13.
- [9] 陈桂丹, 唐贤明, 覃引鸾, 等. 人工林红锥树皮率及树皮纤维尺寸的研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2012, 32(6): 163-167.
- [10] 张方秋, 梁东成, 陈祖旭, 等. 福建红锥不同种群及家系早期生长变异研究[J]. 广东林业科技, 2006, 22(4): 7-12.
- [11] 朱积余, 蒋燚, 梁瑞龙, 等. 广西红锥种源/家系造林试验研究初报[J]. 西部林业科学, 2005, 34(4): 5-9.
- [12] 朱积余, 蒋燚, 丘小军. 广西红锥地理种源试验初报[J]. 广西林业科学, 1997(2): 66-68.
- [13] 夏文阶, 蒋燚. 广西派阳山林场红锥种源试验及优良种源初步选择[J]. 广西林业科学, 2006, 35(3): 140-142.
- [14] 王蕾, 叶志云, 蒋燚, 等. 利用ISSR技术对优质红锥种质资源遗传多样性的分析[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2006, 45(S1): 91-94.
- [15] 王鸣刚, 赵宏, 陈晓前, 等. 优良红锥种质资源遗传多样性的ISSR分析与聚类[J]. 甘肃农大学学报, 2009, 44(2): 110-115.
- [16] 徐斌, 张方秋, 潘文, 等. 红锥基因组RAPD反应体系的建立和优化[J]. 热带亚热带植物学报, 2008, 16(1): 89-94.
- [17] 杨峰, 李志辉, 蒋燚, 等. 红锥优良家系ISSR遗传多样性分析[J]. 中南林业科技大学学报, 2012, 32(6): 123-127.
- [18] HIJMANS R J, CAMERON S E, PARRA J L, et al. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas[J]. International Journal of Climatology, 2005, 25 (15) : 1965 -1978 .
- [19] 黄少伟, 谢维辉. 实用SAS编程与林业试验数据分析[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2001.
- [20] R Development Core Team. The R Foundation for Statistical Computing [M]. Vienna, Austria, 2012
- [21] 丘小军, 朱积余, 蒋燚, 等. 红锥的天然分布与适生条件研究[J]. 基因组学与应用生物学, 2006, 25(2): 175-179.