

用逐步判别分析法对海南岛 林业气候区的划分

陈步峰

(中国林业科学研究院热带林业研究所)

摘要 海南岛林业气候区的划分参阅了热带气候区划理论。在植被区划的基础上,选取了与林业关系密切的11个气候因子作为划分指标,采用欧氏距离系数法预分,逐步判别分析验证分类区划。通过分析检验,最后提出了7个林业气候区。

关键词 海南岛;林业气候;逐步判别分析;检验

海南岛地处 $18^{\circ}10' \sim 20^{\circ}10' N$ 的热带北缘季风区,因受湿润的热带季风影响,本区辐射量大,气温高,日照长,热量丰富,雨量充沛,为森林植被的繁衍提供了优越的条件。然而,气候存在时空差异,夏秋高温多雨,多台风,冬春温暖干旱,热量、水分等变化明显^[1],气候要素的差异构成了不同的森林植被区域和林木的气候生态区。本文采用逐步判别分析方法,以热带气候区划理论为依据,着重于林业气候区划指标,定量地用欧氏预分、逐步判别分析分类,筛选出海南林业气候区分类的主导因子。通过判别函数及检验,提出7个林业气候区,以期为海南岛林业生产布局提供科学的依据。

一、林业气候区划分指标即因子的选取

在森林生态系统中,气候的好坏直接影响林木的生长。光、热、水、气以及受其影响的养分因子是森林群落生长发育最基本而不可缺少的条件^[6]。林木的速生、优质、丰产常受到气候多因素的综合影响^[6]。依据热带林的生态特性及与气候因子的相关密切程度,本文选取:①雨季降雨强度;②年降雨量;③年极端高温;④最冷月平均温度;⑤年干燥度;⑥ $\geq 10^{\circ}C$ 积温;⑦年日照时数;⑧年生理辐射;⑨旱季日雨量 $< 20 mm$ 的天数;⑩年平均实际蒸散量;⑪常年平均风速共11个气候因子作为林业气候区划的指标,各个因子及数量指标见表1。

其中年均实际蒸散量用Turc式^[3]求得: $V = 1.05N / \sqrt{1 + (1.05 \cdot N / L)^2}$, $L = 300 + 25T + 0.05T^3$; T 为年均温($^{\circ}C$); N 为年降雨量(mm); L 为年均最大蒸散量(mm); V 为年均实际蒸散量(mm)。生理辐射取总辐射的47%作为绿色植物光合生理辐射。

表1 海南岛20个气象台站的气候因子

因 子	雨季降	年 降	年极端	最冷月	年干燥度	≥10℃年	年日照	年生理	旱季日	年均实际	常年平
	雨强度 (mm)	雨量 (mm)	高温 (℃)	均温 (℃)	$0.16\sum t \geq 10^\circ\text{C}$ r	积温 (℃)	时数 (h)	辐射量 (kcal/cm ²)	雨量 <20mm 天数(d)	蒸散量 (mm)	均风速 (m/s)
变 量	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}
海口	14.4	1697.8	38.9	17.0	0.819	8689	2049	58.5	182	1177.8	3.2
文昌	14.7	1740.5	39.1	17.6	0.798	8681	2060	59.1	126	1195.7	2.8
儋县	14.5	1826.1	40.0	16.7	0.738	8420	2091	62.1	186	1178.4	2.5
白沙	14.9	1905.3	38.6	16.4	0.700	8336	2000	51.9	203	1175.3	1.7
琼海	15.7	2070.3	39.8	17.9	0.677	8758	2162	57.9	105	1284.0	2.7
东方	14.9	1011.3	38.8	18.2	1.420	8978	2737	65.5	277	892.8	4.3
琼中	16.2	2462.9	38.2	16.2	0.533	8203	1779	57.6	145	1239.2	1.2
万宁	16.0	2151.0	38.5	18.5	0.661	8886	2189	57.8	104	1319.0	2.6
保亭	14.3	1914.6	39.1	19.6	0.736	8808	1943	57.4	153	1253.0	1.3
乐东	13.8	1584.8	37.3	18.8	0.880	8718	2152	59.6	177	1141.6	2.0
三亚	13.2	1246.9	34.2	20.8	1.188	9254	2522	63.0	233	1049.3	2.9
英海	13.8	1082.7	34.0	19.9	1.359	9197	2607	66.3	216	950.1	3.7
尖峰	13.9	1634.3	37.0	18.4	0.873	8917	2165	60.5	235	1188.6	2.0
澄迈	13.8	1764.3	38.6	16.9	0.785	8655	2099	62.4	138	1192.4	2.3
定安	15.7	1960.6	37.7	17.4	0.710	8697	1928	58.5	175	1247.9	2.4
屯昌	15.2	2008.7	38.0	16.9	0.683	8571	2049	58.2	144	1235.1	2.0
通什	13.1	1688.9	36.6	17.3	0.832	8783	1971	54.7	183	1109.4	2.0
陵水	13.9	1623.9	37.0	19.6	0.887	8999	2479	61.1	200	1189.2	2.4
昌江	16.0	1677.1	39.1	18.5	0.844	8847	2343	59.2	177	1189.7	2.9
临高	14.4	1446.5	39.6	16.5	0.947	8562	2173	60.4	217	1076.4	2.9

二、划分方法

(一) 预分类

取19个地区的气候因子先用 $x_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_i}{S_i}$ ($i=1, \dots, m$ 为变量; $j=1, \dots, N$ 样点数), 其

$r = 1/N \sum_{j=1}^N x_{ij}$; $S_i = \sqrt{1/(N-1) \cdot \sum_{j=1}^N (x_{ij} - \bar{x}_i)^2}$ 标准差标准化, 其 N 个样点在 m 维空间中

两个样之间的相似程度则用其两样点的距离系数 $D_{ij} = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m (x_{ik} - x_{jk})^2}$ 来度量, 此后得到预分类别。

(二) 逐步判别分析

1. 把个体 $x = \{x_1, \dots, x_{11}\}$ 作为 m 维欧氏空间 R 上的一点, A_g 为 R 中的一个子空间¹⁾, 对于给定的任一个 x 都可知它所属的母体。若母体的概率密度函数 $f_g(x)$ 和验前概率 $P_g(x)$ ($g=1, \dots, G$ 类数) 已知, 则对于 R 的任一种划分都可能存在错分; 期望每次错分的可能性最小即

1) 这种方法能把空间 R 划分成 G 个子空间, A_g 为 R 中 1 个子。

错分率 $E'_g(x) = \frac{\sum_{h=1, h \neq g}^G P_h f_h(x)}{\sum_{i=1}^G P_i f_i(x)}$ 达到最小的 g , 只要使 x 来自母体 A_g 的条件概率

$1/P(g/x) = 1 - E'_g(x)$ 达到最大的 g , 并对每个个体计算判别函数即:

$y_g(x) = P_g f_g(x)$; ($g = 1, 2, \dots, G$), 找出判别函数达到最大的那个 g^* 即: $y_g(x) = \text{Max}_{1 \leq g \leq G} \{1/g(x)\}$; 把 x 划入第 g^* 个母体中。

2. 逐步计算判别函数及条件概率。用样本频率代替 P_g , $f_g(x)$ 均服从正态分布。取观测样 $x_{i,g}$ 求得样本协方差矩阵 S , 此时正态母体的密度函数可近似表示为:

$$f_g(x) \approx |S^{-1}|^{\frac{1}{2}} / (2\pi)^{N/2} \cdot \exp \left\{ -\frac{1}{2} (x - \bar{x}_g)^T S^{-1} (x - \bar{x}_g) \right\}$$

(式中 $x = \begin{bmatrix} \bar{x}_{1g} \\ \vdots \\ \bar{x}_{mg} \end{bmatrix}$; $\bar{x}_{ig} = \frac{1}{n_g} \sum_{h=1}^{n_g} x_{i,g,h}$; S^{-1} 为 S 的逆矩阵), 将此式代入 $y_g(x) = P_g f_g(x)$ 中取对数, 去掉与判别无关的项, 可得判别函数: $y_g(x) = L_g P_g + C_{0g} + C_{1g} x_1 + \dots + C_{mg} x_m$; 为分类求得 $y_1(x), \dots, y_G(x)$ 。其条件概率为:

$$P(g/x) = e^{y_g(x)} / \sum_{h=1}^G e^{y_h(x)}$$

三、海南林业气候区划分结果和分区评述

(一) 划分结果

通过欧氏距离系数法的预分以及逐步判别分析计算, 海南19个地区所属类别结果如表2, 其预分结果合理, 除定安外其它地区分类的后验条件概率均达到0.9以上。逐步分析判别从11个气候因子中筛选出年降雨量(x_2)、最冷月均温度(x_1)、年干燥度(x_3)和年平均实际蒸散量(x_{10}) 4个主导分类因子, 即影响林木生长的主要因子; 4个因子经线性组合变换成新的变量, 体现多因子的综合作用, 最后把全岛分为7个类别的林业气候区(图1)。各类判别函数的系

表2 欧氏预分逐步判别分类结果

地 点	欧 氏	逐 步 判 别 分 类	$F_{g_1} - F_{g_2} \approx 3.20$ 后 验 条 件 概 率 ($\alpha = 0.05$)	地 点	欧 氏	逐 步 判 别 分 类	$F_{g_1} - F_{g_2} \approx 3.20$ 后 验 条 件 概 率 ($\alpha = 0.05$)
	预 分 类				预 分 类		
海 口	IV	4	0.9706	英 歌 海	VII	7	1.0000
文 昌	IV	4	0.9867	尖 峰 岭	II	4	0.9889
儋 县	V	5	0.9252	澄 迈	IV	4	0.9391
白 沙	V	5	0.9944	定 安	I	2	0.8224
琼 海	I	1	0.9637	屯 昌	I	2	0.8995
东 方	VII	7	1.0000	陵 水	III	3	1.0000
琼 中	I	2	0.9999	昌 江	II	3	0.9941
万 宁	I	1	0.9999	临 高	VI	6	0.9987
保 亭	II	3	0.9999	乐 东	II	3	0.9973
三 亚	VII	7	1.0000				

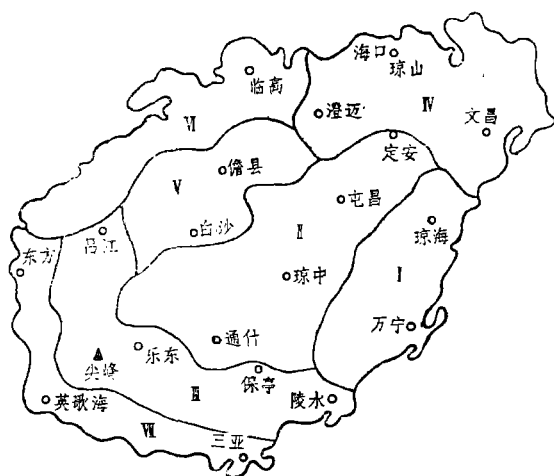


图1 海南岛林业气候区划示意

数 C_{ig} 及 F 值见表 3, F 值的顺序为:
 $F_{x_5} > F_{x_2} > F_{x_4} > F_{x_{10}}$.

(二) 各林业气候区评述

1. 琼东(琼海万宁县)林业气候区
 该区位于岛东部略偏南。全年较暖, 最冷月平均气温在 $17.9 \sim 18.5^\circ\text{C}$, 年积温为 $8758 \sim 8886^\circ\text{C}$, 森林植被繁衍无寒害。雨量多, 年降雨量约为 $2070 \sim 2150 \text{ mm}$, 雨季长, 分布均匀, 旱日少, 年干燥度为 $0.661 \sim 0.677$; 光、热、水适中。年均实际蒸散量可达 $1284 \sim 1319 \text{ mm}$ 之多; 光合作用强。天然森林主要有热带雨林、热带常绿季雨林及灌丛。栽培作物以橡胶、咖啡、椰子、

表 3

各类判别函数的系数 C_{ig} 和 F 值

类 g	系数 C_{ig}	C_{0g}	C_{2g}	C_{4g}	C_{5g}	C_{10g}
I		- 8613.37	2.3366	- 9.8701	6950.97	6.0119
II		- 8161.15	2.2836	- 11.3021	6776.00	5.8548
III		- 8196.73	2.2977	3.0041	6799.44	5.6369
IV		- 7994.64	2.2488	- 8.4143	6715.7	5.7687
V		- 7683.01	2.2114	- 9.2153	6581.97	5.6595
VI		- 7696.01	2.2205	- 8.3308	6614.94	5.5469
VII		- 8924.69	2.4567	26.9701	7139.6	5.3348
F 值		—	9.0346	5.9363	28.5161	3.9189

胡椒等生长最为繁茂。但本区经常受台风暴雨影响, 对林业的危害较大。

2. 琼中山地林业气候区 本区包括琼中、屯昌、定安县和白沙、乐东、保亭县的部分山地及通什部分地区。山地气候夏不甚热, 冬不太冷, 最冷月平均温度 $16.2 \sim 17.4^\circ\text{C}$, 山坡阻挡冷空气和抬升水汽, 使山地两侧水热情况差异极大。本区年降雨量均大于 1900 mm (琼中年降雨量 2462 mm , 为全岛最高降雨区)。年干燥度为 $0.533 \sim 0.74$, 年平均实际蒸散量为 $1248 \sim 1319 \text{ mm}$ 。由于地形的变化, 该区的气温、降雨、光照、辐射、风速、风向的变化显著。天然森林主要有热带山地雨林、热带常绿季雨林及热性针叶林。栽培的经济林木常有橡胶、椰子、槟榔、荔枝、龙眼等以及其它少量的亚热带经济植物种类。低温寒露风、清明风及台风雨是本区林业的危害因素。

3. 昌江、乐东盆地、保亭、陵水林业气候区 该区包括昌江、陵水县和乐东、保亭、东方县、通什自治州及尖峰岭的部分地区。本区干热, 最冷月均温 $18.4 \sim 19.6^\circ\text{C}$ 。旱日长达 $153 \sim 235$ 天, 尤其东方等地常受西南早风和焚风的影响, 年平均降雨量 $1584 \sim 1914.6 \text{ mm}$, 多集中于 $6 \sim 9$ 月。除保亭外, 年干燥度为 $0.87 \sim 0.89$; 年平均风速 $2.0 \sim 2.9 \text{ m/s}$ 。森林植被以热带半落叶季雨林为主, 尚有小面积的中山雨林, 山麓间尚有少量热带常绿季雨林。栽

培的经济林木主要有腰果及椰子等,但椰子的产量、质量大为下降。本区东南部沿海地区分布有稀树灌丛与稀树草原。该区气候干旱,水分缺乏,森林破坏导致水土大量流失。

4. 琼东北林业气候区 包括海口、文昌、琼山、澄迈县。该区热量丰富,最冷月均温 $16.9\sim 17.6\text{ }^{\circ}\text{C}$,日平均气温 $\geq 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的连续积温 $7\ 000\sim 7\ 600\text{ }^{\circ}\text{C}$,日数 $280\sim 300$ 天。全年比较湿润,年雨量为 $1\ 697\sim 1\ 764\text{ mm}$,较集中于夏季。年干燥度约 0.801 ;常风较大,年平均风速 $2.3\sim 3.2\text{ m/s}$ 。本区已无原生森林,现以人工植被为主,村旁、墓地则常有热带稀树灌丛,或在较久的撩荒地带有生长有桃金娘、野牡丹、大沙叶、坡柳等。红树林在本区分布面积最大。该区受台风的影响较大,对林木具有破坏作用。

5. 儋县、白沙林业气候区 该区包括儋县、白沙县的大部分地区。因受地形影响,雨量向西逐渐减少,年雨量 $1\ 826\sim 1\ 905\text{ mm}$,多集中于 $5\sim 10$ 月,最冷月均温为 $16.4\sim 16.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。白沙县林木光合生理辐射为全岛最低,约 51.3 kcal/cm^2 。早日长达 $185\sim 217$ 天,干燥度为 $0.7\sim 0.738$,儋县常年风速可达 2.5 m/s 。植被为大面积的稀树灌丛及小量常绿季雨林,栽培的经济林木以橡胶为主,成片生长在丘陵、台地上。

6. 琼西北林业气候区 本区包括临高、儋县、白沙、昌江县的西部地区。该区冷热相差悬殊,最冷月均温为 $16\sim 17\text{ }^{\circ}\text{C}$,日均温 $\geq 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 连续积温 $6\ 800\sim 7\ 400\text{ }^{\circ}\text{C}$,积温日数 280 天左右;年雨量 $1\ 200\sim 1\ 447\text{ mm}$,雨季($5\sim 10$ 月)、旱季($11\sim 4$ 月)各 6 个月,夏秋多雨,以雷暴和台风雨为主,年风速达到 2.9 m/s ,且受干热的西风影响较大,干燥度 0.88 。天然植被以刺灌丛为主,栽培植物有成片的桉树林及防护林。清明风和焚风以及台风是本区林业主要危害因子。

7. 琼西南林业气候区 本区包括东方县、英歌海、三亚市三地的滨海地区,成一个半环形的狭长带。该区日照强,热量丰富并向南逐渐增高,最冷月均温 $18.2\sim 20.8\text{ }^{\circ}\text{C}$,日均温 $\geq 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 连续积温 $7\ 500\sim 9\ 000\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。水分向西减少,年雨量 $1\ 011\sim 1\ 247\text{ mm}$,雨量分配极不均匀,旱季长达 6 个月。年干燥度为 $1.188\sim 1.42$,常年风速 4.3 m/s , $3\sim 5$ 月常有干热西南风侵袭。现有植被以稀树草原及有刺灌丛为主,栽培植物以木麻黄、桉树为主。本区蒸发量超过降雨量,水热平衡严重失调。

四、林业气候区划分的差异性检验

为了验证区划的合理性,将划分的 7 个区作为一个因素;将年降雨量、最冷月均温、年干燥度、年日照时数、年生理辐射和常年风速 6 个主要气候指标标准化后的样本数据在该区中的平均值为另一个因素,进行方差分析^[6],结果如表4。

表4

方差分析结果

变异来源	自由度	离差平方和	均方	F	F_{α}
分区间	6	10.328	1.7213	2.60156	$F_{0.05}(6,30) = 2.42$
分区内	5	0.3509	0.07018	0.106078	$F_{0.05}(5,30) = 2.53$
误差项	30	19.8497	0.6617		
总和	41	30.5287			

表 4 表明, 分区间的 $F > F_{\alpha}$, 证明 7 个区间差异显著, 而分类各区内的 $F < F_{\alpha}$, 证明每区内的差异不显著。林业气候区的划分结果符合统计检验。

五、结 语

1. 海南林业气候区的划分通过逐步判别分析, 从多因子中选出主导因子, 体现多因子的综合效益, 既验证预分类, 又使林木生长的主要因素得到表现, 是较为准确的方法。

2. 对海南林业气候区的划分结果和检验, 证明了海南 7 个区的林业气候条件、气候特征的区间差异性和区内一致性, 可为林业生产布局提供科学依据。

3. 生态平衡失调必然导致环境因子恶化。因此, 从各区的气候条件出发, 可通过林业生产措施, 扬长避短, 利用优势, 降低恶劣因子的影响。

4. 本文参考植被区划, 只着重于林业方面的气候指标, 若能配合土壤、地形等因子增加样点数, 将使区划更加细致。

参 考 文 献

- [1] 刘东来, 1988, 试论海南岛的自然优势及其大农业建设方向, 中国人民大学书报资料中心, 155~164。
- [2] 海南行政区(书摘), 1988, 中国人民大学书报资料中心, 55~101。
- [3] 高崇华等, 1986, 海南岛农业气候生产力的估算, 热带气象, 2(4): 325~335。
- [4] 陈国良等, 1985, 微机应用与农业系统模型, 陕西科学技术出版社。
- [5] 北京林学院主编, 1982, 气象学, 中国林业出版社。
- [6] 北京林学院主编, 1980, 数理统计, 中国林业出版社。

DIVISION OF FOREST CLIMATIC REGIONS IN HAINAN ISLAND BY STEPWISE DISCRIMINATORY ANALYSIS

Chen Bufeng

(The Research Institute of Tropical Forestry CAF)

Abstract The divisional theory of tropical climate was adopted in the division of forest climatic region in Hainan Island. On the basis of flora classification, eleven forest climatic factors with close relation to the tropical forestry were selected as an index for the regional division. The Oidham distance coefficient was adopted for the predetermining classification, using stepwise discriminatory method for analysing and the classified division was tested. Through analysis and test, seven forest climatic regions in Hainan Island were put forward.

Key words Hainan Island; forest climate; stepwise discriminatory analysis; test of classification results