

四川大头茶地理分布与环境水热状况的关系

孙 凡

钟章成 李旭光

(西南农业大学基础科技学院, 重庆 400716) (西南师范大学亚热带生物地理研究所, 重庆 400715)

摘要 在广泛收集四川大头茶 (*Gordonia acuminata* Chang) 地理分布资料的基础上, 利用目前国际上被认为是较好的几种研究植被-气候相互关系的指标和方法, 包括 Kira 的温暖指数和寒冷指数, 徐文铎的湿润指数, Penman 的干燥度指标, Thornthwaite 的潜在可能蒸散和水分指数, Holdridge 生命地带分类系统指标, 以及一些单一气候因子指标, 综合研究了四川大头茶的地理分布与环境水热状况的关系, 讨论了四川大头茶垂直分布的上限、下限以及北界 Kira 热量指标状况。主分量 (PCA) 分析表明, 气候水热指标对四川大头茶地理分布影响作用的相对次序是热量因子、降水因子、日照时数、相对湿度。利用 Holdridge 生命地带分类系统指标预测了 CO₂ 浓度倍增条件下四川大头茶地理分布区的可能变化。

关键词 四川大头茶; 常绿阔叶林; 植被; 气候; 地理分布

中图分类号 Q948.112

GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION OF *GORDONIA ACUMINATA* (THEACEAE) IN RELATION TO HYDROTHERMAL CONDITIONS OF THE ENVIRONMENT

Sun Fan

(Faculty of Basic Science, Southwest China Agricultural University, Chongqing 400716)

Zhong Zhangcheng Li Xuguang

(Institute of Subtropical Biogeography, Southwest China Normal University, Chongqing 400715)

Abstract According to the wide-ranging data on geographical distribution of *Gordonia acuminata*, several indexes widely used for the study of vegetation-climate interaction were applied. These indexes included Kira's warmth index and coldness index, Xu's humidity index, Penman's formula, Thornthwaite's potential evapotranspiration and moisture index, Holdridge's life zone classification system index, and other single climate indexes. The relationship between the distribution of *G. acuminata* and climatic hydrothermal condition had been analysed, and the Kira's water-temperature indexes for the upper, lower and north limits of the vertical distribution of *G. acuminata* were discussed. The principal component analysis showed that relative effects of climatic hydrothermal indexes on the distribution of *G. acuminata* were in the order thermal factor > precipitation factor >

国家自然科学基金资助项目 (No. 39570130)

1997-12-01 收稿; 1998-06-22 修回

accumulated sunshine time > relative humidity. The potential changes of *G. acuminata* distribution area under elevated CO₂ concentration were predicted by using Holdridge's index of life zone classification system and gas circulation model's conclusion.

Key words *Gordonia acuminata*; Evergreen broadleaved forest; Vegetation; Climate; Geographical distribution

从宏观尺度来说, 气候(主要是环境的水热状况)是决定地球上植被类型及其物种分布的最主要因素, 而植被和物种的分布则是地球气候最鲜明的反映和标志。因此, 分析研究这种植被-气候相互关系及作出植被分布和类型相应的环境气候解释, 具有重要的理论和现实意义。尤其在当代由于 CO₂ 等温室气体浓度升高而造成的温室效应, 导致了全球气候变化, 对自然, 社会和经济等都带来一定的扰动。因此, 植被-气候关系对全球气候变化的反应研究显得尤为重要。中国亚热带常绿阔叶林是全球常绿阔叶林的主体, 也是中国植被的重要组成部分。研究组成亚热带常绿阔叶林的优势种和常见种与气候的关系, 是十分有价值的。

四川大头茶(*Gordonia acuminata* Chang)为山茶科(Theaceae)大头茶属植物, 是中国西南地区常绿阔叶林优势乔木树种之一。该种具生长迅速、耐瘠薄、木材致密、树形美观、花大而美丽等特点, 是中亚热带水源涵养林和水土保持林的重要树种, 也可作为行道树或园林植物栽培, 是林业部门新近关注的优良树种之一^[1,2]。因此研究四川大头茶地理分布与环境水热状况的关系, 可以提供该树种分布的环境气候解释, 并预测大气 CO₂ 倍增条件下可能引起的四川大头茶分布的变化, 为四川大头茶的栽培、开发和利用提供一定的科学依据。

早期植物分布与气候相关性的研究大都采用单一气候因子气候指标^[3]。由于植物对气候和其它环境因子的反应是综合的, 因此必须强调环境水热因子的综合影响, 本文采用目前国际上被认为是较好的几种研究植被-气候相互关系的指标和方法^[4,5], 综合研究了四川大头茶的地理分布与环境水热状况的关系。

1 材料和方法

1.1 气象资料 气象资料取自国家气象局气象台站 1951-1980 年的记录^[6], 部分地方按当地气象记录进行了补充。所记录的气象指标为: 经度、纬度、海拔高度、年及各月平均气温、降水量、蒸发量、相对湿度、日照百分率及风速, 均包括年及各月平均值或合计值。所采用的四川大头茶分布区的气象台站为 48 个。

1.2 植物分布资料 利用中国植物志、各省植物志、中国植被、各省植被、中国树木志、各省森林及有关书籍、学报论文、地方性植被调查报告、地方性植物名录、检索表及作者的野外调查记录、植物标本采集记录等, 广泛收集四川大头茶的水平和垂直分布资料。

1.3 水热指标的计算方法

1.3.1 Kira 的温暖指数 WI、寒冷指数 CI 及徐文铎的湿润指数 HI

Kira 的热量指数包括两个含义即温暖指数和寒冷指数^[7], 温暖指数(WI)是采用日平均气温高于 5℃ 的总和作为植物生长的热量条件, 寒冷指数是采用日平均气温低于 5℃ 的总和来表示。 $WI = \sum (t - 5)$; $CI = -\sum (5 - t)$ 。式中: t 为月平均气温。徐文铎在 Kira 的热量指数基础上提

出了湿润指数(HI)^[8]: $HI = P/WI$, 式中: p 为年降水量, 按文献[7]、[8]方法计算 WI , CI , HI , 并计算温湿度系数 THC ^[4]. $THC = RH/t$, 式中: RH 为相对湿度, t 为平均温度。

1.3.2 Penman 气候指标及 Thornthwaite 气候指标

Penman 气候指标选用干燥度(K)^[7], 干燥度是以日平均温度稳定期积温乘以系数 0.16 除以同一时期的降水量来表示: $K = 0.16 \cdot \sum t/P$, 式中: t 为 $> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的日平均温度。Thornthwaite 指标选用潜在可能蒸散 APE 和水分指数 MI ^[10]。

1.3.3 Holdridge 气候指标

Holdridge 生命地带分类系统是以年平均生物温度(BT)、降水量(P)、可能蒸散(PET)和可能蒸散率(PER)来表示自然植被性质的一种方法^[4,5]。其计算公式为: $BT = \sum t/365$, 式中: t 为 $< 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 与 $> 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的日均温。可能蒸散是温度的函数, Holdridge 根据实验数据确定的可能蒸散式及其与降水的比率—可能蒸散率如下: $PET = BT \cdot 58.93$; $PER = PET/P = BT \cdot 58.93/P$ 。

将四川大头茶的分布区范围绘制到相应的中国气象站点分布图上, 读取该分布区范围内的气象站点的记录, 依次进行植物分布的水热指标的计算。

四川大头茶垂直分布的海拔高度补正是以山地气温直减率为 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 进行计算的。利用山地已知海拔高度的气象数据, 按气温直减率每间隔 100 m 高度计算 1 次, 并换算成各种气候指标值。根据四川大头茶垂直分布范围的上限和下限, 确定该植物垂直分布范围内的水热指标值和平均值。

1.4 热量指数分布的最适范围

在资料充足且可靠的情况下, 树种温度分布曲线的范围可以认为是该树种分布最大的水平或垂直分布范围。考虑到计算的误差, 在热量指标的频数分布接近于正态分布时, 确定树种热量分布的最适范围, 可采用半峰宽(PWH)算法确定^[9]。即 $PWH = 2.354 \cdot S$, 式中 S 为树种热量指数值的标准差, 最适范围为 $X - 0.5PWH - X + 0.5PWH$ (X 为热量指数的平均值)。

2 结果与讨论

2.1 四川大头茶的地理分布

四川大头茶的水平分布大致范围为 $23^{\circ} - 31^{\circ}\text{N}$, $103^{\circ} - 112^{\circ}\text{E}$, 主要分布在四川、重庆, 涉及叙永、南川、金佛山、万盛黑山、筠连、合江名山、兴文、沐川、洪雅、乐山、青神、仁寿、丹棱牛膝山, 峨眉、峨眉山、雅安、邛崃、宝兴、古蔺、璧山、北碚缙云山、天全、荣县、江津、威远、屏山、高县、珙县等 20 多个县市。云南、贵州和广西也有分布, 如贵州北部的绥阳, 滇东北绥江、盐津及滇东南部的文山、老君山, 广西东北部的大瑶山、永福、贺县姑婆山、阳朔、灌阳、灵川、临桂、平南、雁山、蒙山等地, 属典型的我国中亚热带常绿阔叶林优势种。该种最北端分布达到四川邛崃、宝兴, 南到云南文山北回归线附近, 东到广西灌阳、贺县, 西至四川天全。四川大头茶垂直分布范围一般在海拔 $200 - 2100\text{ m}$ 之间, 但不同分布区有差异。在其最大分布区四川、重庆、黔北、滇东北分布区(I区)该树种多生于海拔 $200 - 1600\text{ m}$ 之间, 广西分布区(II区)在海拔 $300 - 1000\text{ m}$, 在云南东南部的文山、老君山分布区(III区)多生于海拔 $1800 - 2100\text{ m}$ 范围。

以四川大头茶为优势种或共优种的植被类型主要有常绿阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、常

绿针阔混交林及灌丛。四川大头茶纯林少(如重庆缙云山、兴文)、面积小。

2.2 四川大头茶分布与水热指标的关系

通过计算,得出四川大头茶分布的各种水热指标和气候指标。从表1可知,四川大头茶生长环境的年均气温在9.1–19.7℃,最适范围为12.69–18.96℃,年均值15.83℃,温暖指数的全范围为60.5–176.70℃·月,最适范围为97.54–165.69℃·月,其平均值为131.62℃·月,可能蒸散平均值为1010.66 mm,生物温度平均值为17.15℃,从其它热量指标如 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温平均值为5554.46℃,日照时数平均值为1375.75 h m^2 及干燥度平均值0.66,可能蒸散率平均0.76,水分指数平均值60.23等来看,四川大头茶分布区域生境的水热条件指标均有共同的特点,即温暖湿润,光照充足。我们在野外考察中也发现,当森林受到局部破坏,形成林窗地段后,四川大头茶种子入侵后,可以很好地生长成幼苗和幼树。这也从一个侧面反映了该树种的喜光特性。

四川大头茶不同的分布区其水热条件也有一定的差异,I区和II区虽都地处中亚热带季风气候区,但II区易受南部海洋暖气流的影响,春夏多雨,I区则由于北部秦岭、大巴山对北来寒冷

表1 四川大头茶分布环境的水热指标

Table 1 Hydrothermal indexes of the *Gordonia acuminata* distribution environment

指标 Indexes	平均值 Mean	标准差 SD	最小值 Min.	最大值 Max.	最适范围 Optimal range	
年平均温度 AT (°C)	15.83	2.66	9.1	19.7	12.69	18.96
1月均温 Jan T (°C)	5.71	2.71	-0.1	10.1	2.52	8.89
7月均温 Jul T (°C)	24.71	3.08	17.9	28.6	21.08	28.33
极端最低温 EMiT (°C)	-5.23	4.88	-20.9	-0.6		
极端最高温 EMaT (°C)	37.37	4.71	23.4	42.2		
$\geq 10^\circ\text{C}$ 积温 AcT (°C)	5554.46	1602.07	2016.00	9380.70	3668.83	7440.10
吉良温暖指数 WI (°C·月)	131.62	28.95	60.5	176.70	97.54	165.69
吉良寒冷指数 CI (°C·月)	-1.17	3.06	-11.8	0.00		
徐文铎湿润指数 HI	11.29	5.24	6.83	32.72		
年降水量 P (mm)	1425.23	316.80	962.20	1959.80		
干燥度 K	0.66	0.21	0.16	0.97		
潜在可能蒸散率 APE (mm)	1035.73	35.89	998.37	1123.37	993.49	1077.97
湿润系数 HC	54.06	28.16	5.91	93.43		
水分指数 MI	60.23	48.41	-22.95	149.49		
Holdridge 生物温度 BT (°C)	17.15	2.86	9.82	21.37	13.75	20.55
可能蒸散 PET (mm)	1010.66	170.03	578.50	1259.14	810.54	1210.78
可能蒸散率 PER	0.75	0.18	0.29	1.08		
温湿度系数 THC	5.27	1.33	4.01	9.45	3.70	6.84
日照时数 AST (h a ⁻¹)	1375.75	292.29	946.80	2049.70		

AT=Annual mean temperature; Jan T=January mean temperature; Jul T=July mean temperature; EMiT=Extreme minimum temperature; EMaT=Extreme maximum temperature; AcT=Accumulated temperature $\geq 10^\circ\text{C}$; WI=Kira's warmth index; CI=Kira's coldness index; HI=Xu's humidity index; P=Annual precipitation; K=Penman's aridity index; APE=Thornthwaite's potential evapotranspiration; HC=Humidity coefficient; MI=Moisture index; BT=Holdridge's biotemperature; PET=Potential evapotranspiration; PER=Potential evapotranspiration ratio; THC=Temperature humidity coefficient; AST=Accumulated sunshine time.

气流的阻挡, 并接受温湿的东南季风孕育, 秋冬多绵雨, 夏热易旱; III区虽地处南亚热带, 但其高海拔和低纬度的互补效应, 使该分布区属亚热带高原季风气候, 四季温差小, 冬干夏温。同时, 由于四川大头茶分布的地貌类型多为低山山地, 中山山地和中山高原, 随着海拔升高, 山上气温相对降低, 温度偏高, 冬季有霜雪, 从计算所得的寒冷指数的平均值为 $-1.17\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$, 可知四川大头茶具有一定抗寒性, 与同属中国分布区的其它种相比, 系该属中分布最北的种。

对四川大头茶来说, 其生物温度平均值为 $17.15\text{ }^{\circ}\text{C}$, 年降水量平均值为 1425.23 mm , 可能蒸散平均值为 1010.66 mm , 可能蒸散率为 0.75 。按 Holdridge 的分类系统。暖温带与亚热带的生物温度的界限为 $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[11], 按我国地带性植被类型的划分标准^[4,5], 这个界限为 $14\text{ }^{\circ}\text{C}$, 可见, 四川大头茶均应属于亚热带湿润森林生命地带类型中的树种。

2.3 四川大头茶分布界限的热量状况

表2列出了四川大头茶垂直分布上限、下限以及分布北界的年平均气温, Kira 温暖指数和寒冷指数值, 调查的气象站点数分别为 11, 7, 5 个。

Fang. J. Y 和 Yoda. K. 研究了我国常绿阔叶林分布上限与气候因子的关系^[12], 认为寒冷指数是影响森林分布上限最显著的因子。Kira 也指出限制常绿阔叶林树种向北和向上分布的热量指标是冬季几个月的寒冷指数值^[13]。据 Kira 资料^[14], 日本常绿阔叶林的北界和上限与 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ 的等值线相一致。Yim 指出朝鲜的 11 种常绿阔叶树种分布北界的寒冷指数值是 $-6.3\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ ^[15], 考虑到天然植被遭受严重破坏, 根据自然保护区中残存的常绿阔叶林分布的寒冷指数值可达 $-9.3\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$, 推测朝鲜常绿阔叶林北界的寒冷指数值也为 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ 。与之比较, 四川大头茶的寒冷指数值相对较高, 限制了该树种向上和向北的进一步分布, 加之四川大头茶喜湿的生态习性, 使之成为了西南地区的特有树种。

从表2还可看出, 四川大头茶上限的温暖指数值 $95.67\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$, 要比分布北界温暖指数值 $116.30\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ 低, 寒冷指数值也有类似的规律, 这主要是与温度垂直向上的递减率要比向北(纬度)的递减率快(约 1000 倍), 以及山地气候温差较小, 温度有效性大, 同时随着海拔的升高湿度增大等因素有关, 这也与洪必恭等研究中国水青冈属(*Fagus*)阔叶树种所发现的规律相同^[16]。

表2 四川大头茶分布界限的热量指标

Table 2 Thermal indexes of distribution limit of *Gordonia acuminata*

指标 Index	上限(Upper limit)		下限(Lower limit)		北界(North limit)	
	平均值 Mean	标准差 SD	平均值 Mean	标准差 SD	平均值 Mean	标准差 SD
年均温 AT ($^{\circ}\text{C}$)	14.43	1.38	16.62	1.71	15.25	1.87
温暖指数 WI	95.67	44.86	120.83	53.26	116.30	12.04
寒冷指数 CI	-2.52	2.47	0.00	0.00	-1.01	0.67

AT=Annual mean temperature; WI, CI=Kira's warmth and coldness indexes.

2.4 水热指标的主分量分析

将 WI, CI, AP, Jan T, Jul T, 相对湿度, 日照时数, 和 $> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 年均积温这 8 个水热指标进行主分量(PCA)分析, 得到前 4 个主分量的负荷量, 特征根及信息量等如表 3 所示。

从表3中可以看出, 8项水热指标中, 第一主分量(PC1)的信息量占总信息量的54.2%, 第二主分量(PC2)占总信息量的17.1%, 前4个主分量已占全部信息量的91%以上。在第一主分量中, AT、WI、Jan T、Jul T、年均积温几项指标的负荷值较大, 且彼此间差异不大, 因此, 第一主分量反映热量因素, 第二主分量是以降水为主, 第三主分量(PC3)是以日照时数为主, 第四主分量(PC4)以相对湿度为主。从总体来看, 对四川大头茶地理分布影响的几项水热指标作用的相对次序是: 热量因子、降水因子、日照时数、相对湿度。

表3 气候水热指标中前4个主分量的负荷量

Table 3 The loading value of climatic, water and thermal indexes in the first four analysed principal components

水热指标 Water and thermal indexes	主分量 Principal components (PC)			
	PC1	PC2	PC3	PC4
温暖指数 WI	-0.447	-0.133	0.254	-0.033
寒冷指数 CI	-0.366	0.434	0.001	-0.238
年降雨量 P	0.018	-0.768	-0.271	-0.042
1月均温 Jan T	-0.424	-0.133	-0.069	0.250
7月均温 Jul T	-0.375	-0.071	-0.454	-0.277
相对湿度 RH	-0.313	0.080	-0.347	-0.740
日照时数 AST	-0.149	-0.717	0.706	-0.449
年均积温 AT (> 10 °C)	-0.435	0.174	0.181	-0.270
特征值 Eigenvalue	4.335	1.369	1.177	0.402
信息量 Proportion	0.542	0.171	0.147	0.050
累积信息量	0.542	0.713	0.860	0.910

Cumulative proportion

RH=Relative humidity. For other abbreviations see Table 1

2.5 CO₂倍增条件下四川大头茶分布区的变迁

根据国际上已经提出的地球流体动力学模式(GFOL)等5种大气环流模型(GCM)模拟的CO₂浓度加倍条件下对全球未来平均气温及平均降水量的预测^[17], 以及赵宗慈利用这些模型对中国大陆未来的气候和降水变化的预测^[18], 最可能的一般结果是, 平均地面温度增温范围2.8 °C-5.2 °C, 平均降水量增加7%-15%, 因此我们按: (1)年平均气温增加2 °C, 年降水量增加10%; (2)年平均气温增加4 °C, 年降水量增加15%, 利用Holdridge生命地带系统指标预测了CO₂浓度倍增条件下, 四川大头茶分布区的可能变化如表4所示。

表4 CO₂倍增条件下四川大头茶分布的Holdridge生命地带系统指标Table 4 Holdridge's life zone system index of *Gordonia acuminata* under elevated CO₂ concentration

	指标 Indexes	平均值 Mean	标准差 SD	最小值 Min	最大值 Max	最适范围 Optimal range	
气温增加2 °C,	P	1517.79	343.93	1058.42	2155.78	1112.98	1922.6
降水增加10%	BT	17.83	2.66	11.05	21.72	14.69	20.96
AT+2 °C, P+10%	PET	1050.79	156.94	651.66	1280.25	866.06	1235.5
	PER	0.72	0.17	0.30	0.99	0.52	0.92
气温增加4 °C,	P	1586.78	359.56	1106.53	2253.77	1163.57	2009.99
降水增加15%	BT	19.89	2.66	13.05	23.72	16.69	22.96
AT+4 °C, P+15%	PET	1168.65	156.94	769.52	1398.11	983.92	1353.37
	PER	0.77	0.17	0.34	1.05	0.56	0.98

AT, P, BT, PET, PER见表1. For abbreviations see Table 1.

四川大头茶在气温增加2 °C和4 °C以及降水增加10%和15%时的生物温度为17.83 °C和19.89 °C, 按文献[4,5]的中国地带性植被类型的划分, 仍在亚热带界限的生物温度上限22.36 °C以下, 仍属于亚热带热量范围。可能蒸散率在气温增加2 °C时减少了0.03, 在气温增加4 °C时, 增加了0.02, 都仍属于湿润森林类型, 但分布区可能发生变化。

为了预测在 CO₂ 倍增情况下四川大头茶分布区可能的变化,我们用计算机构建了 CO₂ 浓度倍增条件下,四川大头茶分布区域的 Holdridge 生命地带系统指标与地理三维要素纬度 (LAT), 经度 (LONG) 和海拔高度 (ALT) 之间的地理回归模型,依据模型的多元相关系数 R 查表,模型达到了 P=0.05 的显著相关水平。其地理回归模型如下:

$$BT2 = 55.31 - 0.494LAT - 0.197LONG - 0.00384ALT \quad (R = 0.9031, N = 48)$$

$$PER2 = 4.900 - 0.0256LAT - 0.0319LONG - 0.000095ALT \quad (R = 0.4877, N = 48)$$

$$BT4 = 57.40 - 0.496LAT - 0.198LONG - 0.00379ALT \quad (R = 0.9028, N = 48)$$

$$PER4 = 5.09 - 0.0259LAT - 0.0333LONG - 0.000086ALT \quad (R = 0.4896, N = 48)$$

按此回归模型,得出了气候变暖后四川大头茶分布区的可能变迁幅度,当气温增加 2℃,降水量增加 10% 后,纬向扩大了 2.58°,经向扩大了 2.25°;当气温增加 4℃,降水增加 15% 时,纬向扩大了 3.01°,经向扩大了 5.07°。总的说来,在气候变暖,降水增加后,适应四川大头茶生长的温暖湿润的生境将有所扩大。由于植被分布的变化要落后于气候的变化,因此人们在四川大头茶分布适应环境的一些森林破坏迹地上,将四川大头茶作为营造常绿阔叶林和常绿针阔混交林的树种栽培,则可以加快四川大头茶的扩张。

当然,气候及环境水热条件不可能是森林迁移的唯一原因。许多物种的地理分布还依赖于可利用的繁殖体和籽苗与当地已经生长的植物在竞争中幸存下来的能力,并受地形、土壤、污染、人类活动等的影响,有待于进一步深入研究。

3 小结

四川大头茶是我国亚热带西南地区常绿阔叶林优势种,该种主要分布在四川、重庆、云南、贵州和广西也有分布,与同属中国分布区的其它种相比,四川大头茶系该属中分布最北的种。四川大头茶分布区的水热指标都反映出该种生境的共同特点,即温暖湿润,光照充足。按 Holdridge 的分类系统或中国地带性植被类型的分类系统,四川大头茶均属于亚热带温暖湿润森林生命地带类型的树种。四川大头茶垂直分布上限的温暖指数为 95.67℃·月,寒冷指数为 -2.52℃·月,分布北界的温暖指数为 116.30℃·月,寒冷指数为 -1.01℃·月。主分量分析结果指出,水热指标对四川大头茶地理分布影响作用的相对次序是:热量因子、降水因子、日照时数、相对湿度。当 CO₂ 倍增气候变暖后,四川大头茶分布区的可能变迁幅度为:当气温增加 2℃,降水增加 10% 后,纬向扩大了 2.58°,经向扩大了 2.25°;当气温增加 40°,降水增加 15% 时,纬向扩大了 3.01°,经向扩大了 5.07°。总的看来,在气候变暖,降水增加后,适应四川大头茶生长的温暖湿润的生境将有所扩大。

参考文献

- 1 钟章成. 常绿阔叶林生态系统研究. 重庆:西南师范大学出版社, 1992, 296-297
- 2 张宏达. 山茶科植物增补. 中山大学学报, 1983, 2:111-113
- 3 Whittaker R H. Communities and Ecosystems, 2nd ed., Macmillan Publishing Co Inc, New York, 1975, 93-117
- 4 张新时, 扬奠安, 倪文革. 植物的 PE(可能蒸散)指标与植被-气候分类, (三) 几种主要方法与 PEP 程序介绍. 植物生态学报, 1993, 17(2):97-109

- 5 张新时. 研究全球变化的植被-气候分类系统. 第四纪研究, 1993, 2:157-169
- 6 北京气象中心资料室编. 中国地面气候资料. 北京: 气象出版社, 1984, 11-421
- 7 张新时. 植物的 PE(可能蒸散) 指标与植被-气候分类, (一) 几种主要方法与 PEP 程序介绍. 植物生态学与地植物学学报, 1989, 13(1):1-9
- 8 徐文铎. 吉良的热量指数及其在中国植被中的应用. 生态学杂志, 1985, (3):35-39
- 9 蔡晓明, 尚玉昌. 普通生态学. 北京: 北京大学出版社, 1995, 109
- 10 张新时. 植被的 PE(可能蒸散) 指标与植被-气候分类, (二) 几种主要方法与 PEP 程序介绍. 植物生态学与地植物学学报, 1989, 13(3):197-207
- 11 Holdridge I R. Life Zone Ecology, San Jose, Costa Rica. Tropical Science Center, 1967, 23-37
- 12 Fang J Y, Yoda K. Climate and vegetation in China (v), Effect of climatic factors on the upper limit of distribution of evergreen broadleaf forest. Ecol Res, 1991, 6:113-125
- 13 Kira T. Terrestrial Ecosystem—an Introduction, Tokyo. Kyoritsu Shuppan, 1976, 31-45
- 14 Kira T. A Climatological interpretation of Japanese vegetation zones. In: Nyawak A, Tuxen R eds. Vegetation Science and Environmental Protection. Tokyo: Maruzen, 1977, 21-30
- 15 Yim Y J. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean Peninsula. III. Distribution of tree species along the thermal gradient. Jap J Ecol, 1977, 27:177-189
- 16 洪必恭, 安树青. 中国水青冈属植物地理分布初探. 植物学报, 1993, 35(3):229-233
- 17 章基嘉. 气候变化的证据原因及对生态系统的影响. 北京: 气象出版社, 1995, 73-108
- 18 赵宗慈. 五大全球大气海洋环流模式模拟二氧化碳增加对气候变化的影响. 大气科学, 1990, 14(1):118-126