

江苏主要常绿阔叶树种的分布与 热量关系的初步研究*

洪必恭 李绍珠

(南京大学生物系)

一、引言

植物分布主要受气候因子制约,在气候因子中温度又起主导作用。这一观点作为植物地理学的一条原理早已为人们所接受。可是,植物分布与温度之间的定量研究工作在我国做得还比较少。日本大阪大学吉良教授(1967,1977)曾用两种热量指标(温暖指标 Warmth index 和寒冷指标 Coldness index)分析日本森林带的分布与热量之间的关系。朝鲜学者任良宰(1977)根据吉良的方法对朝鲜半岛的森林植被与气候关系、树种分布与热量关系也作过研究。七十年代的生态植物地理学已发展成为定量的科学,研究树种分布与热量条件的定量关系,对于深入进行森林生态系统、物质能量的分布规律的研究,对于区域性生态地理特征的分析,对于植被地理分布植被区划、农业区划等无疑都是必要的基础。

江苏地处亚热带与暖温带过渡地带,特别在中亚热带北界的划分上曾有过争论。本文企图根据吉良的方法找出江苏几种主要常绿阔叶树种在全国按热量梯度的分布幅度、最适范围以及限制这些树种向北和向上分布的寒冷指标值,为今后进一步开展生态植物地理学的定量研究摸索方法,同时也为植被区划工作提供参考依据。

二、资料来源与方法

1. 热量指标的计算

吉良采用月平均温度大于5℃的总和(即WI)作为植物生长季温度条件的热量,为了简便起见,以月的累加代替通常采用的日的累加法,同样,冬季几个月的寒冷程度用月平均温度小于5℃的总和(即CI)表示,计算公式如下:

$$WI = \sum (t - 5) \quad CI = -\sum (5 - t) \quad t = \text{月平均温度}$$

2. 气象资料来源

根据树种在全国各地的分布资料,先选出与这些分布地点最相近的地点的气象站(本文共选出154个站),再根据各个站上的月平均温度记录,用以上公式算出各分布地点的WI值和CI值。树种垂直分布的热量指标是根据附近气象站的资料按海拔每升高100米平均温度降低0.55℃换算。

3. 树种的选择与资料来源

本文选择了青冈(*Cyclobalanopsis glauca*),苦槠(*Castanopsis Sclerophylla*),石栎(*Lithocarpus glabra*),樟(*Cinnamomum Camphora*),紫楠(*Phoebe sheareri*),红楠(*Machilus*

* 本文得到仲崇信与赵儒林两位老师以及吉良教授的不少指导与帮助,特此志谢。

thunbergii), 木荷 (*Schima superba*) 等七种常绿阔叶树种, 其中除樟树在江苏系栽培树种外, 其余均为野生且为中亚热带常绿阔叶林的建群种, 但它们分布到江苏几乎都已达最北界线。

分布资料主要是从现有刊物上发表的 (或部份油印稿) 各省、各地区的植物志, 专科植物志、植被调查报告, 植物名录等; 同时也参考了江苏植物所、南京林产工业学院以及本校的植物标本室的标本与采集记录。

这里必须说明一点, 根据树种分布地点附近的气象站里得来的气象资料代表植物实地分布地点的热量指标, 不可避免地会产生一些误差, 因为植物分布地点的地形、坡向小气候环境的不同, 在热量指标值上的差异很大, 另一方面, 由于目前全国各地区的植物志、植被志也不全, 加上我们资料收集也不够齐全, 这都会增加统计时的误差。

4. 热量分布曲线的绘制及最适热量分布范围的确定

① 热量分布曲线的绘制

以横座标代表温暖指标 (WI), 纵座标代表树种出现的频数 (f), 将不同温暖指标值上出现的树种频数点相连成一曲线即成。如果树种分布地点资料充分, 曲线应为两侧对称具有一个高峰的钟形曲线 (即正态分布曲线), 例如青冈的分布点较多 (169点), 曲线比较典型。其余几种苦槠 (9点), 石栎 (86点), 樟树 (93点), 紫楠 (62点), 红楠 (108点), 木荷 (83点)。由于资料关系, 曲线多少有些偏离正态分布。参见图 1 (1—7)。

② 最适热量分布范围的确定

为了避免曲线两端极端值误差较大的影响, 任良宰 (1977) 曾用 PWH 半峰宽 (Peak width at half height) 作图法来表示热量分布的最适范围。即在频数分布高峰的一半处画一条与温暖指标轴相平行的线, 段交分布曲线上两点 (M_1, M_2), 分别从 M_1, M_2 作直线垂直于温暖指标轴上两点 (D_1, D_2), 在此两点范围内即为最适范围, 如果曲线呈正态分布, 大约有 76% 的种群包括在此范围内 (见图 1: 1)。

我们将各树种的温暖指标的频数分布用正态概率纸作了检验, 结果是由于随机波动的影响少数点稍有偏差外, 其他各点基本上都在一条直线附近呈正态分布。因此, 我们采用半峰宽的运算公式来计算最适范围, 而不用半峰宽的作图法, 这样可避免因资料不充分而产生的误差。半峰宽 $PWH = 2.354 \cdot S$

$$\text{最适范围: } \bar{X} - \frac{1}{2} PWH \quad \bar{X} + \frac{1}{2} PWH$$

$\bar{X}$ 为温暖指标的均数, S 为标准差

按此公式算出青冈的最适热量分布范围是 103—161.6。其余六种均用同样方法计算, 结果如表 2 所示。

三、结 果

1. 树种的分布曲线

青冈的分布曲线较平滑, 单峰, 两侧多少呈对称, 接近于正态分布。石栎、樟树基本上也呈单峰, 但曲线右侧 (高温侧) 较缓, 延伸较长。木荷、紫楠两种的曲线出现两个高峰, 主要是由于资料不足的缘故。红楠的单峰最偏高温一侧, 延伸得也长。参见表 1 及图 1 (1—7)。

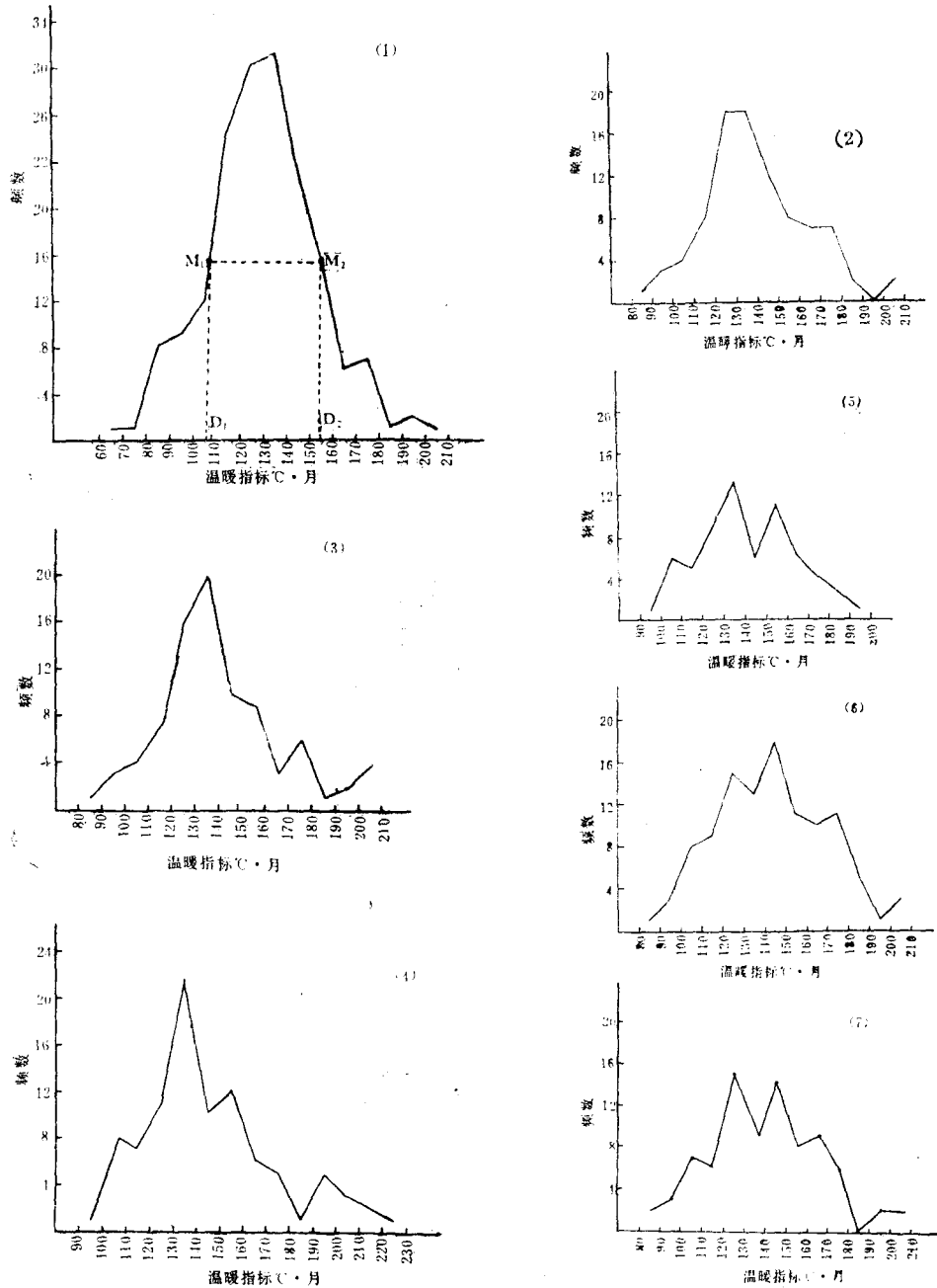


图1 树种分布曲线图

- (1) 青冈 *Cyclobalanopsis glauca* (2) 苦槠 *Castanopsis sclerophylla*
 (3) 石栎 *Lithocarpus glabra* (4) 樟 *Cinnamomum camphora*
 (5) 紫楠 *Phoebe sheareri* (6) 红楠 *Machilus thunbergii* (7) 木荷 *Schima superba*

表 1 各种温度指标的频数分布表

温 暖 指 标 (W/I)	频 数 (f)						
	青 冈	苦 槠	石 栎	樟 树	紫 楠	红 楠	木 荷
60—70	1						
70—80	1						
80—90	8	1	1			1	2
90—100	9	3	3	1	1	3	3
100—110	12	4	4	8	6	8	7
110—120	24	8	7	7	5	9	6
120—130	30	18	16	11	9	15	15
130—140	31	18	20	22	13	13	9
140—150	21	12	10	10	6	18	14
150—160	15	8	9	12	11	11	8
160—170	6	7	3	6	6	10	9
170—180	7	7	6	5	4	11	6
180—190	1	2	1	1	0	5	0
190—200	2	0	2	5	1	1	2
200—210	1	2	4	3		3	2
210—220				2			
220—230				1			
总 和	169	90	86	93	62	108	83

2. 树种的温度分布特性与最适范围

在本文列举的七种常绿阔叶树中,壳斗科的青冈、苦槠是常绿阔叶中分布最北的树种,也是北亚热带常绿落叶混交林中常见的常绿树种,相对来说它们是较耐寒的;从表 2 中温暖指标的全范围、最适范围、均数等数值也可说明这一点。石栎比青冈、苦槠对热量要求较高,分布限于中亚热带,但耐干旱,适应性广,因此它的最适范围与均数也高。樟科中的樟树、红楠都限于中亚热带,从均数来看也是较高的。紫楠虽也可达北亚热带南部,但只限于局部小气候条件较优越地段。木荷也是中亚热带树种,与樟、红楠相比,在垂直分布上可达海拔较高处,也许这是使它在均数上稍偏低的原因,详见表 2。

表 2 树种温暖指标的均数和分布范围

树 种 名 称	全 范 围 ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$)	最 适 范 围 ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$)	均 数 ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$)
青 冈	67.6—202.0	105—161.6	132.3
苦 槠	81.3—207.3	112.2—166.2	139.2
石 栎	81.8—202.8	110.9—170.1	140.5
樟 树	91.5—225.0	111.6—180	145.8
紫 楠	91.5—195.6	113.8—165	139.4
红 楠	84.9—207.8	115—173.6	144.3
木 荷	83.4—202.8	108.8—171.2	140

3. 树种分布北界和上限的热量指标

吉良(1976)指出限制常绿阔叶树种向北和向上分布的热量指标是冬季几个月的寒冷指标值,而不是温暖指标值,江苏几种常绿阔叶树种分布的北界和上限的热量条件列入表 3 内。

表 3 江苏主要常绿阔叶树种分布的北界和上限的热量状况

种 名	界 限	产地数	温 暖 指 标 ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$)			寒 冷 指 标 ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$)			年平均温度 $^{\circ}\text{C}$	
			平 均	标 准 差	标准差/9*	平 均	标 准 差	标准差/3*	平 均	标 准 差
青 冈	北界	8	109.2	18.8	2.1	- 8.2	4.1	1.4	13.4	1.9
	上限	6	92.1	9.1	1.0	-12.3	1.4	0.5	11.8	1.1
苦 槠	北界	5	126.3	8.3	0.9	- 4.2	1.9	0.6	15.2	0.8
	上限	5	103.0	13.7	1.5	- 7.0	4.9	1.6	13.0	1.5
石 栎	北界	3	120.9	12.5	1.4	- 4.5	1.2	0.4	14.7	1.1
	上限	6	93.2	17.3	1.9	- 7.8	6.0	2.0	12.1	1.7
樟 树	北界	3	131.2	1.7	0.2	- 3.7	0.9	0.3	15.6	0.2
	上限	6	99.5	18.7	2.1	- 5.8	3.5	1.2	14.3	1.4
紫 楠	北界	6	131.5	4.0	0.4	- 4.3	1.3	0.4	15.6	0.4
	上限	8	100.9	16.2	1.8	-10.3	7.2	2.4	12.8	2.0
红 楠	北界	6	122.8	12.6	1.4	- 6.5	6.6	2.2	14.8	1.6
	上限	8	101.7	7.8	2.6	- 7.5	4.3	1.4	13.0	1.0
木 荷	北界	2	130.7	2.8	0.3	- 3.1	1.2	0.4	15.3	0.8
	上限	7	97.3	11.5	1.3	- 8.4	6.4	1.8	12.5	1.3
平 均	北界		124.6			- 4.9				
	上限		98.3			- 8.5				

* 我国绝大多数地方冬季低于 5°C 的时间为 3 个月, 故寒冷指标的标准差除以 3, 而温暖指标的标准差则除以 9。

从表 3 中看出: 树种分布上限的热量指标的 WI 值要比分布北界的低, 这可能是与山地气候温差较小, 温度的有效性大, 同时随着海拔的升高湿度增大, 在一定程度上弥补了温度的不足这些特点有关。而 CI 值低的原因则较复杂, 除了上面提到的树种分布地点的小气候与按高度推算出的气象资料之间有误差外, 在较高的山地存在逆温现象等都应考虑在内。

四、问 题 讨 论

1. 关于我国常绿阔叶林分布北界的 CI 值的探讨

据吉良(1977)资料, 青冈、红楠在日本分布的北界和上限的 CI 值可达 $-15^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$, 而日本常绿阔叶林的北界和上限则与 $-10^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ 的等值线相一致。任良宰(1977)资料也指出朝鲜的 11 种常绿阔叶树种分布北界的 CI 平均值是 $-6.3^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$, 最低值也达 $-15^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$, 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 CI 值可达 $-9.3^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$, 推测朝鲜常绿阔叶林北界的 CI 值也为 $-10^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ 。以上说明个别树种分布的生态幅度往往比由它组成的群落的幅度要大, 分布较北些。青冈在我国分布向北可达甘肃的文县、康县, 那里的 CI 值为 $-13.5^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$, 陕西省的镇安 CI 值也达 $-11.4^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$, 两地均位于嘉陵江上游各地, 受四川盆地亚热带气候以及秦岭南坡小地形气候的影响。红楠最北达山东崂山, 也是局部地形及海洋性气候影响的结果。常绿阔叶林北界的 CI 值与我国大陆性气候的特点关系密切。目前在我国还没有开展 CI 值的详细研究, 但从地处亚热带北缘的江苏几种主要常绿阔叶树种分布北界的 CI 值平均为 $-1.9^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ 来看, 推测我国常绿阔叶林分布北界的 CI 值要比日本和朝鲜都

高, 不会低于 $-4.9^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ 。

2. 我国亚热带常绿阔叶林热量关系的特点

我国的亚热带地区幅员广阔, 地形复杂, 气候条件从沿海到内陆变化也很大, 这种差异表现在同一纬度上, 大陆性气候明显的地方的 WI 值比具有海洋性气候的地方要高(么枕生, 1957, Kira和 Yim, 1975)。我国亚热带地区与日本、朝鲜相比, 大陆性气候明显, 纬度又低, 热量条件是比较优越的, 亚热带北缘的江苏从纬度来看与日本南部九州相当, 几种常绿阔叶树种温暖指标的全范围为 $67.6-225^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$, 最适范围除青冈偏低外, 平均都在 $110.7-170.1^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ 之间, 可见典型的中亚热带常绿树种的 WI 值必然还要高些。朝鲜的常绿阔叶林主要分布在该半岛的南端, 纬度相当于江苏北部, 其 WI 值的全范围为 $100-130^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$, 最适范围是 $105-120^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$, 日本常绿阔叶林分布较广, 其 WI 值的全范围为 $85-180^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ (Kira, 1948)。

3. 关于江苏境内中亚热带常绿阔叶林北界划分的看法

最近出版的《中国植被》一书中, 江苏境内的中亚热带常绿阔叶林的北界原为宜兴山地至杭州一线, 现北移到太湖东北岸的苏州吴县至上海、崇明一线。我们从热量指标来初步分析这一线的情况, 前面已提到江苏几种主要常绿阔叶树种分布的最适温暖指标平均在 $110.7-169.1^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ 范围内, 而宜兴的 WI 为 $132.2^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$, 吴县 $131.8^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$, 上海 $130^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ 一线的 WI 值都在最适范围内; 如以限制生长的寒冷指标来看, 宜兴为 $-3.2^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$, 吴县 $-2.2^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$, 上海 $-1.5^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$, 都不低于 $-4.9^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$, 因此从这点来看, 此线这样划是合适的。但考虑到我国气候的特点, 以及东部地区冬季受寒流的影响, 我们认为在划分常绿阔叶林的分布北界时, 如能同时将冬季的极端低温及其持续时间, 气候的干燥度等考虑在内将会更完善些, 这将有待于下一步工作的进行。

参 考 文 献

- 中国科学院武汉植物研究所 1980 神龙架植物。湖北人民出版社。8—33页。
 中国科学院植物研究所 1972 中国高等植物图鉴, 第一册。科学出版社。412—439, 816—819, 861页。
 中国植被编辑委员会 1980 中国植被。科学出版社。279—336, 788—836页。
 杨一光 1960 湖南衡山的植被。植物生态学、地植物学丛刊, 第四辑。161—224页。
 陈彦卓等 1960 安徽九华山植被调查报告。同上。117—160页。
 河南经济植物志编辑委员会 1962 河南经济植物志。河南人民出版社。76页。
 郑勉 1960 武夷山脉邵武建阳山区植物分布概况。华东师范大学。37—58页。
 南京林学院树木教研组 1961 树木学。农业出版社。172—186, 382—396, 564页。
 湖北省植物研究所 1976 湖北植物志, 第一卷。湖北人民出版社。107—115页。
 裴鉴、单人骅等 1959 江苏南部种子植物手册。科学出版社。202—207, 303—304, 503页。
 shidei T. and T. Kira 1977 Primary productivity of Japanese forests. *JIBP synthesis* 16
 Yang-Jai YIM 1977 Distribution of forest vegetation and climate in the Korean peninsula III. Distribution of tree species along the thermal gradient. *Jap. J. Ecol.* 27(4): 177—189.
 Yang-Jai YIM 1977 IV. Zonal distribution of forest vegetation in relation to thermal climate. *Jap. J. Ecol.* 27(4): 269—278.
 Yang-Jai. YIM and T. Kira 1975 Distribution of forest vegetation and climate in the Korean peninsula I. Distribution of some indices of thermal climate. *Jap. J. Ecol.* 25(2): 77—88.

THE PRELIMINARY STUDY OF THE CORRELATIONS BETWEEN THE DISTRIBUTION OF MAIN EVERYGREEN BROAD-LEAF TREE SPECIES IN JIANGSU AND CLIMATS.

Hong Bigong Li shaozhu

(*Department of Biology, Nanking University*)

By means of Kira's method of two kinds of climatological indexes, the warmth index and the coldness index, the correlations between the distribution of seven everygreen broad-leaf tree species in Jiangsu and climate were analyzed:

1. Thermal distribution curve of 7 tree species in Jiangsu is close to a Gaussian distribution curve essentially.

2. The optimal range of warmth index were calculated by using calculating formula of PWH (peak width at half height).

$\bar{X}$ = mean S = standard deviation.

$$PWH = 2.354 \cdot S \quad \text{optimal range} = \bar{X} - \frac{1}{2}PWH, \quad \bar{X} + \frac{1}{2}PWH.$$

3. The whole range of thermal distribution of nine momths is 67—225℃. Mean optimal range is 110—170℃. The average coldness index values of three winter months limiting the northward distribution of tree species being -4.9℃.

4. The warmth index value and the coldness index value of everygreen broad-leaf tree species and everygreen broad-leaf forest in China is larger than those of the Korean peninsula and Japanese, for the climate of China is more continental and the chinese lalitudes of distribution lie farther south than those of two countries aforementioned.