

我国森林植被带的生态气候学分析

方 精 云

(中国科学院生态环境研究中心, 北京)

摘 要

本文利用 671 个气象站的温度资料 and 大量植被资料, 采用吉良的温暖指数 (WI) 作为温度气候指标, 研究了我国湿润地区植被的分布与温度气候的关系。分析 15 个森林植被类型的分布与 WI 的关系, 发现在这些植被类型中存在四条界线(线 A, 带 B、C 和 D), 它们分别表示寒带与亚寒带、亚寒带与温带、温带与暖温带、暖温带与亚热带热带的分界线, 其 WI 分别为 15, 50—55, 80—90 和 170—180℃月。利用 73 种木本植物的温度分布资料进行聚类分析, 获得了 7 个树种组合。分析这 7 个树种组合的温度分布曲线, 发现亚寒带针叶林树种、温带落叶阔叶林树种、暖温带常绿阔叶林树种以及亚热带热带树种的主要分布范围分别为 WI 值 50℃月以下、50—90 和 90—175℃月。利用一些树种的分布资料, 进一步论证了森林上限及亚寒带针叶林的分布与 WI 间的关系。此外, 用大量生态气候学事实, 讨论了我国森林植被类型, 特别是常绿阔叶林的归属问题, 认为常绿阔叶林作为暖温带的植被景观似更合适。最后给出我国生物温度气候带的划分依据, 即寒带, $WI < 15$; 亚寒带, $15-50$; 温带, $50-90$; 暖温带, $90-175$; 亚热带热带 > 175 ℃月。

关键词: 中国, 常绿阔叶林, 森林植被类型, 温度气候带, 树种, 温暖指数(WI)。

植被地理分布的研究是植物学、生态学、地理学以及气候学上的古老问题。自本世纪初柯本 (Köppen) [1] 发表了著名的世界气候分类系统以来, 植被-气候带的讨论一直没有中断过。随着世界各地植被调查资料的积累以及世界各地气象台站的设立, 人们对植被与气候关系的认识逐渐深刻。柯本的气候分类系统逐渐被改良。一些新的分类方法也逐渐建立起来。然而, 反映在柯本系统中的基本观点没有改变: 气候制约着植被的地理分布, 植被类型反映气候特点。

气候决定植被的分布主要体现在两个方面: 气候的热量条件是植物生命活动的基础和能量来源; 气候的水分条件是植物生理活动的源泉和构成植物的基本成分。由于热量条件的不同, 形成了不同温度梯度上的植被变化, 这表现在植被类型由南向北的纬向变化; 由于水分条件的限制, 形成了森林和荒漠植被之差异, 这常体现在植被类型从沿海到内陆, 即人们常说的“经向变化”。东亚在这两个梯度上的变化是极为明显的: 在湿润地区的东部, 从南到北依次出现雨林(季雨林)、常绿阔叶林、落叶阔叶林、针叶林、苔原和冰原; 在同一热量带, 从东到西出现的典型植被景观依次是森林、森林草原、草原、荒漠草原和荒漠。

研究植被分布与气候的关系不仅在理论上, 而且在生产实践上有着十分重要的意义。特别是在我国, 这种研究的意义更为重大。因为在我国, 农耕文化的发达极大地破坏了自然植被。利用自然植被与气候因子的关系, 就以可再现自然植被的分布。我国在这方面的工经众多科学家努力, 已经取得了巨大成绩。然而, 我们的研究还存在着一些问题。首先, 工作的指导思想受苏联学派的影响很大。源于欧洲、特别是地中海气候地区的植被-气候体系不定全适于冬受西伯利亚冷气团控制、夏受副热带高压支配的我国植被-气候特征。第二, 我国南端地处热带北缘, 来自真正热带的资料很少被吸收利用到我国的植被-气候区分体系中, 致使我国在植被带的划分上出现以我为中心, 缺乏全球观点的倾向。第三, 没有或很少吸收来自

* 本论文得到中国科学院封丘农业生态开放站部分资助。

本文于1990年12月15日收到。

比我国更湿润的日本列岛和朝鲜半岛的资料。地处海洋气候的日本列岛,降水量几乎不成为植被分布的限制条件。因此,在考虑植被分布与温度因子的关系时,日本列岛的植被分布格局是最典型的,具有参照价值。如果克服了上述问题,进行我国的植被区分将会更合理,不会象今天的植被区分自成体系,很难与世界其它地区的研究进行对比分析^[1]。

本研究将根据森林植被类型和主要森林树种的温度分布资料,从生态气候学的角度探讨我国森林植被的地理分布规律。从生态地理学的观点看,森林植被类型的变化主要反映温度梯度的变化。因此,研究森林植被带的分布规律还涉及到生物温度带的划分问题。所以,本文还将讨论我国温度气候带的划分。

一、材料和方法

1. 温度资料

温度资料取自国家气象局的671个气象台站(1951—1980)的记录。

2. 温度指标的选择

利用671个气象台站的温度资料,作者计算比较了目前经常使用的五种热量指标,即 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温、吉良龙夫^[3]的温暖指数(Warmth index, WI)*、Holdridge^[4]的年平均生物气温(Biotemperature)以及Thornthwaite^[5]的年可能蒸腾蒸发量(Potential evapotranspiration, PE),发现温暖指数(WI)与其它指标之间存在密切的相关性^[2]。考虑到WI计算简便、资料来源容易,本文决定采用WI作为温度气候的指标。

3. 气温直减率的计算和WI分布图的制作

为了计算某地某一高度的温度指标,作者建立了计算气温直减率的方法^[6]。该方法的原理是,在我国特有的呈三大阶梯的地势条件下,某地至海岸的距离与月平均及年平均气温直减率之间呈一元五次方关系。若已知某地离海岸的距离,就能推算出该地的气温直减率^[6]。

为了推算任一高度的WI值,作者利用671个气象台站的月平均气温和上述的月平均气温的直减率,在海平面(海拔0 m)至海拔4500 m的高度范围内,每间隔100 m高度制作了共46张WI分布图,用以推算树种的温度分布。

4. 植被类型的资料

将671个气象台站的位置点绘到中国科学院植物所编辑的1:400万植被图^[7]上,以读取气象台站所在地或其附近的植被资料。对地形变化复杂的地区,在读取植被资料时,参考对植被图作详细说明的文献^[8, 9]和美国政府发行的1:100万航空地形图。由此,在671个植被型资料中,269个资料为自然或半自然植被。归纳这269个植被型获得了15个较大的森林植被类型^[6]。本文利用这15个森林类型来分析森林植被的分布与热量条件的关系。

5. 主要森林树种的温度分布

广泛收集主要森林树种在各地的水平和垂直分布资料,结果获得73种资料较多的树种的分布范围。将每个树种的每个分布地的位置点绘到相应高度的WI分布图上,然后求算该分布地周围的平均WI值,作为该树种在该地的分布上限或下限的WI。同样,对该树种在其他分布地的分布范围作同样处理,从而获得该树种在全国各分布地的WI值。最后,按WI值 5°C 月进行归纳,获得该树种的温度分布曲线^[10]。

6. 树种的主要分布范围

在资料充足且可靠的情况下,上述的树种温度分布曲线的范围可以认为是该树种最大的水平或垂直分布范围。考虑到推算误差和利用树种温度分布确定森林带的性质,确定每一树种的主要分布范围是必要

* 温暖指数(WI)的计算式是: $WI = \sum_{i=1}^n (t_i - 5)$, 其中 t_i 为 5°C 以上的月平均气温, n 为月平均气温大于 5°C 的月数。WI的单位是 $^{\circ}\text{C}$ 月。

的。关于其确定方法,不少作者已作过讨论^[10-13]。本文采用除去温度分布曲线两端的5%范围,即用最大分布范围的90%作为主要分布范围的方法。

二、结果与讨论

1. 森林类型的分布与温度气候

图1显示森林植被类型在WI坐标轴上的排列。该图清楚地表明在这些植被类型之间存在A、B、C和D四个明显的界线。

A线(WI15℃月,下称WI15线):显示寒带植被(类型1)的下限与云冷杉(类型2)等亚寒带常绿针叶林的上限(北界)之间的界线。此界线对应于WI15℃月值。关于WI15的意义,已有许多作者作过阐述^[14-17],认为它与森林上限相一致。柯本^[11]、Callaghan & Emanuelsson^[18]、Waller^[19]将最暖月平均气温10℃作为寒带的南界,WI15线上的7月份平均气温为10.5℃,两者极为接近。Strahler等^[20]定义Thornthwaite的年可能蒸腾蒸发量(PE)350mm为寒带气候的南界,WI15线上的PE值为357mm,两者一致。因此,WI15线可作为寒带(高山)与亚寒带(亚高山)植被的界限,即森林上限的热量指标。

B带(50—55℃月):落叶松、云冷杉等亚寒带针叶林(类型2和3)的分布下限和红松落叶阔叶混交林(类型4)、落叶栎林(类型5)以及落叶阔叶林(类型6)等温带植被的分布上限(北界)进入B带范围。这与受降水量影响较小的日本^[3,14]和朝鲜半岛^[12]的植被分布界限一致。Strahler等^[20]定义PE525mm为高纬度与中纬度气候的界限,而WI50—55范围所对应的PE值为520—550mm,这与Strahler等人的主张一致。以上结果说明,亚寒带针叶林与温带落叶阔叶林或混交林的界限位于B带之中。

C带(80—90℃月):落叶阔叶林(类型6)、常绿硬叶阔叶林(类型7)的下限以及常绿落叶阔叶混交林(类型8)、云南松林、马尾松林(类型9、10)及常绿阔叶林(类型11)等暖温带植被的分布上限进入此带。因此,可以认为温带与暖温带的植被分界线位于WI80—90℃月的范围之中。

D带(170—180℃月):云南松林、常绿阔叶林以及它的次生植被(类型12)的南界或垂直下限位于D带中。此外,热带亚热带次生林(类型13)及它的过渡植被(类型14)的北界也进入此带。据报道^[16],西藏南部的常绿阔叶林分布下限的WI为175℃月。在日本,植物区系、植物地理学的研究也证实这个界线与WI180℃月等值线相一致^[3,14,21,22]。

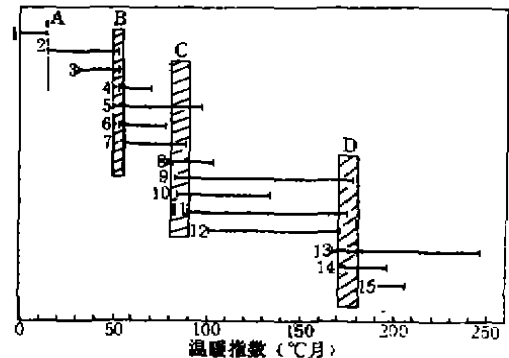


图1 中国主要森林植被类型与温暖指数的关系

在这些植被类型中,存在四条界线(A、B、C和D),分别对应于温暖指数15, 50—55, 80—90和170—180℃月。这些植被类型是: 1、高寒草甸及垫状植被; 2、云冷杉林; 3、落叶松林; 4、红松落叶阔叶混交林; 5、落叶栎林; 6、落叶阔叶林; 7、高山栎林; 8、常绿落叶阔叶林; 9、云南松林; 10、马尾松林; 11、常绿阔叶林; 12、温暖湿润的次生林; 13、湿润热带亚热带次生林; 14、类型12和13过渡性植被; 15、季雨林。

Fig.1 Relationships between distribution of main forest types and warmth index (WI) in China

Four borders (Line A and Bands B, C and D) are found among these forest types and their WI values are 15, 50—55, 80—90 and 170—180℃ monthr, respectively.

The forest types: 1, Alpine meadow and tundra; 2, Fir and spruce forest; 3, Larch forest; 4, Korean pine and deciduous mixed forest; 5, Deciduous oak forest; 6, Deciduous forest; 7, Sclerophyllous forest; 8, Evergreen and deciduous mixed forest; 9, Pinus yunnanensis forest; 10, Pinus massoniana forest; 11, Evergreen deciduous forest; 12, Humid warm-temperate scrub; 13, Humid subtropical/tropical scrub; 14, Transitional type between types 12 and 13; 15, Monsoon forest.

上述结果说明, 温度气候可以很好地说明森林植被带的界线; 亚寒带针叶林、温度落叶阔叶林或其混交林、暖温带常绿阔叶林以及热带亚热带林的北界或分布上限分别对应于WI15, 50—55, 80—90和170—180℃月。

2. 主要森林树种的温度分布

表1列出了73种主要树种的名称。为了了解各树种在地理分布上的联系, 我们利用73种树种的主要分布范围的上限和上限WI值作为参数, 采用Wara法^[23]进行聚类分析, 结果如图2所示。我们发现, 穿过最大距离的9%处, 存在7个树种组合, 同一组合的树种基本分布在相同的自然地带, 而不同组合则有规律地分布在不同的自然地带。组合1主要是由森林上限或亚寒带针叶树种, 如偃松(*Pinus pumila*)、高山圆柏

表1 73种树种名

Table 1 List of 73 tree species

树种组合 1		树种组合 4	
1	<i>Pinus pumila</i>	37	<i>Quercus acutissima</i>
2	<i>Larix gmelinii</i>	38	<i>Fagus longipetiolata</i>
3	<i>Abies spectabilis</i>	39	<i>Lithocarpus cleistocarpus</i>
4	<i>Larix sibirica</i>	40	<i>Fagus lucida</i>
5	<i>Sabina saltuaria</i>	41	<i>Cyclobalanopsis glaucoides</i>
6	<i>S. przewalskii</i>	42	<i>Lithocarpus craibianus</i>
7	<i>Abies fargesii</i>	43	<i>Castanopsis platycantha</i>
8	<i>Picea forrestii</i>	44	<i>Fagus engleriana</i>
9	<i>Abies georgei</i>	45	<i>Pinus taiwanensis</i>
10	<i>Picea brachytyla</i> var. <i>complanata</i>	46	<i>Platycladus orientalis</i>
11	<i>Sabina tibetica</i>	47	<i>Cyclobalanopsis oxyodon</i>
12	<i>Abies ernestii</i>	48	<i>Machilus thunbergii</i>
13	<i>Picea purpurea</i>	树种组合 5	
14	<i>Larix potaninii</i> var. <i>macrocarpa</i>	49	<i>Schima argentea</i>
15	<i>Picea faxoniana</i>	50	<i>Cyclobalanopsis glauca</i>
16	<i>Larix potaninii</i>	51	<i>Cyclobalanopsis gracilis</i>
17	<i>Picea likiangensis</i> var. <i>balfouriana</i>	52	<i>Castanopsis sclerophylla</i>
18	<i>Picea likiangensis</i>	53	<i>C. orthacantha</i>
19	<i>P. asperata</i>	54	<i>Schima superba</i>
树种组合 2		55	<i>Castanopsis fargesii</i>
20	<i>Quercus mongolica</i>	56	<i>C. fabri</i>
21	<i>Acer mono</i>	57	<i>C. carlesii</i>
22	<i>Pinus koraiensis</i>	58	<i>C. eyrei</i>
23	<i>Betula platyphylla</i>	59	<i>Manglietia fordiana</i>
24	<i>Betula dahurica</i>	60	<i>Pinus massoniana</i>
25	<i>Picea meyeri</i>	61	<i>P. yunnanensis</i>
26	<i>Pinus armandii</i>	树种组合 6	
27	<i>Quercus aguiifolioides</i>	62	<i>Castanopsis hystrix</i>
28	<i>Q. pannosa</i>	63	<i>C. indica</i>
29	<i>Q. semicarpifolia</i>	64	<i>Pinus kaysa</i>
树种组合 3		树种组合 7	
30	<i>Q. variabilis</i>	65	<i>Cryptocarya chinensis</i>
31	<i>Pinus tabulaeformis</i>	66	<i>Ficus altissima</i>
32	<i>Quercus liaotungensis</i>	67	<i>Terminalia myriocarpa</i>
33	<i>Acer sinensis</i>	68	<i>Pometia tomentosa</i>
34	<i>Tsuga dumosa</i>	69	<i>Ficus microcarpa</i>
35	<i>T. chinensis</i>	70	<i>Dipterocarpus tonkiensis</i>
36	<i>Betula albo-sinensis</i>	71	<i>Vatica astrotricha</i>
		72	<i>Hopea hainanensis</i>
		73	<i>Terminalia hainanensis</i>

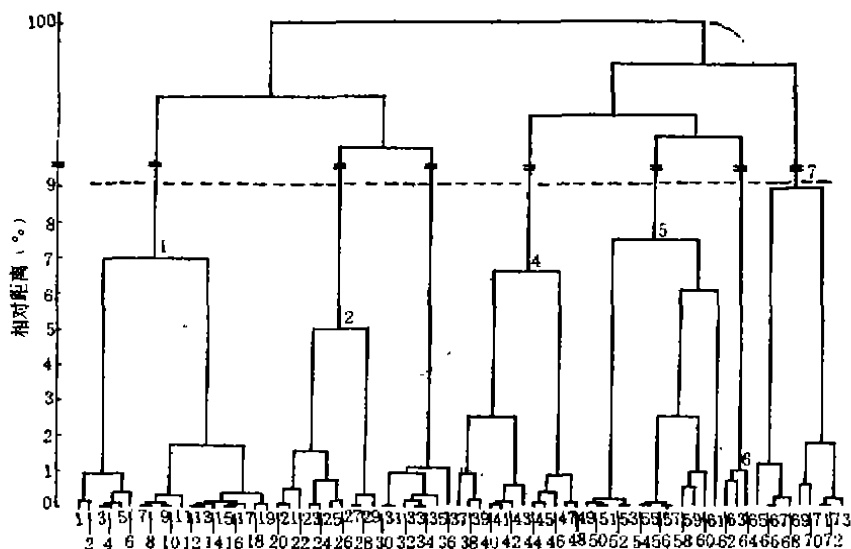


图 2 73 种主要森林树种的聚状图

在相对距离 9% 处, 获得 7 种树种组合, 它们分别是, 亚寒带针叶树种, 亚寒带与温带的过渡带树种, 温带树种, 温带与暖温带的过渡带树种, 暖温带树种, 暖温带与亚热带的过渡带树种以及亚热带热带树种。

Fig.2 Dendrogram derived by cluster analysis applying WI values of the main ranges for every species

Seven species groups are obtained at 9% distance. Group 1, subarctic conifer group; Group 2, subarctic-cool-temperate transitional group; Group 3, cool-temperate species group; Group 4, cool-temperate-warm-temperate transitional group; Group 5, warm-temperate species group; Group 6, southern warm-temperate species group; Group 7, subtropical/tropical species group.

(*Sabina* spp.), 云冷杉(*Abies* spp., *Picea* spp.)及落叶松(*Larix* spp.)组成。它们的分布区域对应于气候学上的亚寒带。组合 2 主要是由朝鲜红松(*Pinus koraiensis*)、白桦(*Acer mono*)、蒙古栎(*Quercus mongolica*)等组成, 它们的分布范围很广, 属于从亚寒带到温带的过渡地带。组合 3 主要是由温带树种油松(*Pinus tabulaeformis*)、落叶栎林(*Quercus* spp.)以及分布于南方山地的铁杉(*Tsuga* spp.)、槭树(*Acer sinensis*)等组成, 它们对应于气候学上的温带。组合 4 由常绿或落叶的阔叶树种组成, 属于由温带向暖温带的过渡地带。组合 5 是由典型的常绿阔叶树种组成, 马尾松(*Pinus massoniana*)和云南松(*P. yunnanensis*)也是该组合的成分。组合 6 由分布于南部常绿阔叶林地带刺栲(*Castanopsis hystrix*)、印度栲(*C. indica*)以及思茅松(*Pinus kaysa*)组成, 它们介于热带亚热带雨林和常绿阔叶林的中间地带。组合 7 由分布于热带亚热带区域的树种组成。

为了阐明上述各树种组合的联系, 我们将各个组合的树种的 WI 值按 5℃ 的间隔进行累计, 绘制了各个树种组合的温度分布曲线(图 3)。从图 3, 我们获得了非常有趣的发现。

由于组合 2 具有组合 1 向组合 3 的过渡性质, 而组合 4 具有组合 3 向组合 5 的过渡性质, 所以亚寒带针叶林与温带落叶阔叶林之间、温带落叶阔叶树与常绿阔叶树之间的界限分别对应于 WI 50 和 90℃ 月(分别用 line I 和 II 表示)。这两条界线不仅通过组合 1 与 3、组合 3 与 5 的温度分布曲线的交点而且分别通过组合 2 和 4 的温度分布曲线的极大值(mode)处。此外, 组合 2 的树种在比 line II 处更暖的区域几乎不见分布。

在 WI 130—140℃ 月的范围内也存在一个界限, 因为组合 5 与 6 的温度分布曲线的交点在这个范围内, 并且阔叶混交林(组合 4)的分布南界(下限)的 WI 为 140℃ 月。因此, 取中间值 135℃ 月线作为温带向热带亚

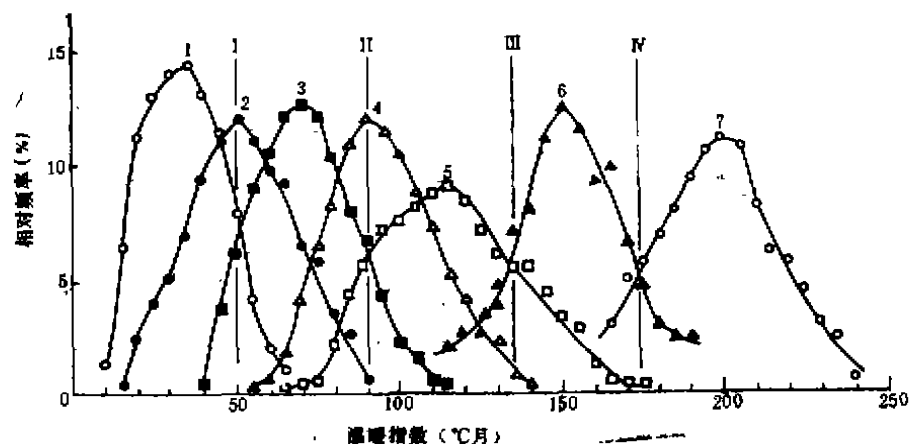


图 3 七个树种组合的温度分布曲线

线 I, II, III 和 IV 的温暖指数分别为 50, 90, 135 和 175°C 月。

Fig. 3 Thermal distribution curves of seven species groups obtained by cluster analysis. Lines I, II, III and IV correspond to warmth index (WI) values of 50, 90, 135 and 175°C month, respectively.

热带过渡界线是合适的。

热带亚热带树种组合(组合 7)与南部常绿阔叶林树种组合(组合 6)的温度分布曲线的交点处对应于 WI 175°C 月。并且,组合 5 即典型常绿阔叶林的组成树种在这条界线的南部或垂直带的下部基本消失。这就是说, WI 175°C 月的线表示热带亚热带的北界或常绿阔叶林的南界。

从上述树种的地理分布看,我国的亚寒带针叶林树种与温带落叶阔叶林树种、温带落叶阔叶林树种与暖温带常绿阔叶林树种、常绿阔叶林树种与热带亚热带林树种之间的界线分别对应于 WI 50、90 和 175°C 月。此外,常绿阔叶林区域内存在典型的和带有热带亚热带性质的两个不同的常绿阔叶林亚区域,其界线对应于 135°C 月的 WI 等值线。

3. 森林上限及亚寒带针叶林分布下限的进一步例证

表 2 列出了 6 种分布在我国山地的森林上限组成种的 WI 分布范围。它们分别由分布产地所对应高度的 WI 分布图推算求得。由此表可知,树种及其所在的地理位置不同,森林上限的平均 WI 值也有所变化,但它们的总平均值为 15.2°C 月,与图 1 的界线 A (WI 15°C 月) 完全一致。这就说明 WI 15°C 月作为森林上限的热量指标是合适的。当然,由于山体的海拔高度过低或由于地史原因,如火山等导致森林上限的高度较低而出现 WI 较大的情况也常存在 [10, 24]。

表 3 给出 11 种亚寒带针叶林分布南界(或垂直分布下限)的 WI 值,它的求算与表 2 相同。各树种的平均 WI 在 42—57°C 月之间,其平均值为 49.6°C 月,与图 1 的 B 带和图 2 的 line I 完全相符。从而进一步证明亚寒带针叶林分布下限(水平南界),也就是说亚寒带与温带的界线能够用 WI 50 来说明。

综合上述分析,得到如下结论:在湿润气候地

表 2 六种森林界限树种分布上限和下限的温暖指数

Table 2 Values of warmth index at the upper and lower distributional limits for six trees composing of the forest limit

树 种	产地数	上 限		下 限	
		平均	标准差	平均	标准差
		(°C month)		(°C month)	
<i>Abies spectabilis</i>	13	13.1	2.5	43.4	3.9
<i>Larix sibirica</i>	10	14.2	4.0	97.5	5.3
<i>L. potaninii</i>					
var. <i>macrocarpa</i>	15	18.9	5.8	44.6	13.5
<i>Sabina tibetica</i>	13	15.8	4.4	43.9	17.9
<i>S. przewalskii</i>	12	12.0	3.8	31.7	7.1
<i>S. saltuaria</i>	8	17.4	4.4	30.5	5.9
平 均		15.2		38.6	
标准差		2.4		5.8	

区,我国的主要植被类型和主要森林树种的分布能很好地对应于温度气候指标。也就是说,热量因子能够统一说明我国森林植被的地理分布规律。我国主要植被生态系统分布的 WI 范围是,寒带苔原: $\leq 15^{\circ}\text{C}$ 月;亚寒带针叶林: $15-50^{\circ}\text{C}$ 月;温带落叶阔叶林: $50-90^{\circ}\text{C}$ 月;暖温带常绿阔叶林: $90-175^{\circ}\text{C}$ 月;热带亚热带林: $>175^{\circ}\text{C}$ 月。利用这些数量指标就可以客观地进行我国自然植被的分区和生物温度气候带的划分。

4. 我国森林植被带归属再议

从世界植被分布图上,我们可以清楚地看到没有一个大陆象欧亚大陆(包括其东部的日本列岛、台湾岛)那样,植被的分布如此整齐,从高纬度到低纬度依次出现苔原、常绿针叶林、落叶阔叶林、常绿阔叶林和雨林、季雨林。这种整齐而几无间断的分布格局构成了研究地球植被地理分布的参照物。

除了苔原归属于寒带无可非议之外,对于其它植被带的归属问题国际上尚无统一的意见。在我国,继竺可桢的研究^[23]之后,更多的人认为常绿针叶林、落叶阔叶林、常绿阔叶林和雨林季雨林分别属于气候学上的亚寒带(寒温带)、暖温带、亚热带和热带^[8,9]。据此,划分了我国的生物温度气候带以及与此相关连的自然地理带^[26-28]。然而,随着世界植被资料的积累和地区间植被研究信息的交流,科学家们对这种观点提出了越来越多的挑战。其中争议的焦点可谓是常绿阔叶林的归属问题了。尽管我国多数学者主张常绿阔叶林属于典型的亚热带植被类型,但也有不少人认为它应属于暖温带景观,而且持这种观点的科学家越来越多。不仅几乎所有的日本学者持这种观点,而且首先提出“亚热带常绿阔叶林”术语的欧洲人也逐渐往此观点倾斜。其中比较著名的有 Trewatha^[29]、Eyre^[30]、Troll^[31]、Ahti & Konen^[32] 和 Walter^[19]。特别值得提及的是,著名生态学家 Walter 研究过世界各地的植被。在他的名著^[19]中,非常醒目地把东亚地区的常绿阔叶林作为湿润暖温带区域的植被类型来描述。国际自然保护联盟(IUCN)^[33]把包括东亚在内的常绿阔叶林作为温带雨林(Temperate rain forest),而将地中海地区的常绿硬叶阔叶林作为地中海型硬叶常绿阔叶林(Mediterranean broad-sclerophyll forest)来处理。

实际上,最早进行世界气候分类的 Supan 定义热带(包括亚热带)的北界为年平均气温 20°C 。而年均温 20°C 的地区几乎无低于 5°C 的月平均气温。如果把它换算成 WI ,则为 180°C 月,这与本文所获得的 WI 175°C 月为亚热带的北界的结果完全一致。Köppen^[1]、Trewatha^[29]、么枕生^[30]等利用最冷月气温 18°C 作为热带的北界,这个界限显然比年平均 20°C 的界线更向南,在我国,此界限为海南的东南部和台湾的南端。Wissmann^[35]将最冷月均温 13°C 以北的地区作为暖温带,这条等温线位于北回归线附近。何景^[36]认为东亚的亚热带雨林与南岭山脉的南坡一致,这一带的 WI 在 $170-180^{\circ}\text{C}$ 月左右,吉良^[37,14,37]、堀田^[22]及村田^[21]也坚持同样的观点。

植物地理学起源于欧洲。欧洲人称常绿阔叶林为亚热带植被有他自己的自然历史背景和文化渊源。我们从世界植被图上可以看到,欧洲大陆的地中海型常绿硬叶阔叶林的南部就是广阔无垠的非洲大沙漠。在植物地理学刚刚兴起的年代,人们很难准确地认识植被景观的这种突然变化,对真正的热带雨林和亚热带雨林也缺乏足够的了解。因此,亚热带常绿阔叶林的提法很易被人们所接受并延续下来。造成这一术语易被接受的另一个很重要的原因是人文地理学的研究似乎表明现代文明起源于温带地区,欧洲人则有把自己所居住

表 3 11种亚寒带针叶树种的分布
上限和下限的温暖指数

Table 3 The values of warmth index at the upper and lower distributional limits for 11 subarctic conifers

树 种	产地数	上限		下限	
		平均	标准差	平均	标准差
		$^{\circ}\text{C}$ 月		$^{\circ}\text{C}$ 月	
<i>Abies fargesii</i>	11	34.0	13.6	49.9	8.8
<i>A. ernestii</i>	18	24.4	9.3	49.7	9.0
<i>A. georgei</i>	19	22.7	8.6	57.2	10.0
<i>A. faxoniana</i>	24	20.6	8.3	46.9	9.8
<i>A. forrestii</i>	10	25.7	6.7	54.5	8.7
<i>Picea likiangensis</i>					
var. <i>balfouriana</i>	29	21.0	6.8	46.9	10.8
<i>P. brachytyla</i>					
var. <i>complanata</i>	26	27.7	8.9	56.0	11.6
<i>P. likiangensis</i>	34	22.1	7.0	48.8	7.6
<i>P. asperapa</i>	19	24.0	8.3	46.0	7.4
<i>P. purpurea</i>	17	18.6	5.5	47.7	10.5
<i>Larix potaninii</i>	23	27.6	11.0	42.3	10.4
平 均		24.4		49.6	
标 准 差		4.0		4.3	

的位置作为温带中心的意识。因此,它的南部理所当然地变成了亚热带、热带;而它的北部就成了亚寒带、寒带。譬如,苏联的莫斯科地处针叶林地带,属于亚寒带气候,但不少苏联学者把它划为温带植被区域。因而在我国建国初期,不少苏联学者主张将我国的华北各地划分为亚热带^[38]。但东亚植被从南到北的连续分布格局不能不冲击上述观点。

日本列岛跨约20个纬度,各地降水充沛,植被的水平梯度变化分明且主要受热量条件的制约,因此,日本植被的分布格局在研究地球的生物温度气候带时有着特别重要的意义。根据日本的研究,常绿阔叶林分布在WI为85—180℃月,寒冷指数*(Coldness index, CI)^[14]为大于-10—-15℃月的区域。也就是说,常绿阔叶林北至仙台海岸沿线,南到九州的最南端、种子岛、屋久岛一线。现实的常绿阔叶林在日本最北部的分布可达北纬40.5度左右。因此,若以常绿阔叶林作为亚热带景观的话,日本的亚热带的北界则达北纬40.5度左右。我国WI85℃月的等值线水平达北京的北部,CI-10—-15的值的范围也比现在的常绿阔叶林区域更广。因此,以此来划分我国亚热带的北界,则有着比现在常绿阔叶林更为广阔的潜在区域。这显然与事实不符。在我国,常绿阔叶林的分布除受冬季低温的影响外,主要受干湿条件的制约^[2,10,19]。正是由于这样,在不少苏联学者提出将我国华北各地、东北南部、新疆南部划为亚热带时,竺可桢等我国科学家提出了不同意见,认为亚热带的北界应为秦岭淮河一线。因为那里有常绿阔叶林的分布^[23]。这种观点被我国大多数学者所接受。但是,随着植被资料的积累和植物地理生态学的研究进展,出现这样一个问题:如果华北的南部地区有足够的降水,则常绿阔叶林的分布是有可能的,因为这些地区有满足常绿阔叶林分布的热量条件。那么,亚热带的位置是否须向北移呢?若是这样,温度带是以热量作为标准,还是以降水为标准呢?温度带与干湿气候带绝然不同,温度带的划分必须除去干湿气候的影响。换言之,它的划分必须以降水充沛的地区的植被分布格局为依据。

实际上,就是以现在我国的常绿阔叶林分布区域作为亚热带也是值得重新考虑的。我国夏受副热带高压的控制,冬受西伯利亚寒流的影响,季风气候明显,从而造成我国夏季炎热、冬季寒冷。无霜期在长江流域大都为230—250日;上海、南京、武汉的年霜日数分别为59、65和54日,最大冻土深度达10cm左右。另外,在福州、桂林、贵阳、昆明即北纬25度线前后仍有1—5天的降雪日数,1971年1月赣州一天曾降雪13cm。这一线的年霜日数在10天以上。把这样冬季如此寒冷的地区划为亚热带,不能不引起人们的质疑。夏天炎热可能成为划分这些地区为亚热带的一个理由。但从我国的夏季温度分布图上可以清楚地看到我国的南北温差很小,广州、北京的纬度差约为16.7度,而七月份均温分别为28.3℃和26.0℃,仅差2.3℃,极端最高温度,北京反比广州高,分别为42.6℃和38.7℃。显然,夏季高温是我国大陆性气候的显著特征之一,它不能成为决定温度带的重要依据。

在水分不成为限制条件的情况下,热带亚热带性的植物及植被的分布主要受冬季低温制约。因此人们常常用低温来解释暖性植物的分布^[2,15,40-43]。考虑这一事实,比较欧洲的常绿硬叶阔叶林和东亚常绿阔叶林区域的冬季热量条件将对我们有所启发。典型地中海区域的里斯本(38°43'N, 9°8'W, 95m)、罗马(41°54'N, 12°29'E, 63m)和雅典(37°58'N, 23°43'E, 107)的最冷月(1月)的气温分别为10.3℃、6.9℃和8.9℃,分别与我国福州(10.4℃)、浙江龙泉(6.5℃)以及江西寻乌(8.6℃)相当。如果称这些地区为亚热带区域,人们或许可以接受。按照这样的低温指标来划分亚热带,那么,我国亚热带的位置也将比现在大大南移。

尽管我国多数学者主张常绿阔叶林归属于亚热带,它的北界为秦岭-淮河一线。但Fang^[2]从地理生态学的角度研究了植被分布与气候因子的关系,指出秦岭淮河一线是干湿气候的重要界线,但没有根据作为温度带的分界线。应俊生等^[46]最近从植物区系和植物群落学的角度得出了秦岭淮河一线作为亚热带与温带植物的分界线与事实不符的结论,提出该线作为暖温带与温带植物的分界线更符合实际的主张。这意味着在这以南的地区属于暖温带区域。何景^[36]在50年代就主张东南亚热带雨林的北界与南岭南坡一致。

* 寒冷指数:一种低温积累值,由低于5℃的月平均气温求得。

根据以上分析,我们认为,常绿阔叶林作为暖温带植被景观更为合理。因此,我国湿润地区的生物气候带从北至南依次为寒带苔原、亚寒带针叶林、温带落叶阔叶林、暖温带常绿阔叶林、亚热带和热带雨林季雨林。它们分别对应于温度指标(WI) <15 、 $15-50$ 、 $50-90$ 、 $90-175$ 以及大于 175°C月 。据此,我们就可以划分我国的生物温度气候带。

关于热带与亚热带的界线问题,本文没有作进一步讨论。因为热带在我国境内的面积很小。柯本^[11]、Wissmann^[35]、Trewartha^[129]、么枕生^[34]等定义热带的北界为最冷月均温 18°C 的等温线。Hamet-Ahti等^[32]用年平均生物气温 25°C ,吉良^[37,37,40]用温暖指数 240°C月 作为热带与亚热带的分界线。我国大于这些温度指标的地区仅限于海南的东南部及台湾的南端。因此,若按这些指标划分温度带,则南岭山脉以南的我国大部地区属亚热带区域。

参 考 文 献

- [1] Köppen, W., 1920, Das geographische system der klimate. Gebruder Borntrger, Beilin, 1—50.
- [2] Fang, J.Y., 1988, Climate and distribution of vegetation in China, Doctoral Thesis of Osaka City Univ., 174, Osaka.
- [3] 吉良龙夫, 1946, 农业地理学的基础としての东亚の新气候区分, 1—22, 京都大学农芸学研究室, 京都.
- [4] Holdridge, L.R., 1947, Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science* 105:367—369.
- [5] Thornthwaite, C.W., 1948, An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.* 38:55—94.
- [6] Fang, J.Y. & Yoda, K., 1988, Changes in the altitudinal lapse rate of temperature and distribution of sea level temperature (Climate and vegetation in China, I). *Ecol. Res.* 3:37—51.
- [7] 中国科学院植物研究所, 1982, 《中华人民共和国植被图》, 地图出版社.
- [8] 侯学煜, 1982, 《中国植被地理及优势植物化学成分》, 第418页, 科学出版社.
- [9] 中国植被编辑委员会, 1980, 《中国植被》, 第143—1071页, 科学出版社.
- [10] Fang, J.Y. & Yoda, K., 1990, Water balance and distribution of vegetation in (Climate and vegetation in China, II). *Ecol. Res.* 5:9—23.
- [11] Yim, Y., 1977, Distribution of forest vegetation of climate in the Korea Peninsula (III), Distribution of tree species along thermal gradient. *Jpn. J. Ecol.* 27:177—189.
- [12] 徐文锦, 1983, 东北地区地带性森林树种的分布与水分条件的相互关系, 森林生态系统 3: 73—81.
- [13] 洪必恭等, 1981, 江苏主要常绿阔叶树种的分布与热量关系的初步研究, 生态学报 1(1): 45—53.
- [14] 吉良龙夫, 1948, 湿度指数による垂直的な气候带のわかれについて, 寒地农学 2: 143—173.
- [15] 吉良龙夫, 1971, 生态学からみた自然, 287, 河出文库, 东京.
- [16] 李文华主编, 1985, 《西藏的森林》, 第375页, 科学出版社.
- [17] 山中二男, 1979, 日本の森林植生, 219, 筑地书馆, 东京.
- [18] Callaghan, T.V. & Emanuelsson, U., 1985, Population structure and processes of tundra plants and vegetation. "The population structure of vegetation" (ed. White, J.), 399—439, Dordrecht.
- [19] Walter, H., 1979, Vegetation of the earth and ecological systems of the geo-biosphere (2nd ed.), Springer-Verlag, New York 274.
- [20] Strahler, A.N. & Strahler, A.H., 1978, Modern physical geography. Science Press 500.
- [21] 村田, 1977, 日本の植物区系と植生の植物地理学的考察, 植物地理分类学会誌 28: 65—83.
- [22] 堀田満, 1974, 植物の分布と分化, 400, 三省堂, 东京.
- [23] 田中豊, 脇本和昌, 1983, 多変量統計解析法, 236, 现代数学社, 东京.
- [24] Okitsu & Itô, K., 1984, The relation of forest limit to the WI_{15} in mountains of Hokkaido. *Jpn. J. Ecol.* 34:341—346.
- [25] 竺可桢, 1958, 中国的亚热带, 科学通报, No. 17.
- [26] 中国科学院自然区划工作委员会, 1959, 《中国气候区划》, 科学出版社.
- [27] 全国农业区划委员会, 1984, 中国自然区划概要, 165pp, 科学出版社.
- [28] 中国科学院《中国自然地理》编辑委员会, 1985, 《中国自然地理总论》, 第413页, 科学出版社.
- [29] Trewartha, G.T., 1954, An introduction to climate. McGraw-Hill, 420pp.
- [30] Eyre, S.R., 1963, Vegetation and Soil—A world picture. Edward arnold, London. 324.
- [31] Troll, C., 1966, Seasonal climates of earth, "World maps of climatology" (ed. Landsberg, H.E., Lippmann, H., Paffen, Kh. and Troll, C.), Springer-Verlag, 19—28.

- [32] Hamet-Ahti, L., Ahti, T. & Koppen, T., 1974. A scheme of vegetation zones for Japan and adjacent regions. *Ann. Bot. Fennici* 11: 59—88.
- [33] IUCN, 1973, A working system for classification of world vegetation, IUCN occasional paper 5, 23 pp. Morges.
- [34] 么枕生, 1959, 《气候学原理》, 第281—340页, 科学出版社.
- [35] Wissmann, H.V., 1939, Die klima-und vegetationsgebiete Eurasiens. *Zeitschr. Ges. Erdk. Berlin*, 1—14.
- [36] 何景, 1955, 从福建南靖县和溪镇雨林的发现说到我国东南亚热带雨林区, 厦门大学学报 5(2): 31—41.
- [37] 吉良龙夫, 1988, 亚热带林について. 日本植生志, 冲绳小笠原(宫胁昭编), 119—127, 至文堂, 东京.
- [38] 《竺可桢文集》编辑小组, 1977, 竺可桢的生平与贡献(竺可桢文集), 第5—16页, 科学出版社.
- [39] 周光裕, 1981, 试论中国暖温带落叶林区域的边界, 植物生态学与地植物学丛刊 5(4): 302—307.
- [40] Kira, T., 1977, A climatological interpretation of Japanese vegetation zones, "Vegetation science and environmental protection" (ed. Miyawaki, A. & Tuxen), Maruzen, Tokyn 21—30.
- [41] Sakai, S., 1975, Freezing resistance of evergreen and deciduous broadleaf trees in Japan with special reference to their distributions. *Jpn. J. Ecol.* 25:101—111.
- [42] Woodward, E.I., 1987, Climate and plant distribution. 174, Cambridge Univ. Press.
- [43] ——— & Williams, B.G., 1987, Climate and plant distribution at global and local scales. *Vegetatio* 69, 189—197.
- [44] Hattori, T. & Nakanishi, S., 1985, On the distribution limit of the lucidophyllous forest in the Japanese Archipelago. *Bot. Mag. Tokyo* 98:317—333.
- [45] Ohsawa, M., 1985, Altitudinal zonation of forest vegetation on Mount Kerinci, Sumatra, with comparison to zonation in the temperate region of east Asia. *J. Trop. Ecol.* 1: 193—216.
- [46] 应俊生等, 1990, 秦岭太白山地区的植物区系和植被, 植物分类学报 28(4): 261—293.

ECOCLIMATOLOGICAL ANALYSIS OF THE FOREST ZONES IN CHINA

Fang Jing-Yun

(Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing)

Relationships between distribution of vegetation and thermal climate under a humid climatic condition were studied using Kira's warmth index (*WI*) as an indicator and based on temperature records from 671 meteorological stations and vegetation data. Analysing the relationships between distribution of 15 forest types and *WI*, four borders (Line A, Bands B, C and D) were found among these forest types, and corresponded to the borderlines between arctic (alpine) and subarctic (subalpine) zones, subarctic and cool-temperate zones, cool- and warm-temperate zones and warm-temperate and subtropical/tropical zones, the *WI* values of which were 15, 50—55, 80—90 and 170—180°C month, respectively. Cluster analysis using the *WI* values of upper and lower limits of the distribution range for 73 tree species gave seven species groups. The thermal distribution curves of these species groups showed that the *WI* range was 15—50°C month for subarctic (subalpine) trees, 50—90°C

month for cool-temperate trees, 90—175°C month for warm-temperate trees and over 175°C month for subtropical/tropical trees. The relationships between the distributions of forest limit and subarctic coniferous trees and *WI* were examined in detail. The correspondence between the evergreen broadleaf forest zone and thermal climatic zone were also discussed from a viewpoint of ecoclimatology, and it was considered that the evergreen broadleaf forest was the climax of warm-temperate zone and not that of subtropical zone. In conclusion, the thermal climatic zones in China could be divided by following *WI* values: arctic (alpine) zone, $WI < 15$, subarctic (subalpine) zone, 15—50, cool-temperate zone, 50—90, warm-temperate zone, subtropical/tropical zone, $> 175^\circ\text{C}$ month.

Key words: China, evergreen broadleaf forest, forest type, thermal climatic zone, tree species, warmth index (*WI*).