

无量山种子植物的区系平衡点*

彭 华

(中国科学院昆明植物研究所分类室, 昆明 650204)

摘要 在较为完善的分类学处理后所得的包含 207 科, 1026 属, 2540 种植物的名录基础上, 本文初步报道了地处滇中南的无量山的种子植物区系组成的初步结果, 并在山体各海拔段进行了属的分布区类型每一类分布的详尽统计, 得出了热带和温带两大基本成分在无量山达到平衡(各占 50%) 的海拔点, 称之为区系平衡点。该点从历史角度看可以反映无量山种子植物区系成分随自然历史变迁所发生的演变, 从现实看表明了该地植物区系的过渡性质, 同时, 寓意着我国亚热带地区客观存在着一条区系平衡线, 并且, 该点还是热带成分的一个重要性限制点; 另一方面可以作为植物引种和选择引种驯化锻炼基地的一个参考指标。

关键词 植物地理学意义, 区系平衡点, 种子植物, 无量山

THE FLORISTIC EQUILIBRIUM POINT OF SEED PLANTS IN MT. WULIANGSHAN

PENG Hua

(Herbarium of Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650204)

Abstract Based on the checklist of seed plants (comprising 2540 species in 1026 genera, 207 families) gained after a careful taxonomical treatment of all the materials, the paper has reported the initial results of the composition of the flora of seed plants in Mt. Wuliangshan which is located in the south-central part of Yunnan province, and has made exhaustive statistics of the distributions of all the genera with different areal-types at major height a.s.l. The height a.s.l. at which the two basic floristic elements, the temperate and the tropical, maintain their equilibrium (each has 50% of the total) is called floristic equilibrium point (FEP). From a historical point of view, the point probably reflects the development of the floristic elements of seed plants in Mt. Wuliangshan with the change of natural history; from the other point of view, it maybe indicates the transitional character of this flora and it suggests that there in fact is a floristic equilibrium line in the subtropical areas in China. Moreover, it is an important limit to the tropical elements. On the other hand, it may be regarded as a useful reference index for the introduction of plants and deciding the physically training base for acclimatization.

Key words Phytogeographical significance, Floristic equilibrium point, Seed plants, Mt. Wuliangshan

无量山自然地理特点

地理位置

无量山处于云南中南部,为横断山云岭余脉点苍山南出支脉帚状山系两大分支的西支,与东支山脉哀牢山平行排列,为一对姊妹山。山脉走势西北-东南向。山脉南伸至景东落水洞至黄草岭一带后,峰峦迭起,形成了数座 3000 m 以上的山峰。山体高峻陡峭,巍然壮观。主峰猫头山,海拔 3306 m,与澜沧江河谷相对高差达 2400 m,为云南中南部最高的山峰。

本文主要以狭义无量山为研究对象,即主要位于景东彝族自治县境内的一段,即中段——山脊部分向东至川河(把边江上游),西止于澜沧江边,约当东经 $100^{\circ}25'$ 至 $100^{\circ}53'$,北纬 $24^{\circ}0'$ 至 $24^{\circ}45'$ (图 1)。南北全长约 85 km,东西宽约 33 km,面积约 2800 km²。

地质地貌

无量山地史上是康滇古陆和滇西地槽的衔接地带,早在中生代印支运动和燕山运动后成陆,早于第三纪时期形成高原雏形。新近的研究(李恒, 1994)又表明,该区域系掸邦-马来亚板块楔入欧亚板块的边缘部分。第三纪早始新世或稍晚,印度板块对欧亚大陆的碰撞和俯冲,使后者整体抬升,其接缝线邻近地区受之影响尤甚,巨大的喜马拉雅山脉和青藏高原出现,古地中海消失。同样,无量山地区也受到这一历史事件的深刻影响,第四纪以来高原强烈抬升,河流急剧下切,夷平面被侵蚀,逐渐形成了今日的剥蚀高中山地貌形态。

云南地处亚洲三大自然地理区域(南亚季风热带区域、东亚季风热带区域及青藏高原区域)的结合部位,而无量山又处于这三大自然地理区域的分界线附近。在云南地貌区划中,无量山属横断山系切割山地峡谷区,横断山南端中山峡谷亚区。在云南北高南低阶梯状地势中处于中间梯层,地理位置特殊,条件错综复杂。

表 1 景东、镇沅气候要素表

Table 1 The main climatic elements in the Counties, Jingdong and Zhenyuan

站名	气温(°C)			降雨		蒸发量(mm)	雾日	相对湿度(%)	日照		>10°C 积温
	年平均	极高	极低	年总量(mm)	日数				时数	百分率	
景东	18.3	36.3	-1.0	1095.3	154	175.6	59	77	2142.1	48	6422.4
镇沅	18.5	36.0	-2.1	1209.3	179	173.3	56	77	2040.2	46	—

表 2 背娃娃山临时气候观测结果

Table 2 Results of the temporary observation of the climate in Mt. Beiwawashan

地点	临时观测时间	平均气温(°C)	相对湿度(%)
背娃娃山	4月末	15.2	70
背娃娃山	5月初	16.4	70
景东坝	4月	19.8	59
景东坝	5月	22.0	70

气候水文

无量山属我国西部型季风气候区,主要受印度洋西南季风和西西南支急流季节性交替的影响。具鲜明的南亚季风气候的特点,干湿季明显,四季不分明;兼具低纬高原气候特点,太阳辐射强烈,热量丰富,年温差小,日温差大。两坡水平地带的气候可以景东县城(海拔 1162 m, 1956~1982 年资料)为代表,并参照镇沅县

城(海拔 1247 m, 1972~1982 年资料),属南亚热带气候类型(表 1)。

目前,尚无山体上部的气候资料。云南大学生物系 1959 年在背娃娃山(观测点海拔 1800 m)观测到的一组数据结果,以作参考之用(表 2)。由 4 月末和 5 月初的平均温度与坝区相比,每上升 100 m 温度下降 0.68 °C,相对湿度增加 1.4%。

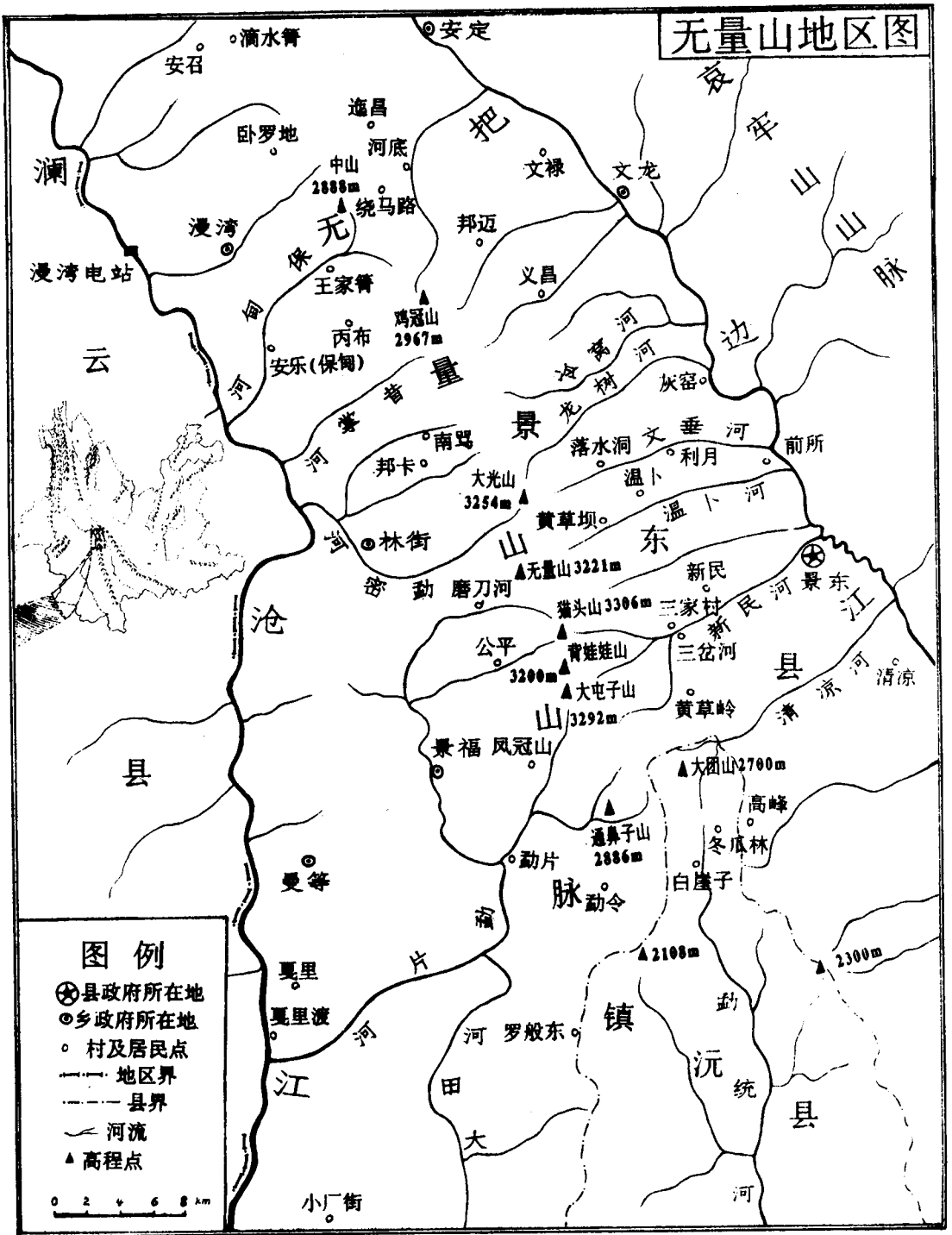


图 1 无量山地区示意图及主要采集点

Fig. 1 The sketch of Mt. Wuliangshan and main localities of specimens

山地与河谷间较大的相对高差致使气候出现明显的垂直分异。东坡海拔 1100~1800 m 为南亚热带气候; 海拔 1800~2200 m 为中亚热带气候至北亚热带气候; 海拔 2200~2900 m 为暖温性气候; 2900~3306 m 为寒温性气候。西坡海拔 1200 m 以下为干热河谷气候; 海拔 1200~1900 m 为南亚热带气候; 海拔 1900~2300 m 为中亚热带至北亚热带气候; 海拔 2300~3000 m 为暖温性气候; 海拔 3000 m 至山顶为寒温性气候。无量山在云南气候区划上处于中亚热带和南亚热带的过渡地带。就东西坡而言, 东坡接近南亚热带气候, 而西坡接近于中亚热带气候, 水平地带的分界在安定附近。

无量山东西两侧有山地型河流 20 余条分别与川河和澜沧江交汇组成羽状水系。河湾中有很多人迹罕至的河谷绝壁, 其中保存了季风常绿阔叶林的不少树种, 使人们得以依稀可辨地认识这类森林存在的痕迹, 也为我们进行区系分析提供了宝贵的依据; 另外这些河湾中较高海拔处存在不少优越的小生境供热带成分生存, 表现出局部范围的岛状分布式样。

土壤概况

无量山土壤的水平分异表现在安定以北为云南松、半湿润常绿阔叶林红壤带; 安定以南为思茅松、季风常绿阔叶林赤红壤带, 呈现交错过渡特征。但 2200 m 以上的湿性常绿阔叶林及其周围、上下山地的土壤主要体现出垂直分异。东坡山麓思茅松及季风常绿阔叶林下为赤红壤, 并杂有紫色土; 山体中部思茅松、云南松及半湿润常绿阔叶林下为红壤, 也间杂有紫色土; 山体中上部中山湿性常绿阔叶林下为黄棕壤, 铁杉林下为棕壤; 山体上部亚高山杜鹃灌丛草甸下为亚高山草甸土。西坡干热河谷稀树灌木草丛下为燥红壤; 以上基本上与东坡别无二致。

植被概况

无量山地理位置特殊, 山体高峻, 绝对及相对海拔都较高, 因而气候、土壤等自然环境条件复杂多样, 该地也相应地出现与各种综合条件相适应的植被类型。

植被的水平分布上, 暖热性的季风常绿阔叶林及与之在分布和演替上密切相关的思茅松(*Pinus kesiya* var. *langbianensis*)林, 从景谷、镇沅一线沿把边江河谷向北楔入, 直达北部的安定附近。滇中高原暖性的半湿润常绿阔叶林和与之同样在分布和演替上紧密联系的云南松(*Pinus yunnanensis*)林, 则沿季风常绿阔叶林和思茅松林的上缘楔入山地中部的垂直带上。

无量山植被的水平地带性变化远没有垂直高度的分异来得显著。由坝区向上随着海拔的升高, 气候、土壤发生明显的分异, 植被也随之呈现出明显的垂直分带。从山脚至山顶各主要植被类型有季风常绿阔叶林(或与之在分布和演替上密切相关的思茅松林), 海拔 1300~1800 (1900) m, 由小果栲(*Castanopsis fleuryi*)、截果石栎(*Lithocarpus truncatus*)、茶梨(*Anneslea fragrans*)等为优势; 半湿润常绿阔叶林(或与之在分布和演替上密切相关的云南松林), 海拔 (1750) 1900~2200 (2500) m, 由元江栲(*Castanopsis orthacanthus*)、银木荷(*Schima argentea*)、黄毛青冈(*Cyclobalanopsis delavayi*)等占优势; 中山湿性常绿阔叶林, 海拔 2200~2750 (2900) m, 其优势种(或标志种)主要有壶斗石栎(*Lithocarpus echinophorus*)、硬斗石栎(*Lithocarpus hancei*)、腾冲栲(*Castanopsis wattii*)、木果石栎(*Lithocarpus xylocarpus*)、薄片青冈(*Cyclobalanopsis lamellosa*)、银木荷、红花木莲(*Manglietia insignis*)等, 形成各种不同的优势组合; 近山顶苔藓矮林, 海拔 (2700) 2800~3000 m, 绵毛杜鹃(*Rhododendron facetum*)、泡泡叶杜鹃(*Rhododendron edgeworthii*)、多脉茵芋(*Skimmia laureola* var. *multinervia*)等为优势; 山顶杜鹃灌丛, 海拔 3000 m 以上, 优势灌木有锈叶杜鹃(*Rhododendron siderophyllum*)、苍山越桔(*Vaccinium delavayi*)、地檀香(*Gaultheria forrestii*)等。特别值得一提的是, 云南常绿阔叶林的 5 大亚类中有 4 类, 即热带性最强的季风常绿阔叶林, 落叶成分和温带成分最多的半湿润常绿阔叶林以及垂直带上最具特征性的中山湿性常绿阔叶林和山顶苔藓矮林在此依次由低到高出现, 表现出明显的垂直带谱。但因为受局部地形条件的限制及人类活动的影响, 而使植被分布出现参差错落的景象, 但总的植被的垂直分布还是可以如上加以概括的, 属我国西部半湿润亚热带南部的山地垂直带谱类型。

无量山种子植物区系的组成及特点

植物科、属、种的区系统计概况

迄今为止, 景东无量山计有种子植物 207 科, 1024 属, 2534 种(不包括极其丰富的种下等级, 表 5), 占同类植物全国总科数的 61.42%, 总属数的 32.08%, 总种数的 9.36%; 云南总科数的 86.25%, 总属数的 51.71%, 总种数的 19.42%。其中裸子植物 6 科, 10 属, 16 种, 占该类植物全国总科数的 60.00%, 总属数的 24.39% 及总种数的 8.29%; 云南总科数的 60.00%, 总属数的 32.26%, 总种数的 20.78%。被子植物 201 科, 1016 属, 2524 种, 占此类植物全国总科数的 61.47%, 总属数的 32.18% 及总种数的 10.36%; 云南总科数的 87.39%, 总属数的 52.02%, 总种数的 19.42%^①。由此可见, 本地区是云南高原种类较为丰富的地区。

表 3 无量山种子植物科、属、种统计及与全国和云南的比较

Table 3 A comparison of numbers of families, genera and species of seed plants in Mt. Wuliangshan with Yunnan and whole China

	科 数			属 数			种 数			无量山科、属、种占(%)					
	全国	云南	无量山	全国	云南	无量山	全国	云南	无量山	全国	云南	全国	云南	全国	云南
										科		属		种	
裸子植物	10	10	6	41	31	10	193	77	16	60.00	60.00	24.39	32.26	8.29	20.78
被子植物	327	230	201	3157	1953	1016	24357	13000	2524	61.47	87.39	32.18	52.02	10.36	19.42
合 计	337	240	207	3198	1984	1026	27150	13077	2540	61.42	86.25	32.08	51.71	9.36	19.42

表 4 无量山种子植物较大科的大小顺序排列

Table 4 Ranking of the larger families of seed plants in Mt. Wuliangshan based on numbers of species

> 100 种的科(3 科)	
禾本科 Gramineae (71 : 150)*;	菊科 Compositae (68 : 149); 蝶形花科 Papilionaceae (54 : 135)
50~99 种的科(6 科)	
兰 科 Orchidaceae (46 : 98);	蔷薇科 Rosaceae (29 : 79); 唇形科 Labiatae (39 : 78);
茜草科 Rubiaceae (26 : 58);	大戟科 Euphorbiaceae (27 : 57); 玄参科 Scrophulariaceae (20 : 53)
40~49 种的科(6 科)	
百合科 Liliaceae (18 : 49);	荨麻科 Urticaceae (16 : 49); 壳斗科 Fagaceae (5 : 46);
樟 科 Lauraceae (12 : 44);	桑 科 Moraceae (6 : 42); 杜鹃花科 Ericaceae (6 : 40)
30~39 种的科(8 科)	
苦苣苔科 Gesneriaceae (18 : 38);	五加科 Araliaceae (13 : 34); 山茶科 Theaceae (8 : 34);
莎草科 Cyperaceae (10 : 33);	毛茛科 Ranunculac (9 : 32); 爵床科 Acanthaceae (21 : 31);
萝藦科 Asclepiadaceae (14 : 31);	报春花科 Primulaceae (3 : 31)

* 表示属数:种数

无量山种子植物区系科、属特点

科的初步统计及分析 在本区种子植物科一级的组成中, 含 40 种以上的大科和较大科的顺序依次为禾本科(150 种)、菊科(149 种)、蝶形花科(135 种)、兰科(98 种)、蔷薇科(78 种)、唇形科(78 种)、茜草科(58 种)、大戟科(57 种)、玄参科(53 种)、百合科(49 种)、荨麻科(49 种)、壳斗科(46 种)、樟科(44 种)、桑科(42 种)及杜鹃花科(40 种)。前 4 科为世界种子植物中少数几个含有万种以上的特大科, 在我国也是少数

①我国种子植物科、属最新数据来自吴征镒(内部资料, 1994-10-24)

几个含有千种以上的特大科;另外的系我国含有 100~1000 种的大科。这些特大科和大科在无量山也获得了相应的发展,成为该地植物区系组成中的重要成员。在此出现较多的科(30 种以上)还有苦苣苔科(38 种)、五加科(34 种)、山茶科(34 种)、莎草科(33 种)、毛茛科(32 种)、爵床科(31 种)、萝藦科(31 种)、报春花科(31 种)等(表 6),也是我国的大科,也得到了较大的发展。以上 23 个特大科和大科仅占景东无量山总科数的 11.11%,但它们所含的属数和种数则达到本地区总属数的 57.84%,总种数的 55.92%。从这些科的世界分布来看,既有主要分布于温带和地中海区域的,也有主要分布于热带区域的,从而反映出无量山种子植物区系成分的丰富。

属的初步统计及分析 根据导师吴征镒院士多年对中国植物区系的研究成果和他的《中国种子植物属的分布区类型》(1991),现将无量山种子植物 1026 属进行分布区类型及其相应变型的划分,其结果如表 5。从属的分布区类型来看,各类热带成分(2~7 项)为 614 属,占本区总属数的 64.22%(不包括世界属和较为确认的栽培或逸野属,下同),居主导地位;而各类温带成分(8~14 项)为 315 属,占本区总属数的 32.95%;其中的古地中海和泛地中海成分仅有 3 属,占本区总属数的 0.31%,微乎其微;中国特有类型 27 属,占本区总属数 2.82%。以上各项数字及百分比显示了无量山与世界各地区的区系联系程度,而大类的划分及统计则从一个方面表明了无量山种子植物区系的基本性质,即较明显的热带性;同时又含有比较丰富的温带成分。这两大类基本成分十分接近云南植物区系的总体水平[热带成分 61.89%,温带成分 32.19%,(李锡文, 1985)]。只是热带成分高出 2 个百分点还多,这是易于理解的。无量山地处滇中南,主峰猫头山距北回归线仅约 0.87°,文玉一带之澜沧江河谷距约 0.38°,澜沧江河谷通道如同热带楔入亚热带的触角,大量的热带成分溯江而上,在此与温带成分交汇。其与热带区域的联系自然就比云南整体的平均水平为高。温带成分也略高,这也不难理解,与滇西北横断山一脉相通的无量山,其与温带的区系交流也是十分自然的。相反与古地中海区域的联系表现得更微弱,中亚分布类型为零。而中国特有的相对百分率也较低(云南 4.39%),这一方面因为表现面积有限,同时又毗邻东南亚三国,另一方面肯定还有其相应十分深刻的历史地理原因。

无量山种子植物区系平衡点

区系平衡点的求法

如果就以上热带和温带两大基本成分在无量山的垂直分布进行相应的定量研究,我们会发现一些有趣的现象。以属作为区系性质研究分析的重点对象,较之于科和种的分析优点已有较多论述(王荷生, 1992;吴征镒等, 1983;沙菲尔, 1958)。而较之于种,对于地处亚热带的无量山来说,由于很多种既分布于热带也分布于温带(含亚热带)范围内或跨在热带和温带的分界线上,很难说清其是热带种或是温带种,因此处理起来十分困难;而属不存在这种问题,即使某属同时分布于热带和温带或跨于两者之间,但其有一个分布重心(种数多寡的倾斜)以及分布上质(原始类群分布于一侧)的问题,其热带性和温带性就相对易于确定。因此,经过审慎考虑,本文仍然选择属作为这一动态研究的对象。此处,以无量山主要海拔点中热带与温带成分的相对百分比之和定为 100%,即:

$$\text{热带成分百分比} + \text{温带成分百分比} = 100\%$$

统计基本上立足于无量山丰富的标本资料,以及在此基础上建立的每一个种的详尽记录卡片。每一属的分布上、下限通过其属下分子出现的最低海拔和最高海拔的取值确定,同时,这段高程差可视为其分布的垂直范围。如猴耳环属(*Abrema*)有猴耳环(*A. clypearia*)一种出现于此,其分布的最低海拔为 1030 m 的漫湾沟箐中(彭华,白波 1986),最高海拔为 2100 m 的温卜(邱炳云 52584),则 1030~2100 m 为该属在此的分布范围。为了便于统计,也减少相应的统计量,以海拔点百位整数位为取值点。针对每一个分子

表 5 无量山种子植物属的分布区类型

Table 5 Distribution patterns of genera of seed plants in Mt. Wuliangshan

分布区类型	属 数	占总属数%
1. 世界分布	59	
2. 泛热带分布	181	18.93
2-1. 热亚、大洋洲和南美(或墨西哥)间断	8	0.84
2-2. 热亚、非和南美间断	12	1.26
3. 热亚和热美间断	24	2.51
4. 旧世界热带分布	74	7.74
4-1. 热亚、非和大洋洲间断	11	1.15
5. 热亚和热带大洋洲	48	5.02
5-1. 中国(西南)亚热带和新西兰间断	1	0.10
6. 热亚和热非分布	67	7.01
6-1. 华南、西南到印度和热非间断	2	0.21
6-2. 热亚和东非间断	3	0.31
7. 热亚分布	131	13.70
7-1. 爪哇、喜马拉雅和华南、西南间断或星散	17	1.78
7-2. 热带印度至华南	17	1.78
7-3. 緬、泰至华西南	7	0.73
7-4. 越南(或中南半岛)至华南(或西南)	11	1.15
8. 北温带分布	97	10.15
8-4. 北温带和南温带间断	23	2.41
8-5. 欧亚和南美温带间断	2	0.21
8-6. 地中海区、东亚、新西兰和墨西哥-智利间断	1	0.10
9. 东亚和北美间断	41	4.30
10. 旧世界温带分布	22	2.30
10-1. 地中海区、西亚和东亚间断	6	0.63
10-2. 地中海区和喜马拉雅间断	4	0.42
10-3. 欧亚和南非(有时大洋洲)间断	3	0.31
11. 温带亚洲分布	6	0.63
12. 地中海区、西亚到中亚分布	1	0.10
12-3. 地中海区到温带-热亚、大洋洲、南美间断	2	0.21
14. 东亚分布	43	4.50
14-1. 中国-喜马拉雅	58	6.07
14-2. 中国-日本	6	0.63
15. 中国特有分布	27	2.82
16. 逸野或栽培	11	
合 计 Total	1026	100.00

的具体分布(不少为非整百位数),则原则上采取四舍六入的方法,而对于5(多为一个分子单独布点的情况)则作为中值取其上、下整百位数海拔以作平均,同时,每进行各项处理均要考虑该种的整体分布格局。如土牛膝属(*Achryanthes*)有土牛膝(*A. aspera*)分布于此,有海拔1230 m的北屯(彭华1709)和2050 m的安召(彭华1556)两份记录,即分布于1230~2050 m之间,取值则为1200~2100 m。又如短穗铁苋(*Acalypha brachystachya*)分布于东坡海拔1450 m的三家村(李鸣岗0553),其可作为该属的代表(铁苋菜(*Acalypha australis*)在此有记录,但未见标本),取1400~1500 m作为该属在无量山的垂直分布范围。如以所有以A字母为首的第二分布区类型中的14个属和第八分布区类型的14个属的垂直分布为

例,经取值处理后,即得表6。

通过统计得表7,可看出各主要海拔点段两大成分的具体属数及相应百分比。属的这两大区系成分在无量山随海拔的增高发生着较显著的变化,热带性质的属占热、温带属总数的百分比逐步减少,而温带属的相应比率却递增,此消彼长。此处需要说明的是,目前尚无最高峰猫头山的标本记录,我们两次在西坡最佳登顶点公平一带采集时,均因大雨加之山体陡峭而未能如愿。如果我们把这些数据表现在座标上,把各点用线段连结,就可得到图2的一条变化曲线,它较直观地表明了这两大成分在整个消长过程。在海拔2400 m稍上处,两大区系成分基本相等,即各自分别占50%。我们称该海拔点为区系平衡点(Floristic Equilibrium Point = FEP)。

区系平衡点的意义

对植物区系的指示意义 理论上讲,这个点也是个动态平衡点,由于自然历史条件,特别是以气温为主导因素的气候条件的历史性变迁,该点也会相应地变化。它的升降可以指示植物区系成分的历史性变化。

表6 无量山种子植物属的垂直分布一部分

Table 6 A part of vertical distributions of all the genera of seed plants in Mt. Wuliangshan

属名	无量山/中国/世界(种数)	分布区类型及科名(科号)	分布海拔段(或点)(m)
.....			
Abarema	1/6/50	2----Mimosaceae(147)	1000~2100
Abrus	1/4/12	2----Papilionaceae(148)	1100
Abutilon	2/9/150	2----Malvaceae(132)	1400
Acacia	4/18+/750(-900)	2----Mimosaceae(147)	900~1900
Acalypha	2/16/450	2----Euphorbiaceae(136)	1400~1500
Achyranthes	1/3~4/15	2----Amaranthaceae(63)	1200~2100
Adenostemma	1/2/6	2----Compositae(238)	1600~2100
Aeschynomene	1/1/250	2----Papilionaceae(148)	1100
Alchornea	1/6/70	2----Euphorbiaceae(136)	900~1600
Alteranthera	1/2/200±	2----Amaranthaceae(63)	1100~1700
Ardisia	7/69/400	2----Myrsinaceae(223)	1100~2400
Aristolochia	2/68/350±	2----Aristolochiaceae(24)	1800~2400
Arundinella	6/14/50	2----Gramineae(332)	1000~1900
Arundo	1/2/12±	2----Gramineae(332)	1300
.....			
Acer	10/150/200	8----Aceraceae(200)	1600~2900
Aconitum	5/165/300	8----Ranunculaceae(15)	2100~3100
Agrimonia	2/4/10	8----Rosaceae(143)	1200~1800
Alisma	1/3/10	8----Alismataceae(267)	1000
Allium	1/110/450~500	8----Alliaceae(306a)	2700
Alnus	1/7~8/40+	8----Betulaceae(161)	1800~2400
Anaphalis	3/50±/80±	8----Compositae(238)	1900~3100
Androsace	1/60±/100±	8----Primulaceae(240)	1700
Anthoxanthum	1/3/144	8----Gramineae(332)	2200~2500
Arabis	1/21/100+(-120)	8----Cruciferae(39)	2700
Arisaema	8/83/150	8----Araceae(302)	1400~3200
Artemisia	10/170+/350±	8----Compositae(238)	1300~2400
Aster	7/130/500	8----Compositae(238)	1400~2900
Avena	1/7~8/25~70	8----Gramineae(332)	2200

在晚白垩纪-老第三纪,包括无量山在内的云南属于古地中海低山阔叶林区,为几乎不具赤杨属(*Alnus*)、桦属(*Betula*)等落叶树种的常绿阔叶林,到新第三纪演变到混入一定的落叶树种(陶君容等,1992)。这反映了这样一个自然历史事实:老第三纪时,无量山的这些邻近区域所处纬度带可能比今日低,

印度洋环流依然产生影响,因此气温较高,环境湿润;到了第三纪中期(渐新世),气候依然温暖湿润,但较之前期气温有所下降。古气候和古生物学研究证实:在晚白垩纪时,我国主要位于热带和亚热带地区,约当 $5^{\circ} \sim 40^{\circ} \text{N}$ 的位置,我国最北部亦是暖温带气候,由于太平洋板块向西北运动和印度陆块向欧亚板块的靠近,从晚白垩纪至第四纪,使我国向北移动了大约 $10^{\circ} \sim 13^{\circ}$ 。因为地理位置的北移及西部的抬升活动,一系列大山系在西部地区升起,气候由暖逐渐变得较凉(Hsu, 1983)。这一时期的区系平衡点肯定也是相应地从较高渐次下降,进入第四纪后会进一步降落,并随着冰期和间冰期的交替变化而相应地升降。这一推论可能会从今后相关而详尽的古植物学研究资料的两大成分的相对比例中找到证据。

表 7 无量山各主要海拔点段热带、温带属统计

Table 7 The statistics of tropical / temperate genera at main elevation points

海拔高度(m)	热带属数	占热、温带属总数(%)	温带属数	占热、温带属总数(%)
900	55	87.30	8	12.70
1000	145	86.87	22	13.17
1100	245	85.96	40	14.04
1200	276	84.66	50	15.34
1300	288	82.76	60	17.24
1400	347	80.89	82	19.11
1500	340	77.27	100	22.73
1600	351	71.93	137	28.07
1700	349	69.11	156	30.89
1800	342	67.32	166	32.68
1900	331	64.77	180	35.23
2000	325	62.26	197	37.74
2100	316	61.60	197	38.40
2200	283	58.47	201	41.53
2300	194	52.86	173	47.14
2400	174	50.73	169	49.27
2500	105	41.18	150	58.82
2600	73	37.44	122	62.56
2700	59	35.12	109	64.88
2800	45	31.25	99	68.75
2900	31	27.93	80	72.07
3000	15	19.23	63	80.77
3100	13	19.11	55	80.88
3200	3	9.68	28	90.32

虽然,区系平衡点的动态变化在现时是难以察觉的,但它毕竟能表明亚热带山地两大区系成分达到平衡的相应海拔高度。在无量山,区系平衡点超过水平基带海拔与山顶间中段(2100 m)300 m左右,也表现出该地植物区系具有较强的热带性质,但温带属比率占优势的海拔段也有较大比例,因而,表现出明显的区系过渡性质。

这样的区系平衡点在整个亚热带山地,或一定纬向跨度的平原区域(纵座标则相应为纬度变化)均存在,如果在我国一定区域(特别热、温带属较为等量齐观的亚热带)的具体植物区系的研究中,均认真地细致地求取这样的平衡点,无疑可找到一些规律性的结论来。

可以这样说,如把海拔高度变化与相应的纬度变化进行换算(可能存在复杂的换算参数),众多具体区系研究后会得到大范围的区系平衡线,亦即两大区系基本成分达到平衡的线性走势,这样的线性走势无疑与纬度方向大致平行,并且与热带和温带的分界不相吻合。从无量山的具体情况似乎可推知,这样的线性走势可能是在热带属达到最大数目之后,逐渐递减过程中而与温带属达到平衡的。而且,在整个亚热带

南部范围内基本上是热带成分占优势。这一点从如下研究可知，如桂西北天峨植物区系中两大成分为 518/204 (热带属/温带属，下同，转引自李良千等，1993)，广西北部九万山为 481/275 (李良千等，1993)，广东鼎湖山为 352/96^①，湘东桃源洞为 306/251 (刘克旺等，1991)，闽西北武夷山为

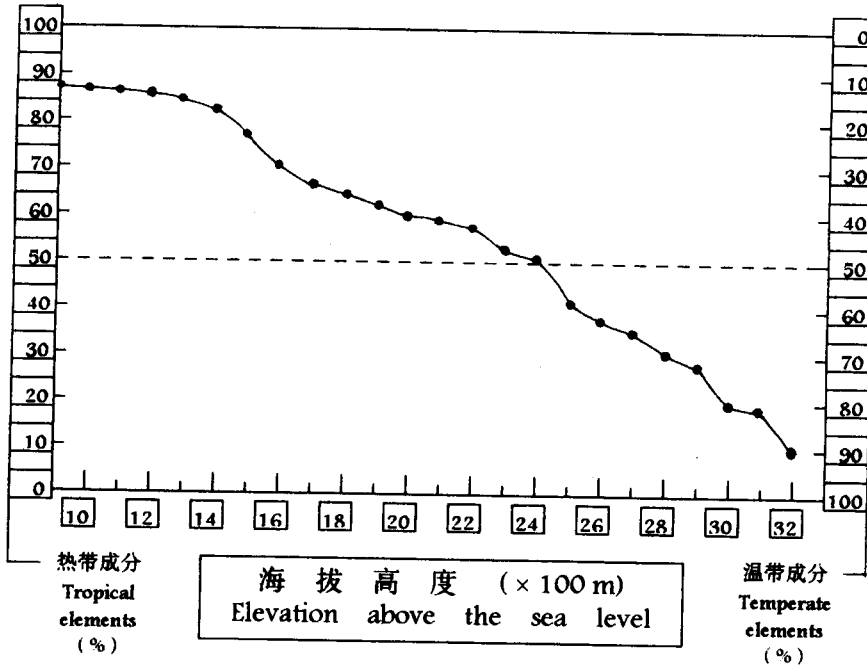


图2 无量山种子植物两大基本成分百分比随海拔高度的变化

Fig. 2 The change of percentages of two basic elements of seed plants in Mt. Wuliangshan with corresponding change of elevation

表8 海拔1600~2900 m 热带属下降比率

Table 8 The decrease in percentages of the tropical genera at 1600~2900 m a.s.l. in this flora

海拔段 × 100 (m)	16~17	17~18	18~19	19~20	20~21	21~22	22~23	23~24	24~25	25~26	26~27	27~28	28~29
下降百 分比 (%)	0.57	2.00	3.22	1.81	2.77	10.44	31.80	10.36	39.31	30.48	19.18	23.73	31.11

329/298 (林有润等，1981)，福建中西部龙栖山为 263/212 (李良千等，1994)。而中亚热带至少水平基带亦然，如滇中武定狮山为 222/250 (郭勤峰，1988)，川南金佛山为 326/373 (转引自李良千等，1993)，黔东南梵净山为 268/289 (Ying 等，1991)，湘西北佯母溪为 155/172 (刘念等，1994)，浙江金华北山为 191/249 (郭永良等，1993)。更偏北的亚热带地区则难以预见，如湖北神农架为 226/459 (郑重，1993)，湖北河南交界处的鸡公山为 158/310 (叶永忠等，1992)，如此悬殊的比例，可能较难出现两大成分的平衡。因此，这样一条平衡线很可能存在于亚热带中、南部地区。至于更具规律性的结论，还有待在更大范围内做更多的具体区系研究工作方可知其一二。本工作可视为在这方面仅仅做了个探索，

①华南植物所内部资料，1976

首次在具体区系研究中针对热带和温带两大基本成分进行了初步的动态研究。自吴征镒教授的分布区类型刊出后,我国具体植物区系研究成果更多地得以刊出,方兴未艾。随着“中国种子植物研究”信息数据库逐步得以开发利用,这方面的成就可能会更加层出不穷,这样的区系平衡线性走势必将越来越清晰。

热带属分布的规律性限制点 在无量山,从热、温带两大成分看,热带属向上突破平衡点的平均比率(27.26%)远远低于温带属向下突破平衡点的比率(95.05%);向上分布抵达该平衡点并止于此的热带属占整个突破该点的热带属总数的 40.00%,而向下突破该点并止于此的温带属仅有 6 属,占整个突破属的 2.08%。这些分布达到平衡点并止于此的属可视为平衡点的临界属,因为它们最易受气候条件的影响而越过平衡点,使平衡打破,并在新的地段建立起新的平衡。以上比率的悬殊,除无量山处于广义的温带范围(亚热带)因素之外,可能也表明温带属向南拓展分布的总体水平强于热带属向北拓展分布的能力。这也符合植物地理的基本规律。因为,从引种的理论和实践上也可知,南种北移是影响到能否成活的问题,而北种南移就相应不那么严重,仅仅是品质受到影响的问题,而温度是起作用的主导因素。

表 9 突破平衡点热带属在高于平衡点的主要海拔点中的分布区类型及比率

Table 9 the distribution patterns and percentages of tropical genera going up thorough the FEP at major elevation points above the FEP

海拔点(m)	分布区类型							占本分布区类型的比率(%)							占该海拔点所有热带突破属的比率(%)						
	2	3	4	5	6	7	2	3	4	5	6	7	2	3	4	5	6	7			
2400	57	8	18	15	17	58	28.36	33.33	21.18	30.61	23.61	31.69	32.95	4.62	10.40	8.67	9.83	33.53			
2500	30	6	12	9	11	37	14.93	25.08	14.12	18.37	15.28	20.22	28.57	5.71	11.43	8.57	10.40	35.23			
2600	19	5	10	6	9	25	9.45	20.83	11.76	12.24	12.50	13.66	26.03	6.85	13.69	8.22	12.33	34.25			
2700	17	3	7	3	8	21	8.46	12.50	8.24	6.12	11.11	11.48	28.81	5.08	11.86	5.08	13.56	35.59			
2800	12	3	6	3	5	16	5.97	12.50	7.06	6.12	6.94	8.74	26.67	6.67	13.33	6.67	11.11	35.56			
2900	6	3	4	2	3	13	3.00	12.50	4.71	4.08	4.17	7.10	19.35	9.68	12.90	6.45	9.68	41.94			
3000	4	3	1	0	1	6	1.99	12.50	1.18	0.00	1.39	3.28	26.67	20.00	6.67	0.00	6.67	40.00			
3100	2	3	1	0	1	6	0.00	12.50	1.18	0.00	1.39	3.28	15.38	23.08	7.67	0.00	7.69	40.00			
3200	0	2	0	0	1	0	0.00	8.33	0.00	0.00	1.39	0.00	0.00	66.66	0.00	0.00	33.33	0.00			

表 10 高于区系平衡点各类热带属下降百分比

Table 10 The decreases in percentages of every kind of tropical genera in all the elevation sections above the FEP

海拔段(m)	各热带分布类型下降百分比(%)						
	2	3	4	5	6	7	
2400~2500	47.37	25.00	33.33	66.67	35.29	36.21	
2500~2600	40.00	16.67	16.67	33.33	18.18	32.43	
2600~2700	5.56	40.00	30.00	50.00	11.11	16.00	
2700~2800	29.41	0.00	14.29	0.00	37.50	23.81	
2800~2900	50.00	0.00	33.33	33.33	40.00	18.75	
2900~3000	33.33	0.00	75.00	100.00	66.67	53.85	
3000~3100	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
3100~3200	100.00	33.33	100.00	0.00	0.00	100.00	

另外,热带属在 1600 m 季风常绿阔叶林地段于总量上达到最大后(理论上讲,其下热带属似应更多,这不符,可能与河谷底部有限的表现面积和采集频度有关),随海拔增高逐步下降,至中山湿性常绿阔叶林极端上限(2900 m)它们下降的百分比示如表 8。从表中可知,总的趋势是下降百分比逐步增大(1900~2000 及 2000~2100 m 两段比前有所回落),而在平衡点上下一定范围内,出现几个较大的下降峰值。在进入中山湿性常绿阔叶林后的 2200 m 处,出现一个大的陡降,而于 2400~2500 m 段,亦即区系

平衡点存在处,则达到下降的最大值 39.31。所以,区系平衡点(或区系平衡线)似乎也可视为热带属向上(北)分布的规律性限制点(线)。突破 2400 m 平衡点的热带属中,以泛热带和热带亚洲属所占比例最大,尽管在近山顶处相对比例下降。如果就占各自分布区类型的比率看,各种热带成分突破该平衡点的比率是较为接近的(介乎于 21.18%~33.33%之间)。而过了平衡点,其下降的比率不尽相同。刚过平衡点,每个类型下降的比率都较高(25.00%~47.30%),可见,该点对各种热带分布类型都有较大的限制。每个分布区类型在不同的海拔段又有各自不同的下降频率(表 10),其中较为显著的是过了中山湿性常绿阔叶林极端上限的 2900 m 后,泛热带属下降了 33.33%,以及旧热带属的 75.00%,热亚-热澳的 100%,热亚-热非的 66.67%和热带亚洲的 53.85%下降幅度。

而上了 3000 m 的属几乎所剩无几,一共有 15 个属。他们是:泛热带分布类型的卫矛属(*Euonymus*, 达 3100 m),冬青属(*Ilex*, 3000 m),榕属(*Ficus*, 3000 m),拔葵属(*Smilax*, 3100 m),前面 3 属为可达我国温带地区的泛热带较大属,后一个较偏南,分布于长江以南;热亚-热美的柃属(*Eurya*, 3100 m),山柳属(*Clethra*, 3200 m)和白珠属(*Gaultheria*, 3200 m),除柃属可达我国陕、豫、鲁外,后两属限于长江流域及其以南地区;旧热带的楼梯草属(*Elatostema*, 3100 m),也是可达温带之类群;热亚-热非的常春藤属(*Hedera*, 3200 m),系分布达陕、甘者;热带亚洲属有树萝卜属(*Agapetes*, 3100 m),寄生藤属(*Dendrotrophe*, 3100 m),肉穗草属(*Sarcopyramis*, 3100 m),木荷属(*Schima*, 3100 m),来江藤属(*Brandisia*, 3100 m)及竹根七属(*Disporopsis*, 3100 m),这些属从纬度上说,均处于长江流域以南,没有前几种类型,尤其是泛热带属分布偏北,然而却在 3000 m 以上的高海拔处有较大的比例(40%),说明地处亚热带毗邻东南亚的无量山具有接纳较大比例热带亚洲属的特点。

南来植物引种及抗性锻炼基地选择的参考指标 如前所述,温度是限制植物分布的主导因素,理所当然也会影响植物的引种。在引进植物,特别是南部区域的植物时,必须遵循气候相似性原则,引种地以温度为主导的气候条件特点应得到充分的重视,这样引种才有成功的可能性。很多热带成分逾越区系平衡点是难以成活的,此点是引进热带成分的一个重要参考值,特别是对一些狭域临界属的种系。

同时应看到,温度虽然能限制和影响植物的分布及引种,但这只是相对的,因为所有生物既有遗传性保守的一面,又有变异性可塑的一面。当植物在生态允许范围内被引种到一个新的地区后,外界生态因子能逐渐动摇其保守的遗传性,逐步提高其后代对新环境的适应能力。要把这两者很好地协调起来,成功地引种植物,选择好适宜植物抗性锻炼的地点是较为重要的一环。区系平衡点附近应得到较多的关注。这一区域表现出对一些具有严格区系地理意义的热带性或温带性属种的兼容。如以热带属为例,很多植物在无量山的区系平衡点上下一定范围里成为该种系在云南分布的水平或垂直极限的例证。如单羽火筒树(*Leea crispa*),以无量山为云南境内的最北分布点,主要在东坡灰窑(李鸣岗 2394, 2400 m)、董家坟、县城南有记录,以《云南种子植物名录》中的极端上限(云南一般分布范围为 480~1500 m)见于此。实果沟瓣花(*Glyptopetalum sclerocarpum*)新记录于此(彭华 1618),它分布于云南南部,一般海拔为 900~1200 m,在无量山则分布于临近平衡点的滴水箐 2350 m 的中山湿性常绿阔叶林中。两者均系所在属目前在云南的最北记录;在平衡点附近也可找到不少温带分子以此为分布下限。无疑,无量山地区是南北植物移动的关键区域。因此,无量山区系平衡点以下的适宜地段可选择作为对热带成分的一些较偏北分子引种和驯化的较理想基地。

结 论

无量山种子植物区系种类丰富,1026 属中的区系两大基本成分——热带成分和温带成分于海拔 2400 m 处达到平衡(各占 50%)。该海拔点是为区系平衡点。

这是一个动态平衡点,它可以反映植物区系成分随自然历史变迁所发生的相应升降变化。在无量山尽管热带属占据相当的优势,但温带属在平衡点之上相当范围内占有主导地位,因此,区系平衡点从数量上

较客观地表明了无量山种子植物区系一定的过渡性质。

无量山种子植物区系平衡点的存在, 标志着我国热带属和温带属较为等量齐观的中、南亚热带地区有一条区系平衡线的客观可能性, 并为一系列具体区系研究成果所初步证实。

无量山区系平衡点附近, 热带成分疾降, 其中, 平衡点处有最大的下降值。这说明区系平衡点还是热带成分的一个较重要的规律性限制点, 区系平衡点在植物引种驯化方面, 可作为部分热带成分引种的限制性参考点。同时, 该点附近具有对热、温带成分较大的兼容性, 因此可选作引种抗性锻炼的较理想基地。

致谢 承蒙恩师吴征镒院士悉心指导, 并得到本室多位教授的教诲和孙航、周浙昆、李德铎、雷立公诸位博士的帮助, 白波先生协助第一次上无量山进行野外工作。

参 考 文 献

- 王荷生, 1992. 植物区系地理学. 北京: 科学出版社, 1~118
- 云南大学生物系, 1960. 景东无量山自然保护区植被调查. 云南大学学报(自然科学版), (1): 97~154
- 云南省林业调查规划院, 1989. 云南自然保护区. 北京: 中国林业出版社, 145~153
- 刘克旺, 侯碧清, 1991. 湖南桃源洞自然保护区植物区系初步研究. 武汉植物学研究, 9(1): 53~61
- 刘念, 叶华谷, 张桂才, 1994. 湖南省佘母溪植物区系的基本特点及与邻近地区的关系. 武汉植物学研究, 12(1): 25~35
- 叶永忠, 王遂义, 李培学, 1992. 豫南鸡公山自然保护区种子植物区系的研究. 武汉植物学研究, 10(1): 25~34
- 吴征镒, 1991. 中国种子植物属的分布区类型. 云南植物研究, 增刊 IV: 1~139
- 吴征镒主编, 1984. 云南种子植物名录(上册). 昆明: 云南人民出版社, 1~1070, 附《云南省植物分区图》.
- 吴征镒主编, 1984. 云南种子植物名录(下册). 昆明: 云南人民出版社, 1071~2259
- 吴征镒, 王荷生, 1983. 中国自然地理——植物地理(上册). 北京: 科学出版社, 29~103
- 李恒, 1994. 独龙江地区植物区系的性质和特征. 云南植物研究, 增刊 VI: 1~100
- 李良千, 陈岩, 章新华, 1994. 种子植物区系. 见: 李振宇(主编), 1994. 龙栖山植物. 北京: 中国科学技术出版社, 46~78
- 李良千, 覃海宁, 1993. 种子植物区系. 见: 李振宇, 邱小敏(主编), 1993. 广西九万山植物资源考察报告. 北京: 中国林业出版社, 28~52
- 李锡文, 1985. 云南植物区系. 云南植物研究, 7(4): 361~382
- 林有润, 王学才, 张桂才, 1981. 武夷山自然保护区种子植物区系的初步研究. 武夷科学, 1: 57~82
- 郑重, 1993. 神农架维管植物区系初步研究. 武汉植物学研究, 11(2): 137~148
- 莎菲尔, W.(傅子桢译), 1956. 普通植物地理学原理. 北京: 高等教育出版社,
- 陶君容, 1992. 中国第三纪植被和植物区系历史及分区. 植物分类学报, 30(1): 25~43
- 郭水良, 刘鸣, 1993. 浙江金华北山植物区系地理的研究. 武汉植物学研究, 11(4): 307~314
- 郭勤峰, 1988. 滇中武定狮子山植物区系地理的初步研究. 云南植物研究, 10(2): 183~200
- Hsu Ren, 1983. Late Cretaceous and Cenozoic Vegetation in China Emphasizing Their Connection with North America. Amsterdam: Elsevier Publishing Company.
- Li X W, Walker D, 1986. The plant geography of Yunnan Province, southwest China. *Journal of Biogeography*, 13: 367~397
- Ying T S, Bufford D E, Tu Y L, 1993. Phytogeographical relationships of the genera of Angiosperms in the Fanjing shan mountain range, northeastern Guizhou, China. *Ann Missouri Bot Gard*, 78: 338~358