

神农架南坡植物群落多样性的海拔梯度格局

沈泽昊 胡会峰 周宇 方精云

(北京大学环境学院生态学系, 北京大学生态学研究与教育中心, 北京大学地表过程分析与模拟教育部重点实验室, 北京 100871)

摘要: 神农架南坡在我国植被区划中具有十分重要的意义。在神农架南坡沿海拔梯度设置 50 个样方进行植物物种多样性调查, 通过对样方的数量分类和 DCA 排序, 结合物种丰富度、区系分化强度、区系成分和生活型构成等方面的分析, 研究神农架南坡植物物种多样性的垂直格局。结果表明: (1) 神农架南坡的植被垂直带谱为: 海拔 900-1000 m 以下为常绿阔叶林; 1000-1700 m 为常绿落叶阔叶混交林; 1600-2100 m 为落叶阔叶林; 海拔 2000-2400 m 为针阔叶混交林; 海拔 2300 m 以上为暗针叶林。(2) 植被基带群落中, 在物种数量、区系成分和重要值方面, 常绿和落叶阔叶树种所占的比例都相差无几。(3) 植物多样性的垂直格局基本符合“单峰”模式。峰值出现在海拔 1400-1500 m; 但混交林类型的多样性和区系分化强度较高。(4) 在植物区系中, 温带成分处于主导地位; 世界广布属的比例随海拔上升而增加; 而中国特有属仅见于海拔 2000 m 以下。亚热带成分和东亚区域性区系成分都随海拔上升而减少, 峰值都位于山地常绿落叶阔叶混交林。(5) 蕨类植物丰富度随海拔上升而减小; 草本植物丰富度与海拔高度之间没有呈现显著的相关关系; 木本植物丰富度总体沿海拔梯度减少, 但峰椎处于常绿落叶阔叶林带。针阔混交林样方的平均木本物种数也超过落叶阔叶林带。

关键词: 神农架, 垂直, 植被带谱, 多样性, 区系成分, 生活型

中图分类号: Q948

文献标识码: A

文章编号: 1005-0094(2004)01-0099-09

Altitudinal patterns of plant species diversity on the southern slope of Mt. Shennongjia, Hubei, China

SHEN Ze-Hao, HU Hui-Feng, ZHOU Yu, FANG Jing-Yun

Department of Ecology, College of Environmental Sciences, Center for Ecological Research & Education, and Key Laboratory for Earth Surface Processes of the Ministry of Education, Peking University, Beijing 100871

Abstract: The southern slope of Mt. Shennongjia has long been viewed as an important boundary for China's vegetation regional division. In order to explore the altitudinal patterns of plant species diversity in this area, we sampled 50 plots along an altitudinal gradient on the southern slope. Species richness, intensity of flora differentiation, floristic composition and life forms were analyzed. Quantitative classification and DCA ordination were also applied to the sample plots. Major results were: (1) the vertical vegetation spectrum was evergreen broad-leave forest (below 900-1000 m a. s. l.), mixed deciduous and evergreen broad-leaved forest (1000-1700 m), deciduous forest (1600-2100 m), mixed coniferous and deciduous forest (2000-2400 m), and subalpine coniferous forest (above 2300 m a. s. l.). (2) Evergreen and deciduous broad-leaved tree species were almost equivalent in quantity and importance values in the basal vegetation zone. (3) The altitudinal pattern of plant species diversity showed a unimodal pattern, peaking at 1400-1500 m a. s. l. Mixed forest types have relatively higher α diversity and more intensive flora differentiation than the other types. (4) Temperate plants dominated the flora. With an increase of elevation, the number of cosmopolitan genera increased, while subtropical types and East Asian types decreased. Chinese endemic genera were limited to the area below 2000 m a. s. l. (5) Species richness of pteridophytes decreased with increasing elevation, while that of woody plants peaked in mixed evergreen and deciduous forest. Species richness of herbaceous did not correlate with elevation.

Key words: altitudinal vegetation spectrum, diversity, Mt. Shennongjia, pattern, floristic components, life form

作为“华中第一峰”和川东鄂西地区的代表,神农架一直以其生物多样性古老、丰富且特有性强著称(应俊生等,1979;中国科学院武汉植物所,1980;朱兆泉,宋朝枢,1999),其南坡被当作我国亚热带中、北亚带的分界线(吴征镒,1995)。关于神农架地区的植物群落和植物资源等已有大量研究,但对其整体的生物多样性特征研究尚报道不多。应俊生等(1979)和班继德等(1995)曾先后就神农架(前者只研究了海拔1500 m以上部分)的植被垂直带谱、群落类型和植物区系特征进行了初步分析,而对其海拔梯度上生物多样性及其成分结构的数量变化尚无清楚的了解;关于神农架植被垂直带谱的划分和基带的性质也还未取得一致的认识。因此,本文以神农架南坡海拔梯度上的植物群落调查为基础,就上述问题进行初步分析。

1 研究区域概况

神农架位于湖北省西北部,属于大巴山脉东延之余脉,为汉水与长江干流的分水岭。地理坐标范围为 $31^{\circ}15' - 31^{\circ}57'N$, $109^{\circ}59' - 110^{\circ}58'E$ 。地质构造上属大巴山褶皱带,历经地史上多次造山运动,形成很多断层和多级夷平面。长期以来的外动力侵蚀切割形成现代山川交错、脊岭连绵、峡谷深切的地貌特征。山体大致呈东西走向,顶峰大神农架海拔3105 m,北坡稍缓,南坡陡峭,下临长江三峡。岭谷之间形成深长水系,呈放射流向。南坡当阳河、九冲河等支流汇成香溪河流入长江,相对高差达2900 m以上(班继德,漆根深,1995)。

神农架地跨中、北亚热带,深受东南、西南季风影响,气候温暖湿润。由于巨大的海拔差异,气候具有明显的垂直梯度变化,按海拔大体上可分为亚热带(1100 m以下)、暖温带(1100 - 2600 m)、温带(2600 m以上)3个生物气候带。据海拔1990 m处的大九湖多年气象记录,平均年降水量1528.4 mm,年均温 $7.4^{\circ}C$ 。最暖7月均温 $18.5^{\circ}C$,最冷1月均温 $-4.9^{\circ}C$ (图1)。沿海拔梯度发育的土壤也相应被划分为红黄壤(海拔 < 1200 m)、山地黄棕壤(1200 - 1800 m)、山地棕壤(1800 - 2200 m)和山地暗棕壤(> 2200 m)4个垂直带。已有的研究将神农架植被分别划分为3、4或5个垂直带(表1)。

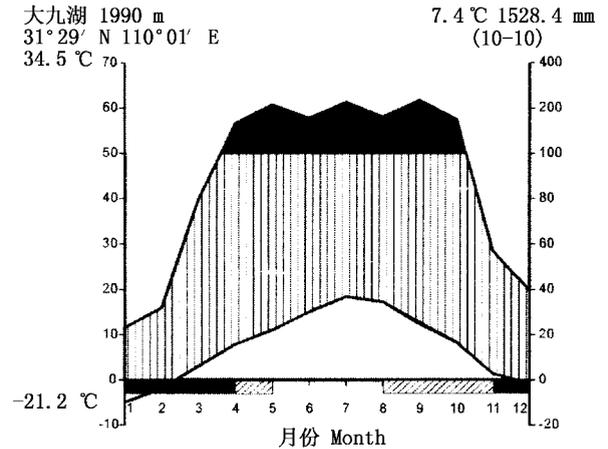


图1 神农架大九湖生态气候图

Fig. 1 Climate diagram of Dajiu Lake in Mt. Shennongjia

2 研究方法

2.1 调查取样

本研究主要目的是反映神农架南坡的植物多样性垂直梯度,因此调查取样基本沿大神农架南坡的香溪河谷西侧进行。从海拔650 m的河边山坡向上,以50 m的海拔高差为间隔,尽量回避人为活动或自然干扰明显的地段,选择林相较为整齐的森林群落设置 $20\text{ m} \times 20\text{ m}$ 的样方,以 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ 为单元进行调查。乔木层测量胸径(DBH) $> 2.5\text{ cm}$ 的所有植株的胸径、高度,记录种名和状态,对乔木更进一步分幼苗($H \leq 0.3\text{ m}$)和幼树($H > 0.3\text{ m}$, $DBH \leq 2.5\text{ cm}$)两级记录种名和株数。对于灌木层和草本层,仅记录每个 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ 单元中的全部物种和数量最多的前5种植物的多度和盖度。从海拔650 m到大神农架顶峰3105 m,总共调查50个样方(表2)。

2.2 数据分析

2.2.1 群落数量分类和排序

采用二元指示种分析(TWINSPAN)和去趋势对应分析(DCA)(ter Braak, 1986; 张金屯, 1995)对50个样方进行数量分类和排序。植物群落分类、排序和制图采用PC-ORD 4.0和Canoco 4.5软件包完成。

2.2.2 物种多样性及其结构成分

(1) 物种丰度: 统计样方或样带中的维管束植物科、属、种数,计算各样方内属数/科数、种数/属数、种数/科数的比值。

表 1 神农架植被垂直带海拔范围的几种划分方案

Table 1 Existing classification schemes of altitudinal ranges of vegetation spectrum on Mt. Shennongjia

垂直森林带 Vertical forest zone	应俊生等 Ying <i>et al.</i> (1979)	班继德等 Ban <i>et al.</i> (1995)	陈伟烈等 Chen <i>et al.</i> (1994)	王映明 Wang (1995)	赵常明 Zhao (2002)
I	?	200 – 1800 m	~ 1300 m		~ 900(~ 1300) m , south slope
II	1500 – 2200 m			~ 1700 m	900(~ 1300) – 1500(~ 1800) m
III		1800 – 2600 m		1700 – 2600 m	1500(~ 1800) – 2000(~ 2200) m
IV	2200 – 2600 m		1300 – 1700(~ 2200 m)		2000(~ 2200) – 2400(~ 2600) m
V	2600 – 3105 m	2600 – 3105 m	2200 – 3105 m	2600 – 3105 m	2400(~ 2600) – 3105 m

I, 常绿阔叶林带 Evergreen broadleaved forest zone ; II, 常绿落叶阔叶混交林带 Mixed evergreen broadleaved and deciduous forest zone ; III, 落叶阔叶林带 Deciduous forest zone ; IV, 针阔混交林带 Mixed deciduous and coniferous forest zone ; V, 暗针叶林带 Subalpine coniferous forest zone

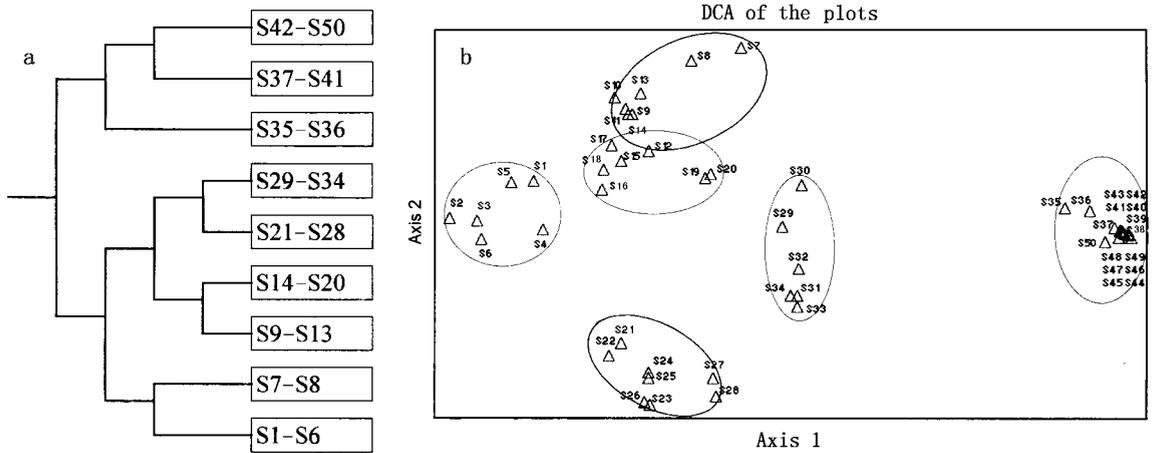


图 2 群落样方的 TWINSpan 分类 (a) 和 DCA 排序 (b)

Fig. 2 TWINSpan classification and DCA ordination of the sample plots

(2) 区系地理成分：包括属一级的区系地理成分，其划分遵从吴征镒(1991)的方案。

(3) 生态成分：根据物种的生活型、落叶性划分不同的生态成分，并计算其比值。

3 主要结果

3.1 群落数量分类与垂直格局

图 2a 的分类树状图清楚地显示了 TWINSpan 对 50 个样方的分类结果。以 +、- 号分别代表每次二歧划分中的两组：

(1) 巴山冷杉 (*Abies fargesii* X +) 为指示种，划分出海拔 2300 m 以上的亚高山暗针叶林 (S35 – S50)。

(2) 根据青冈栎 (*Cyclobalanopsis glauca* X -)、川钓樟 (*Lindera pulcherrima* var. *hemsleyana* X -)、川桂 (*Cinnamomum wilsonii* X -)、匙叶栎 (*Quercus dolicholepis* X -) 划分出常绿阔叶林 (S1 – S8)。这类群落分布于海拔 1000 m 以下；并从暗针叶林中

划分出有鹅耳枥混交的样方 S35、S36，显示了暗针叶林下缘的过渡性。

(3) 以川鄂山茱萸 (*Cornus chinensis*) 为指示种从常绿阔叶林中划分出含重要落叶伴生种的样方 S7、S8，它们分布于海拔 900 m 以上；又以亚热带常见落叶种化香 (*Platycarya strobilacea*) 为指示种划分出常绿落叶阔叶混交林 (S9 – S20)，分布于海拔 1600 m 以下；并根据指示种黄杨 (*Buxus sinica*) 将暗针叶林划分为上、下两部分。海拔 2700 m 以下 (S37 – S41)，黄杨为主要的伴生种；在此以上的样方 S42 – S50，则主要是巴山冷杉的纯林，或以粉红杜鹃 (*Rhododendron oreodoxa* var. *fargesii*) 为主要伴生种。

(4) 以雷公鹅耳枥 (-) 为指示种，划分出落叶阔叶林 (S21 – S28 X 海拔 1550 – 2000 m) 和针阔混交林 (S29 – S34 X 海拔 1900 – 2400 m)。落叶阔叶林以锐齿槲栎 (*Quercus aliena* var. *acuteserrata*) 为主，针阔混交林以华山松 (*Pinus armandii*)、米心水

表 2 样方基本特征

Table 2 Basic characteristics of the sample

样方 Plot	面积(m ²) Area	海拔(m) Elevation	坡向 Aspect	坡度 Slope	代表性群落类型 Major community types
S1	400	650	SW55°	25°	黑壳楠(<i>Lindera megaphylla</i>)、宜昌润楠(<i>Machilus ichangensis</i>)林
S2	400	700	SE35°	40°	川钓樟(<i>L. pulcherrima</i> var. <i>hemsleyana</i>)、宜昌润楠(<i>Machilus ichangensis</i>)林
S3	400	750	SE25°	40°	宜昌润楠(<i>Machilus ichangensis</i>)、川钓樟(<i>L. pulcherrima</i> var. <i>hemsleyana</i>)林
S4	400	800	SE75°	40°	红茴香(<i>Illicium henryi</i>)、匙叶栎(<i>Quercus dolicholepis</i>)林
S5	400	850	SE35°	40°	化香(<i>Platycarya strobilacea</i>)、匙叶栎(<i>Quercus dolicholepis</i>)林
S6	400	900	SE70°	45°	巫山新木姜子(<i>Neolitsea wushanica</i>)、刺鼠李(<i>Rhamnus dumetorum</i>)林
S7	400	950	NE10°	40°	鹅耳枥(<i>Carpinus</i> sp.)、小枝青冈(<i>Cyclobalanopsis gracilis</i>)林
S8	400	1000	NW20°	40°	尖叶山茶(<i>Camellia cuspidata</i>)、鹅耳枥(<i>Carpinus</i> sp.)林
S9	400	1050	NE10°	30°	华中山柳(<i>Clethra fargesii</i>)、多脉鹅耳枥(<i>Carpinus polyneura</i>)林
S10	400	1100	NE22°	30°	多脉鹅耳枥(<i>Carpinus polyneura</i>)、化香(<i>Platycarya strobilacea</i>)林
S11	400	1150	NE50°	30°	化香(<i>Platycarya strobilacea</i>)、茅栗(<i>Castanea seguinii</i>)林
S12	400	1200	NE60°	35°	短柄栲栎(<i>Quercus serrata</i> var. <i>brevipetiolata</i>)、华中山柳(<i>Clethra fargesii</i>)林
S13	400	1250	NE25°	32°	化香(<i>Platycarya strobilacea</i>)、宜昌木姜子(<i>Litsea ichangensis</i>)林
S14	400	1300	NE30°	30°	石灰花楸(<i>Sorbus folgneri</i>)、领春木(<i>Euptelea pleiosperma</i>)林
S15	400	1350	N	37°	化香(<i>Platycarya strobilacea</i>)、包石栎(<i>Lithocarpus cleistocarpus</i>)林
S16	400	1400	NW30°	25°	化香(<i>Platycarya strobilacea</i>)、四照花林(<i>Dendrobenthamia japonica</i> var. <i>chinensis</i>)
S17	400	1450	NE20°	25°	四照花(<i>Dendrobenthamia japonica</i> var. <i>chinensis</i>)、千筋树(<i>Carpinus fargesiana</i>)林
S18	400	1500	NE20°	25°	化香(<i>Platycarya strobilacea</i>)、包石栎(<i>Lithocarpus cleistocarpus</i>)林
S19	400	1550	NW20°	35°	野核桃(<i>Juglans cathayensis</i>)、山拐枣(<i>Poliathyrsis sinensis</i>)林
S20	400	1600	NW20°	40°	野核桃(<i>Juglans cathayensis</i>)、灯台树(<i>Cornus controversa</i>)林
S21	400	1650	SE20°	35°	锐齿槲栎(<i>Q. aliena</i> var. <i>acuteserrata</i>)、青栎(<i>C. myrsinaefolia</i>)林
S22	400	1700	SE40°	38°	锐齿槲栎(<i>Q. aliena</i> var. <i>acuteserrata</i>)、雷公鹅耳枥(<i>Carpinus viminea</i>)林
S23	400	1750	SE55°	38°	锐齿槲栎(<i>Q. aliena</i> var. <i>acuteserrata</i>)、山栎(<i>Populus davidiana</i>)林
S24	400	1800	SE45°	35°	锐齿槲栎(<i>Q. aliena</i> var. <i>acuteserrata</i>)、锥栗(<i>Castanea henryi</i>)林
S25	400	1850	SE60°	25°	锐齿槲栎(<i>Q. aliena</i> var. <i>acuteserrata</i>)、四照花(<i>Dendrobenthamia japonica</i> var. <i>chinensis</i>)林
S26	400	1900	SE65°	36°	锐齿槲栎(<i>Q. aliena</i> var. <i>acuteserrata</i>)、山栎(<i>Populus davidiana</i>)林
S27	400	1950	SE85°	15°	锐齿槲栎(<i>Q. aliena</i> var. <i>acuteserrata</i>)、红栎(<i>Betula albo-sinensis</i>)林
S28	400	2000	SE50°	30°	锐齿槲栎(<i>Q. aliena</i> var. <i>acuteserrata</i>)、山栎(<i>Populus davidiana</i>)林
S29	400	2050	NE85°	30°	米心水青冈(<i>Fagus engleriana</i>)、五裂槭(<i>Acer oliverianum</i>)林
S30	400	2100	NE50°	32°	米心水青冈(<i>Fagus engleriana</i>)、亮叶桦(<i>Betula luminifera</i>)林
S31	400	2150	S	25°	华山松(<i>Pinus armandii</i>)、红栎(<i>Betula albo-sinensis</i>)林
S32	400	2200	NW85°	40°	米心水青冈(<i>Fagus engleriana</i>)、华山松(<i>Pinus armandii</i>)林
S33	400	2250	SE50°	35°	华山松(<i>Pinus armandii</i>)、红栎(<i>Betula albo-sinensis</i>)林
S34	400	2300	S	38°	华山松(<i>Pinus armandii</i>)、野櫻桃(<i>Prunus</i> sp.)林
S35	400	2350	S	37°	巴山冷杉(<i>Abies fargesii</i>)、鹅耳枥(<i>Carpinus</i> sp.)林
S36	400	2400	SW10°	50°	巴山冷杉(<i>Abies fargesii</i>)、鹅耳枥(<i>Carpinus</i> sp.)林
S37	400	2450	SE10°	38°	巴山冷杉(<i>Abies fargesii</i>)、黄栌(<i>Buxus sinica</i>)林
S38	400	2500	SE10°	35°	巴山冷杉(<i>Abies fargesii</i>)、黄栌(<i>Buxus sinica</i>)林
S39	400	2550	NW70°	60°	巴山冷杉(<i>Abies fargesii</i>)、黄栌(<i>Buxus sinica</i>)林
S40	400	2600	E	25°	巴山冷杉(<i>Abies fargesii</i>)、黄栌(<i>Buxus sinica</i>)林
S41	400	2650	SE30°	30°	巴山冷杉(<i>Abies fargesii</i>)、黄栌(<i>Buxus sinica</i>)林
S42	400	2700	SE85°	37°	巴山冷杉(<i>Abies fargesii</i>)林
S43	400	2750	SE65°	35°	巴山冷杉(<i>Abies fargesii</i>)林
S44	400	2800	SW55°	35°	巴山冷杉(<i>Abies fargesii</i>)、粉红杜鹃(<i>Rhododendron oreodoxa</i> var. <i>fargesii</i>)林
S45	400	2850	SE60°	40°	巴山冷杉(<i>Abies fargesii</i>)、粉红杜鹃(<i>Rhododendron oreodoxa</i> var. <i>fargesii</i>)林
S46	400	2900	SE50°	25°	巴山冷杉(<i>Abies fargesii</i>)、粉红杜鹃(<i>Rhododendron oreodoxa</i> var. <i>fargesii</i>)林
S47	400	2950	SE10°	20°	巴山冷杉(<i>Abies fargesii</i>)、粉红杜鹃(<i>Rhododendron oreodoxa</i> var. <i>fargesii</i>)林
S48	400	3000	SW35°	25°	巴山冷杉(<i>Abies fargesii</i>)、粉红杜鹃(<i>Rhododendron oreodoxa</i> var. <i>fargesii</i>)林
S49	400	3050	SW70°	15°	巴山冷杉(<i>Abies fargesii</i>)、粉红杜鹃(<i>Rhododendron oreodoxa</i> var. <i>fargesii</i>)林
S50	400	3100	S	5°	巴山冷杉(<i>Abies fargesii</i>)、粉红杜鹃(<i>Rhododendron oreodoxa</i> var. <i>fargesii</i>)林

青冈 (*Fagus engleriana*) 和红桦 (*Betula albo-sinensis*) 为优势种。并以包石栎 (*Lithocarpus cleistocarpus*) 为指示种将常绿落叶阔叶混交林划为上下两段,其中 S9 - S13 (海拔 1300 m 以下) 没有包石栎,原因与生境或人为干扰有关。

TWINSPAN 分类结果自下而上的顺序排列,反映了海拔梯度对各植被类型的垂直分异具有主导的控制作用,而属于不同群落类型的样方在图 2b 中的自然聚合格局,很好地反映了不同植被类型间的物种构成差异。分类和排序的结果比较理想。

图 3 反映了常绿阔叶、落叶阔叶和针叶 3 类树种的重要值分别沿海拔梯度的变化。在海拔 1000 m 以下的样方中,常绿树种的重要值为 40% - 60%, 针叶树种篦子三尖杉 (*Cephalotaxus oliveri*) 的重要值 < 5%, 因此也属于混交林结构; 而海拔 1000 - 1700 m 段,常绿树种的重要值之和基本 < 20%; 1750 - 2100 m 属于落叶阔叶林; 从海拔 2000 m 向上,针叶树的比例增大,到 2400 m 基本为针阔叶混交林,其中常绿的大灌木或小乔木重新出现,而在这一阶段,落叶阔叶树的重要值迅速降低。自海拔 2450 m 往上,群落基本由针叶树(巴山冷杉)和林下的常绿小乔木(主要是大叶黄杨或粉红杜鹃)构成; 海拔 3100 m 的顶峰出现的少量落叶树种是红桦。

基于物种构成和生活型的重要值比例,可以得出神农架南坡海拔梯度上的植被类型:

- I. 常绿阔叶林(含样方 S1 - S8), 海拔上限 900 - 1000 m ;
- II. 常绿落叶阔叶混交林(含样方 S9 - S20), 海

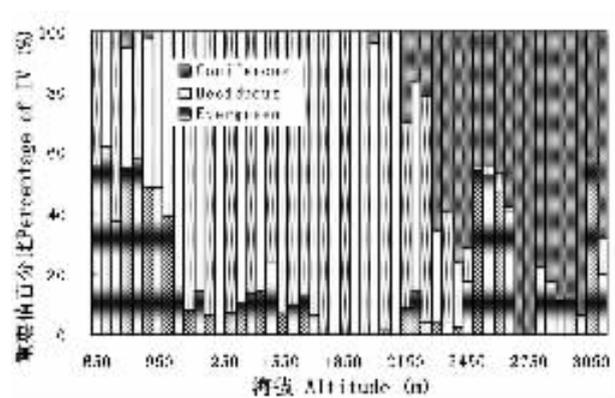


图 3 乔木层不同生活型重要值百分比构成的海拔变化
Fig. 3 Altitudinal gradient of percentage composition of importance values of different tree types in canopy layer

拔 1000 - 1700 m ;

III. 落叶阔叶林(含样方 S21 - S28), 海拔 1600 - 2100 m ;

IV. 针阔叶混交林(含样方 S29 - S34), 海拔 2000 - 2400 m ;

V. 暗针叶林(含样方 S35 - S50), 海拔 2300 - 3100 m。

3.2 科、属、种数的垂直变化

统计不同海拔样方中植物的科、属、种数,以及不同分类等级之间的数量比(图 4a)表明,无论科、属、种数,多样性大小顺序都是:常绿落叶阔叶混交林 > 常绿阔叶林 > 针阔混交林 > 落叶阔叶林 > 暗针叶林,并大致在海拔 1400 - 1500 m 达到峰值。自暗针叶林以上,区系的物种丰富度大致随海拔上升而下降,在顶峰附近达到最低值。

种数/科数,种数/属数,属数/科数等比值因不同分类群而异,从总体上则反映了植物区系的分化

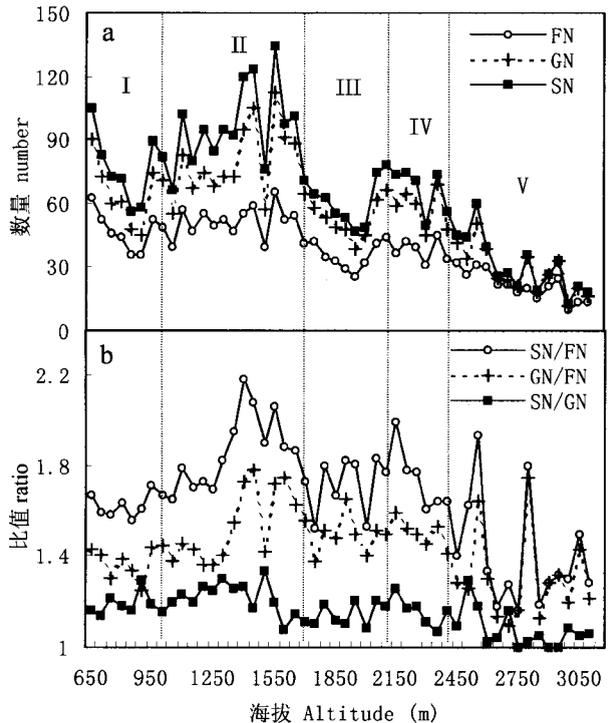


图 4 不同系统等级分类单元的多样性梯度
Fig. 4 Altitudinal gradient of diversity of units at different taxonomic levels
FN, 科数 Family number ; GN, 属数 Genus number ; SN, 种数 Species number ; I, 常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest ; II, 常绿落叶阔叶混交林 Mixed evergreen and deciduous broad-leaved forest ; III, 落叶阔叶林 Deciduous forest ; IV, 针阔叶混交林 Mixed coniferous and deciduous forest ; V, 暗针叶林 Subalpine coniferous forest

强度(图 4b)。各比例的最大值仍然出现在海拔 1400 – 1500 m。种数/科数,属数/科数比值的大小顺序均为:常绿落叶阔叶混交林 > 针阔混交林 > 落叶阔叶林 > 常绿阔叶林 > 暗针叶林。其原因将进一步讨论。

3.3 植物区系成分构成

根据吴征镒(1991)的中国种子植物属的分布区类型划分系统,将全部样本中所出现物种的 15 类区系地理成分合并成 4 类(图 5)。其中可见温带成分(主要包括北温带分布、东亚—北美间断分布、东亚分布及少量旧世界温带分布和温带亚洲分布)处于主导地位,但在海拔 1000 m 以下几乎与热带、亚热带成分势均力敌;热带、亚热带成分在整个区系中的百分比随海拔增加而减少,止于海拔 2800 m;而世界广布成分开始一直保持 10% 以下的比例,到海拔 2400 m 左右达到 20%,并在亚高山地带最高占到约 40% 的比例;中国特有分布主要见于海拔 2000 m 以下的中山地带。

以东亚为中心的区域性成分一向被认为是川鄂湘黔一带植物区系中的主体成分之一。进一步分析东亚区域性几个分布型的属数沿海拔梯度的变化(图 6),包括东亚—北美间断分布、东亚分布及其两个亚型(中国—日本分布和中国—喜马拉雅分布),还有中国特有分布等,都表现了随海拔上升而减少的趋势,峰值段都在山地常绿落叶阔叶林带,而且大致都从海拔 2400 m 左右以上的亚高山暗针叶林带明显减少。其中,东亚分布和中国—喜马拉雅分布的属在高海拔的数量更多一些。

3.4 生活型构成

统计各样方内蕨类、草本和木本三大类植物的物种数量(图 7)。蕨类植物的物种丰富度显示了随

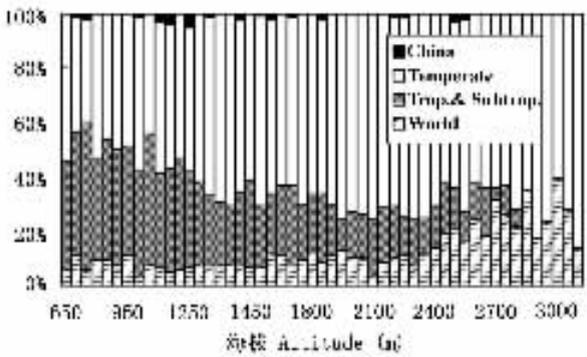


图 5 几类植物区系成分百分比构成的垂直格局
Fig. 5 Altitudinal gradient of the percentage composition of several floristic components

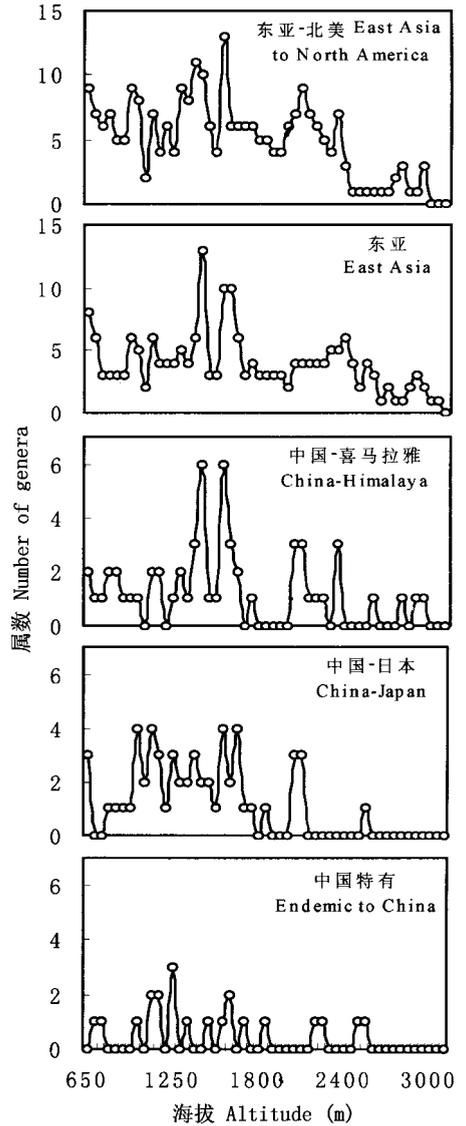


图 6 几种区系成分的属数的海拔梯度
Fig. 6 Altitudinal patterns of genus number of several floristic components

海拔上升而减少的趋势,尤其在海拔 1600 m 以上地段数量明显减少。400 m² 样方内蕨类植物种数的峰值在常绿阔叶林基带,达到 13 种。

木本植物种的丰富度总体沿海拔升高而减少,但峰值段同样处于常绿落叶阔叶林带而非常绿阔叶林基带,在 400 m² 样方范围内达到 78 种。针阔混交林样方的平均木本物种数也超过落叶阔叶林带;暗针叶林带的木本植物显著减少,海拔 2600 m 以上的 400 m² 样方内仅有 5 – 6 种。

草本植物种的丰富度没有与海拔相关的整体性趋势。但以 400 m² 样方面积计,最大值 56 种也出

现在海拔 1600 m 的常绿落叶阔叶混交林内。草本物种丰度在落叶阔叶林带明显减小，并在针阔混交林带再次增加，在暗针叶林内达到最低。若对各样方内全部木本植物种按生活型细分，包括常绿阔叶乔木、灌木和木质藤本；常绿针叶乔木；落叶乔木、灌木和木质藤本 7 类(图 8)，可以看出与植被类型的垂直格局相关的生活型构成的变化：

(1) 在常绿阔叶林基带内，常绿与落叶阔叶乔木、灌木、木质藤本种数比平均分别是：11.8 11.8 8.75 9.75 和 4.38 4.25 堪称势均力敌。

(2) 在常绿落叶阔叶混交林带，样方内的落叶阔叶树种数维持在 24 ± 4 种，没有梯度变化；落叶灌木和藤本种类略有增加；而常绿阔叶树种随海拔增高明显从 13 种减少到 2 种，并且亚热带性质的常绿树种不见于海拔 1850 m 及其以上地段。

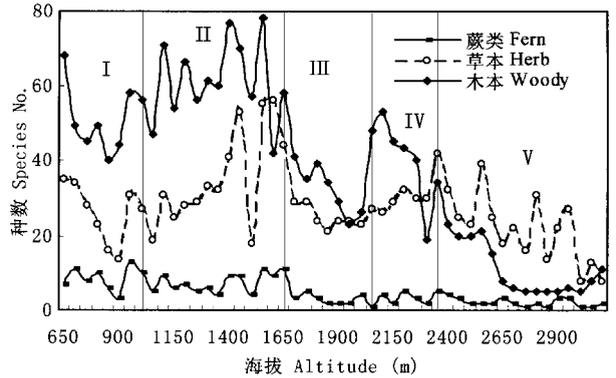


图 7 几类生活型植物种数量的垂直变化
Fig. 7 Vertical variation of species number of several plant life forms
I, 常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest ; II, 常绿落叶阔叶混交林 Mixed evergreen and deciduous broad-leaved forest ; III, 落叶阔叶林 Deciduous forest ; IV, 针阔叶混交林 Mixed coniferous and deciduous forest ; V, 暗针叶林 Subalpine coniferous forest

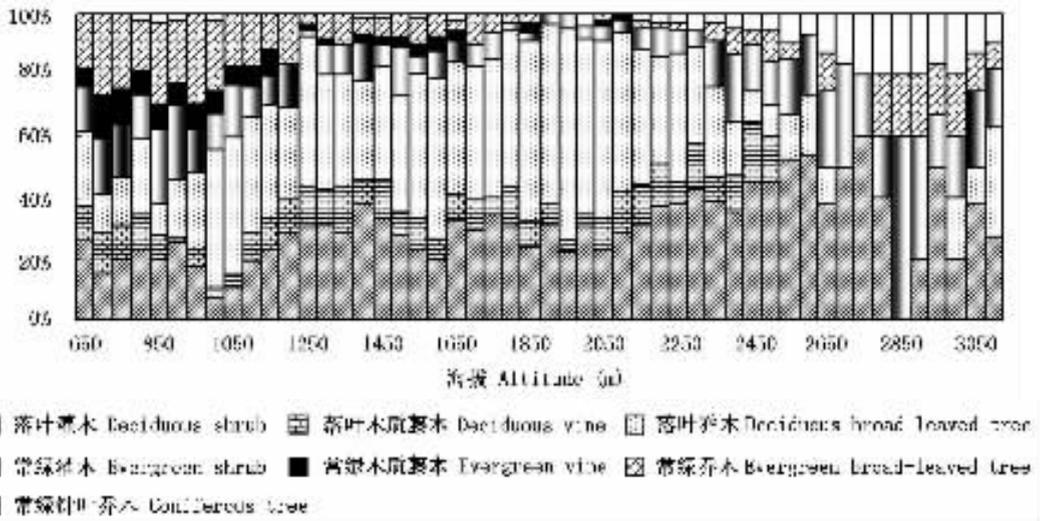


图 8 不同木本植物生活型的物种数量构成垂直格局
Fig. 8 Altitudinal patterns of the percentage composition of different life forms

(3) 落叶木本植物种类占落叶阔叶林样方中木本植物的 92.6%，常绿阔叶种类占 6.9%，针叶树为 0.5%。400 m² 样方内出现的落叶木本植物种类最多达 50 种，其中乔木 28 种。常绿木质藤本植物的分布上限也止于落叶阔叶林带上缘。

(4) 在针阔混交林带内，落叶阔叶乔木和木质藤本种类随海拔上升而减少，而落叶灌木种类数量增加，并且常绿乔木和灌木种数也随海拔上升而有所增加，这主要是多种冬青(*Ilex*)、杜鹃、大叶黄杨

和刺叶栎(*Quercus spinosa*)等常绿小乔木和灌木出现的结果。

(5) 在海拔 2400 m 以上的亚高山暗针叶林带物种构成简单。样方内的落叶乔木种不超过 3 种，并且不见于海拔 2700 - 2950 m 之间的巴山冷杉纯林中，顶峰附近因为生境变旱而重新出现落叶种，落叶木质藤本植物向上止于海拔 2500 m；落叶灌木种类也从 9 - 11 种降至 1 - 3 种；常绿种则基本限于小乔木状的大叶黄杨和粉红杜鹃等。但总体上，样

表 3 不同地点常绿阔叶林中常绿与落叶种的比较(以 400 m² 样方计)Table 3 Comparison of evergreen and deciduous species in different evergreen broad-leaved forests (in 400 m² area)

地点 Site	纬度 Latitude	经度 Longitude	海拔 Altitude	类型 Type	木本种数 Number of WS	乔木种数 Number of TS	重要值 Importance value	
							平均值 Average	范围 Range
神农架 Mt. Shennongjia	31°N	110°E	650 – 1000m	E D	25 26	12 12	50.53 48.36	37.5 – 62.4 37.6 – 62.5
乌岩岭* Mt. Wu Yanling	27°N	119°E		E D	93 55	71 47	79.11 19.76	66.0 – 91.4 9.1 – 33.9
峨眉山** Mt. Emei	29.5°N	103.3°E	1230 – 1580m	E D		14 9	86.7 11.8	

* 宋永昌等(1982); ** 杨一川等(1994); E, 常绿阔叶 Evergreen broadleaf; D, 落叶阔叶 Deciduous; WS, Woody species; TS, Tree species

方中常绿木本植物种类的比例反而是暗针叶林 > 针阔叶混交林 > 落叶阔叶林。

4 讨论

4.1 基带的属性

在中国植被区划的众多方案中,神农架南坡经常被视作一条重要的分界线,即“北亚热带常绿阔叶阔叶混交林带的南缘”,或“亚热带常绿阔叶林带的北缘”(吴征镒,1995;倪健等,1998;宋永昌,1999)。但其地带性植被究竟是常绿阔叶林还是常绿落叶阔叶混交林并无一致意见。过去对神农架植被垂直带谱的认识也颇有分歧(表 1)。因此,本文的研究有可能为澄清这一问题提供新的证据。对海拔 1000 m 以下的 8 个样方 3200 m² 的常绿阔叶林群落加以统计(表 3),以平均 400 m² 的样方计,全部木本植物中常绿和落叶阔叶种分别有 25 和 26 种,其中乔木都是 12 种;另一方面,常绿和落叶阔叶种在群落中各自重要值之和的平均值分别为 50.5 和 48.36,变动范围相差甚微,且无明显海拔梯度。再比较区系中热带、亚热带成分与温带成分的数量(图 5),两类区系成分的属数在海拔 1000 m 以下的比值平均为 0.9。由此来看,无论从物种数量、区系成分,还是群落中的地位,常绿和落叶阔叶种在神农架南坡植被基带中都相差无几,实属于常绿与落叶阔叶等势混交的局面,明显不同于典型亚热带常绿阔叶林的群落结构(表 3)。本文分析的样方位于鄂西兴山县龙门河国家森林公园峡谷地段的核心保护区内,对神农架南坡植被基带的群落结构是具有充分代表性的。但本文并无意就这一地带的植被类型定义和划分提出新的看法,仅提供一个明确的分析结果以供比较。

4.2 植被垂直带的多样性格局

从图 4a, b 来看,神农架南坡海拔近 3000 m 的垂直梯度上,植物物种多样性的格局基本符合“单峰”模式(Whittaker & Niering, 1965)。但植被类型间的比较表明,常绿阔叶林样方中的植物科、属、种数都少于常绿落叶阔叶混交林;针阔混交林样方中的物种多样性也大于落叶阔叶林。而从区系分化强度来看,更是混交林类型的值较大,这种差异并不能为单峰模式所解释。那么为什么混交林类型多样性较高?至少存在两方面的原因:神农架南坡处于亚热带常绿阔叶林带的北缘,因此其植物区系的热带、亚热带分布属中,只有个别或少数比较耐寒的种能够分布到这里。如楠木(*Phoebe*)、润楠(*Machilus*)、木兰(*Magnolia*)、栲(*Castanopsis*)等属均只有一种出现;而暖温带森林的优势属如花楸(*Sorbus*)、鹅耳枥(*Carpinus*)、槭树(*Acer*)、栎(*Quercus*)等属则在海拔 1300 m 以上地段特别繁盛。因此,也许是区系的过渡性导致常绿落叶阔叶混交林的物种多样性和区系分化强度高于常绿阔叶林。同样的理由应当也可适用于落叶阔叶林和针阔混交林之间的比较。另一方面,基于样方的多样性属于 α 多样性,它不仅受区域物种库(species pool)大小的影响(Butaye *et al.*, 2002),也取决于生境异质性的水平。而常绿落叶阔叶混交林和针阔混交林的冠层结构复杂,林下光照的异质性水平显然高于常绿阔叶林和落叶阔叶林,这一因素也许是群落 α 多样性不可忽视的影响因素之一。

5 结语

(1) 垂直植被带谱:样方数量分类与 DCA 分析得到神农架南坡海拔梯度上的植被类型及分化边界:常绿阔叶林,海拔 900 – 1000 m 以下;常绿落叶阔叶混交林,海拔 1000 – 1700 m;落叶阔叶林,海拔

1600 – 2100 m ; 针阔叶混交林 , 海拔 2000 – 2400 m ; 暗针叶林 , 海拔 2300 m 以上。

(2) 基带植被的归属 : 无论从物种数量、区系成分结构 , 还是群落中的地位 , 常绿和落叶阔叶种在植被基带群落中都势均力敌 , 形成常绿与落叶阔叶种等势混交的结构。

(3) 植物多样性的垂直格局 : 植物多样性的垂直格局基本符合“单峰”模式。科、属、种数大致在海拔 1400 – 1500 m 达到峰值 ; 大小顺序都是 : 常绿落叶阔叶混交林 > 常绿阔叶林 > 针阔混交林 > 落叶阔叶林 > 暗针叶林。区系的分化强度顺序为 : 常绿落叶阔叶混交林 > 针阔混交林 > 落叶阔叶林 > 常绿阔叶林 > 暗针叶林。混交林类型的多样性较高 , 至少存在区系过渡的边缘效应和冠层结构的生态效应两方面的原因。

(4) 植物区系的垂直变化 : 在植物区系中 , 温带成分处于主导地位 , 但在海拔 1000 m 以下几乎与热带、亚热带成分相当 , 世界广布属的比例随海拔上升而增加 ; 而中国特有属仅见于海拔 2000 m 以下。以东亚为中心的区域性区系成分 (包括中国特有) 都随海拔上升而减少 , 峰值段都位于山地常绿落叶阔叶混交林。

(5) 生活型构成 : 蕨类植物的丰富度随海拔上升而减小 ; 草本植物丰富度没有表现出与海拔相关的整体性趋势 ; 木本植物丰富度总体沿海拔梯度减少 , 但峰值段同样处于常绿落叶阔叶林带而非常绿阔叶林基带 , 针阔混交林样方的平均木本物种数也超过落叶阔叶林带。

致谢 : 野外调查得到神农架国家级自然保护区管理局朱兆泉局长的大力支持。野外工作和标本鉴定得到中国科学院武汉植物研究所赵子恩高工的帮助 , 特致谢忱 !

参考文献

Ban, J. D. (班继德) and Qi, G. S. (漆根深) (eds.). 1995. *A Study of Vegetation of Western Hubei* (鄂西植被研究). Central-China Science & Technology University Press, Wuhan, 9 – 89. (in Chinese)

Butaye, J., Jacquemyn, H., Honnay, O. and Hermy, M. 2002. The species pool concept applied to forests in a fragmented landscape: dispersal limitation versus habitat limitation. *Journal of Vegetation Science*, **13**: 27 – 34.

Chen, W. L. (陈伟烈), Zhang, X. Q. (张喜群), Liang, S. J. (梁松筠), Jin, Y. X. (金义兴) and Yang, Q. X. (杨启修). 1994. *Plant and Integrated Agricultural Ecosys-*

tem in the Three Gorges Reservoir Region (三峡库区的植物与复合农业生态系统). Science Press, Beijing, 13 – 14. (in Chinese)

Ni, J. (倪健), Chen, Z. X. (陈仲新), Dong, M. (董鸣), Chen, X. D. (陈旭东) and Zhang, X. S. (张新时). 1998. An ecogeographical regionalization for biodiversity in China. *Acta Botanica Sinica* (植物学报), **40**(4): 370 – 382. (in Chinese)

Song, Y. C. (宋永昌), Zhang, S. (张绅), Wang, X. P. (王献溥), Liu, J. L. (刘金林), Gu, Y. J. (顾永洁) and Hu, S. S. (胡舜士). 1982. Community analysis of the evergreen broad-leaf forest on Mountain Wuyanling in Zhejiang Province. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica* (植物生态学与地植物学丛刊), **6**(1): 14 – 35. (in Chinese)

Song, Y. C. (宋永昌). 1999. Perspective of the vegetation zonation of forest region in eastern China. *Acta Botanica Sinica* (植物学报), **41**(5): 541 – 552. (in Chinese)

ter Braak, C. J. F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, **67**: 1167 – 1179.

Wang, Y. M. (王映明). 1995. The geographically distributional regularity of the vegetation in Hubei Province. *Journal of Wuhan Botanical Research* (武汉植物学研究), **13**(2): 127 – 136. (in Chinese)

Whittaker, R. H. and Niering, W. A. 1965. Vegetation of the Santa Catalina Mountains, Arizona: a gradient analysis of the south slope. *Ecology*, **46**: 429 – 452.

Wu, Z. Y. (吴征镒) (ed.). 1995. *Vegetation in China* (中国植被). Science Press, Beijing, 838. (in Chinese)

Wu, Z. Y. (吴征镒). 1991. The areal-types of Chinese genera of seed plants. *Acta Botanica Yunnanica* (云南植物研究), (Supp. IV): 1 – 139. (in Chinese)

Wuhan Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences (中国科学院武汉植物所). 1980. *Plants in Mountain Shennongjia* (神农架植物). Hubei People's Press, Wuhan. (in Chinese)

Yang, Y. C. (杨一川), Zhuang, P. (庄平) and Li, X. R. (黎系荣). 1994. Ecological studies on the forest community of *Castanopsis platyacantha-Schima sinensis* on Emei Mountain. *Acta Phytocologica Sinica* (植物生态学报), **18**(2): 105 – 120. (in Chinese)

Ying, T. S. (应俊生), Ma, C. G. (马成功) and Zhang, Z. S. (张志松). 1979. Observations of the flora and vegetation of Mt. Shennongjia in western Hupeh, China. *Acta Phytotaxonomica Sinica* (植物分类学报), **17**(3): 41 – 59. (in Chinese)

Zhang, J. T. (张金屯). 1995. *The Methods in Plant Quantitative Ecology* (植被数量生态学方法). China Science and Technology Press, Beijing, 121 – 131. (in Chinese)

Zhao, C. M. (赵常明). 2002. *Vegetation of Shennongjia Mountains Region and Its Plant Species Diversity and Vertical Distribution Pattern* (神农架植被及其生物多样性与垂直分布格局). Ph. D Dissertation, submitted to Graduate School, Chinese Academy of Sciences. (in Chinese)

Zhu, Z. Q. (朱兆泉) and Song, C. S. (宋朝枢) (eds.). 1999. *Scientific Survey of Shennongjia Nature Reserve* (神农架自然保护区科学考察集). China Forestry Publishing House, Beijing. (in Chinese)