

神农架巴山冷杉 (*Abies fargesii*) 林群落特征 及其优势种群结构

于 倩^{1,2}, 谢宗强^{1,*}, 熊高明¹, 陈志刚¹, 杨敬元³

(1. 中国科学院植物研究所植被与环境变化国家重点实验室, 北京 100093; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039;
3. 湖北神农架国家级自然保护区管理局, 湖北 442421)

摘要: 采用样方法对神农架自然保护区巴山冷杉林的群落组成、优势种群结构与动态进行了研究。结果表明, 该群落具有明显的温带常绿针叶林特征, 以中小型革质、单叶的常绿高位芽植物为主。群落成层现象明显, 可划分为乔木层、灌木层和草本层, 林下苔藓层发达。植物的科属组成较为分散, 乔木层主要优势科有松科 (Pinaceae)、桦木科 (Betulaceae)、杜鹃花科 (Ericaceae)、槭树科 (Aceraceae) 等。区系成分复杂分散, 与温带植物区系关系密切。巴山冷杉是该群落的建群种, 重要值达 54.30%, 幼苗储备丰富, 占更新层的 90.4%, 但幼树缺失。巴山冷杉中小径级个体占多数 (78.8%), 为进展型种群。高度结构基本呈倒金字塔形, 集中分布于 8~10 级 3 个高度级上 (62.2%), 10 级个体最多, 占 29.3%。植株个体数随冠幅级的递增呈倒“J”形分布, 冠幅小于 20m² 的植株占 87.4%, 其中 5m² 以下最多 (30.8%)。冠幅与胸径呈指数相关, 回归方程为 $y = 2.7118e^{0.0306x}$, $R^2 = 0.520$, 冠幅与胸径的关系比与树高更密切。

关键词: 神农架; 巴山冷杉; 群落组成; 种群结构; 种群动态

文章编号: 1000-0933(2008)05-1931-11 中图分类号: Q145, Q948, S718.5 文献标识码: A

Community characteristics and population structure of dominant species of *Abies fargesii* forests in Shennongjia National Nature Reserve

YU Qian¹, XIE Zong-Qiang^{1,*}, XIONG Gao-Ming¹, CHEN Zhi-Gang¹, YANG Jing-Yuan³

1 State Key Laboratory of Vegetation and Environmental Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China

2 Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China

3 Shennongjia National Nature Reserve Administration in Hubei Province, Hubei 442421, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(5): 1931~1941.

Abstract: The community composition of *Abies fargesii* and the population structure of dominant species in this community was studied using a sample plot method. The research plot was located in Shennongjia National Nature Reserve. Results showed that the appearance of community was characterized by evergreen phanerophytes plants with microphyll or mesophyll, coriaceous and single leaf. The vertical structure of the community can be clearly divided into four layers: tree layer, shrub layer, herb layer and developed moss layer. Dominant families of the community were Pinaceae, Betulaceae, Ericaceae and Aceraceae. The floral composition could be divided into 12 areal-types and 3 subtypes. North-temperate

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向课题 资助项目 (KSCX2-SW-109); 国务院三峡工程建设委员会资助项目 (SX2004-011)

收稿日期: 2006-08-17; **修订日期:** 2008-01-04

作者简介: 于倩 (1981~), 女, 河南新乡人, 硕士生, 主要从事植物种群生态学研究. E-mail: qyu@naturechina.org

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xie@ibcas.ac.cn

致谢: 野外调查工作得到湖北神农架森林生态系统国家野外观测研究站及神农架国家级自然保护区管理局的帮助, 特表谢忱。

Foundation item: The project was financially supported by CAS' Knowledge Innovative Project (No. KSCX2-SW-109) and the State Council Three Gorges Construction Committee Project of China (No. SX2004-011)

Received date: 2006-08-17; **Accepted date:** 2008-01-04

Biography: YU Qian, Master candidate, mainly engaged in plant population ecology. E-mail: qyu@naturechina.org

elements were plentiful, indicating that the community was closely related to that of the temperate zone. *Abies fargesii* was the outstanding dominant species in the community, especially in the tree layer; its importance value reached 54.3%. It suggested that *Abies fargesii* population was a developing population, as there were more seedlings and young trees than old trees. It was found that saplings were established more frequently in gaps than under the close canopy, which indicated a pattern of gap regeneration. The height structure of *Abies fargesii* population presented reverse pyramid shape, most individuals were 24–30m high (62.2%), and trees with heights between 27m and 30m accounted for 29.3%. Crown size structure of the population showed a typical reversed J shape. The individuals of *Abies fargesii* concentrated in small crown classes; 30.8% of them were smaller than 5m² and the 8th class was absent. 87.4% of the individuals developed crowns smaller than 20m², this was related to the features of conifer trees. An exponential correlation was observed between crown size and DBH, with a regression curve at $y = 2.7118e^{0.0308x}$, $R^2 = 0.520$. The relation between crown size and DBH was more obvious than that between crown size and height.

Key Words: Shennongjia; *Abies fargesii*; community composition; population structure; population dynamics

冷杉属植物是东亚高山地区最重要的建群种,常和云杉属(*Picea*)和铁杉属(*Tsuga*)植物同时出现^[1]。云杉属植物很少出现在群落下层,而冷杉属在下层十分丰富,寿命相对较短,依靠其大量的幼苗储备维持种群更新^[2,3]。巴山冷杉(*Abies fargesii*)产于我国秦巴山地,垂直分布的最适范围是2100~3400m,是秦巴山地森林的重要树种,为我国特有的重要用材树种和经济林树种。冷杉叶中含有多种人体所必需的氨基酸、微量元素及大量水溶性维生素、糖、胡萝卜素、叶绿素、粗纤维及生物激素等,是一种高营养的天然保健食品和饲料资源^[4,5]。以往对巴山冷杉的研究主要集中于苗木培育与利用^[6]及其针叶化学组成及应用等方面。多年来,由于其群落及种群特征、更新、演替机制了解不够深入,采伐利用方式不合理,采育失调,使许多地区的巴山冷杉群落处于消退状态,原始林日趋减少。神农架是巴山冷杉水平分布的东缘,该地区的巴山冷杉林经历了冷杉-桦-栎林阶段、栎-桦林阶段和冷杉林阶段,300~400a前演变成如今的巴山冷杉林^[7]。一些学者在研究神农架的植被格局和动态时,部分的涉及到巴山冷杉林的垂直分布、孢粉学特征与植被演替、物种多样性的垂直分异等^[7-9],但对其群落组成及种群结构的专门性研究尚未见报道。本研究以神农架国家级自然保护区巴山冷杉天然林为研究对象,对其群落结构、种群结构与动态进行分析,旨在为巴山冷杉林的培育及天然林的保护提供理论依据。

1 研究地区与方法

1.1 自然概况

神农架国家级自然保护区位于湖北省神农架林区西南部,E110°03'05"~110°33'50",N31°21'20"~31°36'20",由大巴山脉东延的余脉组成中高山地貌。神农架相对高差较大,北部最大高差为2000m,南部达2900m。神农架地处中亚热带与北亚热带的交错带,气候主要受东南季风影响:低海拔地带温暖多雨,降水量有明显的季风性;水热状况随地理位置、南北坡向及海拔高低不同而有很大差异。土壤类型沿海拔的升高分为5大类:山地黄棕壤、山地棕壤、山地暗棕壤、棕色针叶林土和山地草甸土。神农架地区植被组成丰富,山地植被垂直谱带十分完整,地带性显著,由低海拔到高海拔依次分布有常绿阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、针阔混交林、针叶林及杜鹃箭竹灌丛。由于神农架拥有在当今世界中纬度地区唯一保持完好的亚热带森林生态系统,拥有大量的珍稀动植物,被列为联合国教科文组织“人与生物圈计划”(MAB)成员之一^[10]。

1.2 调查方法

1.2.1 样地调查

选择该地区具有代表性的巴山冷杉种群,依照中国科学院森林生物多样性监测规范设立固定样地。样地海拔2570m,为100m×100m(水平投影)的正方形。将样地分为400个5m×5m的小样方进行调查,对胸径4cm以上的乔木每木检尺、挂牌并定位,记录树种名、胸径、树高、坐标、冠幅等;对胸径4cm以下的幼苗、幼树,

记其株数并测量株高;最后调查灌木层和草本层植物,记录各物种的高度、盖度、多度等。

1.2.2 乔木层主要树种重要值计算

群落结构特征主要以乔木层各树种重要值(importance value)来描述,目前应用较多的是经 Curtis 等修改的重要值指数,是相对密度(relative density)或相对多度(relative abundance)、相对频度(relative frequency)和相对显著度(relative prominence)3 项指数的综合^[11]。重要值 = (相对频度 + 相对多度 + 相对显著度)/3。

1.2.3 种群大小级划分

本研究参考于大炮等^[12]的方法,采用大小级结构替代年龄结构,分析巴山冷杉的种群结构及其动态特征。径级的划分标准为:更新层分幼苗(Seedling, 高度 $H \leq 100\text{cm}$)、幼树(Sapling, $100\text{cm} < H \leq 300\text{cm}$)和大幼树(Tall sapling, $H > 300\text{cm}$, $DBH < 4\text{cm}$)3 个级别;胸径 4cm 以上的个体按以下标准划分: $4\text{cm} \leq DBH < 14\text{cm}$ 记为第 1 级, $14\text{cm} \leq DBH < 24\text{cm}$ 记为第 2 级,依此类推,每增加 10cm 大小级增加 1 级,大于 74cm 为第 8 级;树高共划分 11 级,小于 3m 为第 1 级,每增加 3m 记作 1 级;冠幅分 9 级,小于 5m^2 为第 1 级,每增加 5m^2 记作 1 级,大于 40m^2 为第 9 级。分别作冠幅与胸径和树高的相关性分析,得到相关性曲线和回归方程。

2 结果与分析

2.1 神农架巴山冷杉林的群落学特点

2.1.1 神农架巴山冷杉林的外貌

巴山冷杉林群落暗绿色,林冠整齐,总盖度 60% ~ 80%。群落的外貌是群落最明显的特征,也是植物群落分类的重要依据。植物的生活型是群落外貌最重要的标志。此外,叶子的性状(如质地、大小、形状等)对了解群落的外貌特征也十分重要。

根据 Raunkiaer^[13]生活型分类系统对样地中出现的维管束植物进行分类,绘制生活型谱图(图 1)。由图可见,高位芽植物比例最大,为 56.8%,表明本地区水热条件良好,降水充沛,生长季节温度适宜;其次为地面芽植物(18 种)和地下芽植物(15 种),分别占 22.2% 和 18.5%;地上芽植物和 1 年生植物最少,各只有 1 种,所占比例为 1.2%。这反映了分布区寒冷严酷的环境,使喜湿植物种类受到限制,对寒冷环境具有良好的适

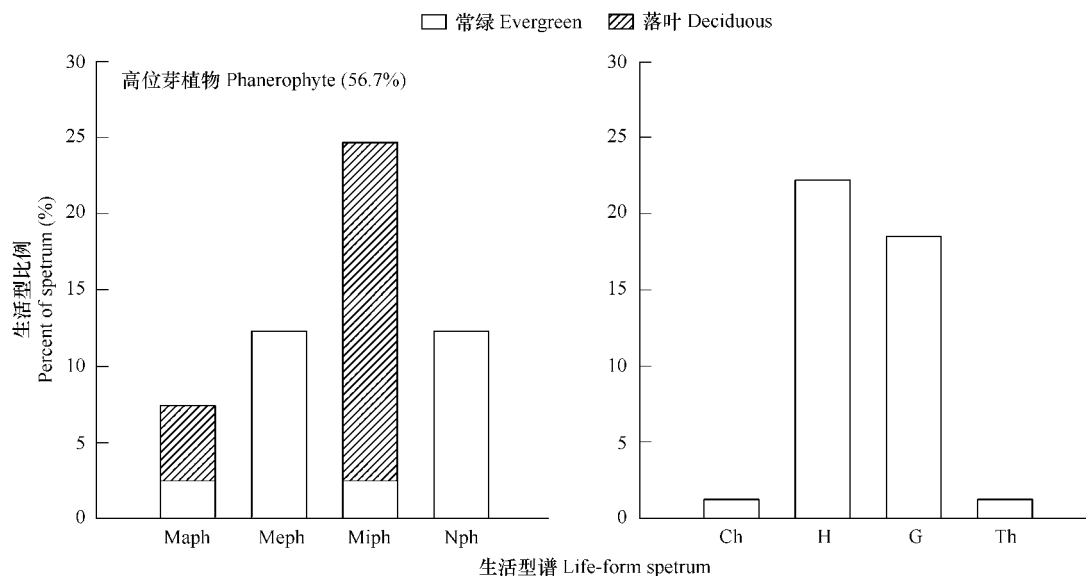


图 1 神农架巴山冷杉林群落的生活型谱

Fig. 1 The life-form spectrum of *Abies fargesii* forest in Shennongjia

Maph: 大高位芽植物 Megaphanerophytes; Meph: 中高位芽植物 Mesophanerophytes; Miph: 小高位芽植物 Microphanerophytes; Nph: 矮高位芽植物 Nanophanerophytes; Ch: 地上芽植物 Chamaephytes; H: 地面芽植物 Hemicryptophytes; G: 地下芽植物 Geocryptophytes; Th: 1 年生植物 Therophytes

应性的种类大量增加。高位芽植物中,小高位芽植物最多,有 20 种,占 24.7%,其中落叶 18 种,常绿 2 种;中高位芽植物和矮高位芽植物均有 10 种,占 12.3%,全部为落叶种;大高位芽植物最少,6 种,占 7.4%,其中落叶 4 种,常绿 2 种。在高位芽植物中,落叶的种类占 91.3%,而常绿的种类只占 8.7%。全部木本植物中,落叶植物占 89.5%,常绿种类占 10.5%。而乔木层常绿树种的重要值(62.3%)高于落叶树种的重要值(47.7%)(表 1)。表 2 显示了神农架巴山冷杉林与邻近地区针叶林生活型的异同。可以看出,几个群落都是高位芽植物占优势,其次是地面芽植物,地面芽植物较适应在气温低、生长季短的高海拔寒冷地区生长,是对冬季酷寒天气适应最成功的生活型,中高海拔地区针叶林下寒冷、阴暗、潮湿的环境也比较适宜地下芽植物的发展,地上芽和 1 年生植物较少,表现出明显的温带针叶林特征。神农架巴山冷杉林的地下芽植物所占比例明显低于北部的秦岭南坡旬河中上游的巴山冷杉林和伏牛山的太白冷杉林,说明水热条件更优越,更接近亚热带森林生活型特点。

表 1 巴山冷杉群落乔木层植物的重要值

Table 1 Importance values of tree species in *Abies fargesii* community

树种 Species	相对多度(%) Relative abundance	相对频度(%) Relative frequency	相对显著度(%) Relative prominence	重要值(%) Importance value
巴山冷杉 <i>Abies fargesii</i>	52.97	22.13	87.82	54.31
红桦 <i>Betula albo-sinensis</i>	11.62	19.47	7.50	12.86
粉红杜鹃 <i>Rhododendron oreodoxa</i> var. <i>fargesii</i>	11.81	8.85	1.40	7.35
五裂槭 <i>Acer oliverianum</i>	4.98	10.62	0.88	5.49
小叶黄杨 <i>Buxus sinica</i>	6.64	6.19	0.54	4.46
巴东荚蒾 <i>Viburnum henryi</i>	3.32	7.96	0.13	3.81
毛核木 <i>Symphoricarpos sinensis</i>	2.21	7.08	0.08	3.12
湖北花楸 <i>Sorbus hupehensis</i>	1.29	6.19	0.26	2.58
矩圆叶卫矛 <i>Euonymus oblongifolius</i>	1.29	4.42	0.04	1.92
扇叶槭 <i>Acer flabellatum</i>	1.48	2.65	0.73	1.62
青榨槭 <i>Acer davidii</i>	0.92	1.77	0.04	0.91
二列叶柃 <i>Eurya distichophylla</i>	0.92	0.89	0.08	0.63
山杨 <i>Populus davidiana</i>	0.37	0.89	0.49	0.58
樱桃 <i>Cerasus pseudocerasus</i>	0.18	0.89	0.01	0.36

表 2 神农架巴山冷杉林与邻近地区针叶林生活型谱比较

Table 2 Comparison of the life-form spectrums between *Abies fargesii* and other coniferous forests in adjacent regions

研究地区 Region	Ph(%)	Ch(%)	H(%)	G(%)	Th(%)
神农架巴山冷杉林 <i>Abies fargesii</i> forest in Shennongjia	56.8	1.2	22.2	18.5	1.2
佛坪自然保护区巴山冷杉林 ^[17] <i>Abies fargesii</i> forest in Foping Nature Reserve	51.9	3.2	36.9	5.9	2.8
旬河中上游巴山冷杉林 ^[18] <i>Abies fargesii</i> forest in upper and middle reaches of Xunhe River	53	2	17	25	5
伏牛山太白冷杉林 ^[19] <i>Abies sutchuenensis</i> forest in Funiu mountain	51	0	27.1	25	0

Ph: 高位芽植物 Phanerophytes; Ch: 地上芽植物 Chamaephytes; H: 地面芽植物 Hemicryptophytes; G: 地下芽植物 Geocryptophytes; Th: 1 年生植物 Therophytes

叶的特征包括叶级、叶型、叶质、叶缘 4 个方面,也是构成群落外貌的重要方面,既反应了群落的生境特点,也反映了群落的发展历史^[14,15]。本文应用了 Raunkiaer^[13]叶级分类系统和 Paijmans^[16]叶质分类系统研究神农架巴山冷杉林植物叶的性质(表 3),结果表明,该群落以小型叶植物占优势,占总数的 49.4%;中型叶次之,占 28.6%;其次是微型叶植物占 19.5%;大型叶植物最少,只有 2 种。就叶型来讲,单叶植物的比例很高,

占 81.4%,复叶植物占 19.6%。叶的质地以草质最多,占 56.4%,膜质叶共 22 种,占 28.2%,革质叶最少(15.4%)。草质叶种类占优势的特征可能与该地区位于中亚热带与北亚热带的过渡区,林中混入不少落叶种类,植物区系具有明显的温带性特点有关。但若从重要值比较,则是小型革质叶植物占优势,表现出神农架巴山冷杉林主要层中植物叶的常绿革质性质。与邻近地区针叶林比较可以看出,总体上都是中小型叶占多数,神农架巴山冷杉的叶级规律与浙江省凤阳山自然保护区福建柏群落更为相似。巴山冷杉群落的非全缘叶相对于其它两个群落更多。

表 3 神农架巴山冷杉林与邻近地区针叶林叶性质的比较

Table 3 Comparison of plant leaf between *Abies fargesii* and other coniferous forests in adjacent regions

群落 Community	叶级 (%) Leaf size class				叶型 (%) Leaf form		叶质 (%) Leaf texture			叶缘 (%) Leaf margin	
	Ma	Me	Mi	Na	Si	Co	1	2	3	E	U
神农架巴山冷杉林 <i>Abies fargesii</i> forest in Shennongjia	2.6	28.6	49.4	19.5	81.4	19.6	28.2	56.4	15.4	38.6	61.4
凤阳山福建柏 ^[20] <i>Fokienia hodginsii</i> forest in Fengyang mountain	6.5	32.9	52.9	7.7	89.7	10.3	0.6	57.4	41.9	48.4	51.6
秦岭华山松 ^[21] <i>Pinus armandii</i> forest in Qinling Mountain	4.8	57.8	33.1	4.2	83.7	16.3		93.4		45.9	54.1

Ma:大型叶 Macrophyll; Me:中型叶 Mesophyll; Mi:小型叶 Microphyll; Na:微型叶 Nanophyll; Si:单叶 Single leaf; Co:复叶 Compound leaf; 1:膜质 Membranous; 2:草质 Herbaceous; 3:革质 Coriaceous; E:全缘 Entire; U:非全缘 Uentire

2.1.2 神农架巴山冷杉林的垂直结构

层次结构是群落垂直结构的重要标志,其成因决定于生态环境,特别是群落生长的水热条件和土壤条件^[10]。群落所有种类及个体在空间中的配置状态在很大程度上是空间上的生态分化决定的,反映群落对环境的适应、动态和机能^[15]。巴山冷杉群落成层现象明显,结构不很复杂,在垂直方向上可划分为乔木层、灌木层、草本层和苔藓层,林下苔藓层十分发达。

乔木层高度约 30m,盖度 50%~80%,主要由松科、杜鹃花科、桦木科、蔷薇科等的高位芽植物组成,共有 614 株树,平均树高 21m,最高 32m;平均胸径 20.5cm,最大 82cm。乔木层没有明显的亚层,20m 以上的林冠主要由巴山冷杉组成,伴生树种有红桦、粉红杜鹃、小叶黄杨(*Buxus sinica* var. *parvifolia*)、五裂槭、毛核木(*Symphoricarpos albus*)、矩圆叶卫矛(*Euonymus oblongifolius*)、扇叶槭(*Acer flabellatum*)、青榨槭(*Acer davidii*)等。其中常绿树种有巴山冷杉、粉红杜鹃、杉木、二列叶柃 4 种,385 株,占 62.7%;落叶树 229 株,占 37.3%,说明此层主要由常绿树种构成,同时混生一些落叶阔叶高位芽植物。本区的巴山冷杉林基本未受人为干扰和破坏,自然景观保存完好,水热条件适宜巴山冷杉的生长,属自然分布的稳定巴山冷杉纯林,其它树种难以侵入和生长,使得乔木层物种多样性相对较低。

灌木层高度 0.1~4m,盖度在 5%~30%之间,以落叶小高位芽和矮高位芽植物为主。优势种有鄂西瑞香(*Daphne wilsonii*)、南方六道木(*Abelia dielsii*)、镇平铁线莲(*Clematis puberula* var. *ganpiniana*)、矩圆叶卫矛(*Euonymus oblongifolius*)、五味子(*Schisandra chinensis*)、巴东醉鱼草(*Buddleja albiflora*)、钝叶蔷薇(*Rosa sertata*)等。

草本层较灌木层发达,高度 0.2~1.2m,盖度在 20%~45%之间,以菊科(Compositae)为主,其次有酢浆草科(Oxalidaceae)、蓼科(Polygonaceae)植物,主要有窄萼凤仙花(*Impatiens stenosepala*)、深山蟹甲草(*Parasenecio profundorum*)、金星蕨(*Parathelypteris glanduligera*)、星果草(*Asteropyrum peltatum*)、三褶脉紫菀(*Aster ageratoides*)、山酢浆草(*Oxalis acetosella* subsp. *griffithii*)、落新妇(*Astilbe chinensis*)、牛泔草(*Circaea cordata*)、短毛金线草(*Antenoron filiforme* var. *neofiliforme*)、狭苞橐吾(*Ligularia intermedia*)、钝叶楼梯草(*Elatostema obtusum*)、水田碎米荠(*Cardamine lyrata*)、荆芥(*Nepeta cataria*)等。林内阴暗湿润,枯枝落叶层较

厚,苔藓层发达。

2.1.3 神农架巴山冷杉林的种类组成和地理成分

据调查统计,1hm²样地内共有维管束植物 34 科 63 属 74 种(表 4)。其中蕨类植物 4 科 4 属 5 种,占总科、属、种的 11.76%、6.35%、6.76%。裸子植物只有巴山冷杉(*Abies fargesii*)和华山松(*Pinus armandii*)。被子植物 29 科,57 属,67 种,其中双子叶植物 26 科,49 属,59 种,占总科、属、种 76.47%、77.78%、79.73%;单子叶植物 3 科,8 属,8 种,占总科、属、种 8.82%、12.70%、10.81%。群落中以双子叶植物的种类占绝对多数。含 4 种及以上的科有蔷薇科(Rosaceae)、菊科(Compositae)、百合科(Liliaceae)、虎耳草科(Saxifragaceae)、忍冬科(Caprifoliaceae)、毛茛科(Ranunculaceae)等 6 个,含 24 属、36 种,占科、属、种总数的 17.65%、38.10%、48.65%,这 4 个科所含的种约占总数的一半,是该植物区系的主要组成科。仅含 1~2 种的科为 29 科,占总科数的 85.29%。只出现 1 种的属较多,有醉鱼草属(*Buddleja*)、青莢叶属(*Helwingia*)、露珠草属(*Circaea*)、酢浆草属(*Oxalis*)、碎米荠属(*Cardamine*)、卫矛属(*Euonymus*)等 53 个属,占总属数的 84.13%。含 4 种及以上的科中,除蔷薇科、忍冬科有些属为木本植物外,其余各科均为草本植物,在该群落中的作用并不明显,而含属种较少的松科(Pinaceae)、桦木科(Betulaceae)、杜鹃花科(Ericaceae)、槭树科(Aceraceae)等则是该群落的优势科。可见,神农架巴山冷杉群落种类组成虽然不丰富,但科属组成是较为复杂的。这标志着该群落是一个成熟、稳定的顶级群落。

表 4 神农架巴山冷杉林维管束植物统计

Table 4 Statistics of vascular plants of *Abies fargesii* forest in Shennongjia

科名 Families	属:种 Genera: Species	科名 Families	属:种 Genera: Species
百合科 Liliaceae	5:5	十字花科 Cruciferae	1:1
唇形科 Labiatae	2:2	石松科 Lycopodiaceae	1:1
酢浆草科 Oxalidaceae	1:1	鳞毛蕨科 Dryopteridaceae	1:1
杜鹃花科 Ericaceae	1:1	松科 Pinaceae	2:2
凤尾蕨科 Pteridaceae	1:1	卫矛科 Celastraceae	1:1
凤仙花科 Balsaminaceae	1:1	乌毛蕨科 Blechnaceae	1:2
禾本科 Gramineae	2:2	五加科 Araliaceae	1:1
虎耳草科 Saxifragaceae	5:5	玄参科 Scrophulariaceae	2:2
桦木科 Betulaceae	2:2	杨柳科 Salicaceae	1:2
菊科 Compositae	6:6	槭树科 Aceraceae	1:2
蓼科 Polygonaceae	1:1	荨麻科 Urticaceae	1:1
柳叶菜科 Onagraceae	1:1	蔷薇科 Rosaceae	6:10
马兜铃科 Aristolochiaceae	1:1	忍冬科 Caprifoliaceae	5:6
马钱科 Loganiaceae	1:1	瑞香科 Thymelaeaceae	1:1
毛茛科 Ranunculaceae	2:4	伞形科 Umbelliferae	1:1
木兰科 Magnoliaceae	1:1	莎草科 Cyperaceae	1:1
山茱萸科 Cornaceae	1:1	共 34 科 63 属 74 种	
山茶科 Theaceae	2:2	Total 34 families 63 genera 74 species	

从巴山冷杉群落乔木层物种重要值排序(表 1)可知,巴山冷杉种群在群落中优势明显,重要值高达 54.31%,相对密度、相对频度和相对显著度均居首位,尤其是相对显著度高达 87.82%。重要值在 5% 以上的种群有巴山冷杉、红桦、粉红杜鹃、五裂槭(*Acer oliverianum*)等 4 个。由此可见,巴山冷杉为该群落的优势种,红桦、粉红杜鹃为次优种。群落的森林环境主要由巴山冷杉所决定,巴山冷杉在群落结构、竞争、恢复和演替方面起着重要作用。

区系组成是群落最重要的特征之一,决定着群落的外貌、结构。根据吴征镒对我国种子植物科和属分布区类型的划分标准^[22,23],经统计,巴山冷杉群落中世界广布有 13 科,占总科数的 43.33%;热带、亚热带分布

的有 8 科, 占总科数的 26.67%; 温带分布 9 科, 占总科数的 30.00%。种子植物属的分布区类型见表 5, 可以看出, 巴山冷杉群落的植物属在 12 个分布区, 3 个变型中有出现, 比例较大的分布区类型是北温带分布, 有 23 个属(42.61%)、东亚和北美洲间断分布有 8 属(14.82%)、泛热带分布有 6 属(11.11%)、世界分布 5 属, 中国特有属 2 个, 分别是星果草属(*Asteropyrum*)和箭竹属(*Fargesia*)。属温带性分布的占 77.79%, 热带的次之(18.51%), 可见, 本群落的植物与温带的成分关系最为密切, 但群落中其它类型占有一定比例, 表明植物组成较为复杂。从热带分布属所隶属的科来看, 几乎都是以热带分布为主, 并延伸到温带或亚热带的科, 在我国南部热带地区出现的典型的热带科在本区没有分布。

表 5 巴山冷杉群落种子植物属的分布区类型
Table 5 The areal-types of genera of *Abies fargesii* community

分布区类型 Areal-types	属数 Genera	占总属数(%) % in total genera
1. 世界分布 Cosmopolitan	5	
2. 泛热带分布 Pantropic	6	11.11
4. 旧世界热带分布 Old World Tropics	1	1.85
5. 热带亚洲至热带大洋洲分布 Tropical Asia & Trop. Australasia	1	1.85
6. 热带亚洲至热带非洲分布 Trop. Asia to Trop. Africa	1	1.85
7. 热带亚洲(印度-马来西亚)分布 Trop. Asia(Indo-Malesia)	1	1.85
8. 北温带分布 North Temperate	23	42.61
8-4. 北温带和南温带间断分布“全温带” N. Temp. & S. Temp. disjuncted. (“Pan-temperate”)	1	1.85
9. 东亚和北美洲间断分布 E. Asia & N. Amer. disjuncted	8	14.82
9-1. 东亚和墨西哥间断分布 E. Asia and Mexico disjuncted	1	1.85
10. 旧世界温带分布 Old World Temperate	4	7.41
11. 温带亚洲分布 Temp. Asia	1	1.85
14. 东亚分布 E. Asia	2	3.70
14-1. 中国-喜马拉雅分布 Sino-Himalaya(SH)	2	3.70
15. 中国特有分布 Endemic to China	2	3.70
合计 Total	59	100

* 百分比不包括世界分布属 Excluding cosmopolitan genera

2.2 神农架巴山冷杉的种群特征

2.2.1 巴山冷杉幼苗、幼树的大小级结构

以高度级为横坐标, 高度大小级的频度为纵坐标, 绘制巴山冷杉幼苗、幼树的大小级结构图(图 2)。

图 2 显示巴山冷杉林的幼苗储备非常丰富, 有 594 株, 占更新层的 90.4%, 而 3m 以上的大幼树仅有 5 株。巴山冷杉自身的生物学特性及环境因素是形成这种现象的主要原因。巴山冷杉虽为耐荫树种, 但苗期适当的光照也是幼苗生长存活的必要条件, 尤其是在幼树和大幼树阶段需要较强的光照。在郁闭度较高的巴山冷杉群落中, 林内光照条件相对较差, 种内和种间竞争激烈, 空间生态位受到限制, 抑制了幼苗向幼树的转化。野外观察发现, 在较阴蔽的环境条件下, 常有幼树死亡的现象发生, 而在林窗下, 有较多的幼树发生, 可见巴山冷杉属于林窗更新方式, 在林窗中幼苗向幼树转化的成活率大大提高。

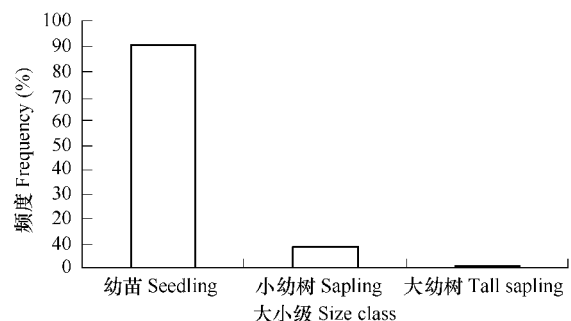


图 2 巴山冷杉幼树大小级结构

Fig.2 The size class structure of *Abies fargesii* sapling population

2.2.2 巴山冷杉成树的大小级结构

此群落乔木层巴山冷杉共 316 株,胸径 24cm 以下的个体约占 28.2%,中间径级株数多,达 50.6%,胸径大于 54cm 的大树占 21.2%,种群表现增长趋势(图 3)。径级分布的一个突出特点是 4~14cm 径级的个体不足,其主要原因在于光照条件的制约以及种群内与种群间个体的竞争,使得幼苗、幼树成长为具繁殖能力的成树的可能性大大减少,导致乔木层年青个体数量不足。从图 4 中可了解巴山冷杉种群在垂直空间中的配置结构,高度结构基本呈倒金字塔形,最大高度不超过 35m,集中分布于 8~10 级 3 个高度级上(62.2%),10 级个体最多(29.3%),表明该种群在群落中居于主体地位。频度随冠幅级的递增呈倒“J”形分布(图 5),5m² 以下最多(30.8%),第 8 级缺失。冠幅小于 20m² 的植株占 87.4%。

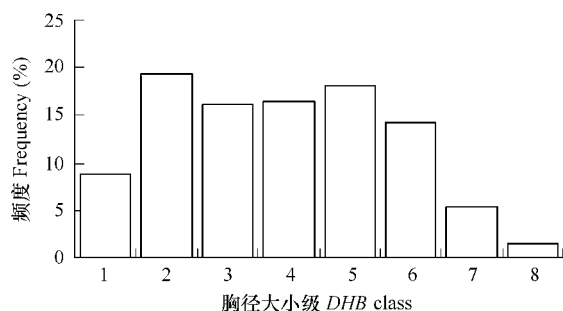


图 3 巴山冷杉成树胸径大小级结构

Fig. 3 The DBH class structure of *Abies fargesii* population

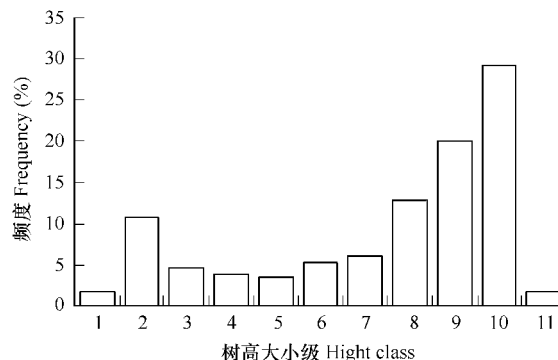


图 4 巴山冷杉成树树高大小级结构

Fig. 4 The height class structure of *Abies fargesii* population

2.2.3 冠幅与胸径、树高的关系

冠幅和胸径的相关性曲线(图 6)表明二者呈指数相关,回归方程为 $y = 2.7118e^{0.0308x}$, $R^2 = 0.520$ 。冠幅与树高的回归方程为 $y = 2.1857e^{0.0633x}$, $R^2 = 0.426$ (图 7),表明冠幅与胸径的关系比与树高更密切。

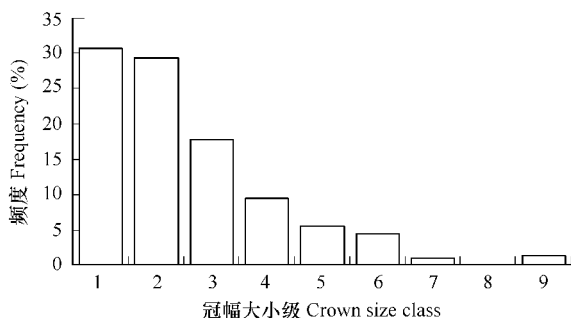


图 5 巴山冷杉成树冠幅大小级结构

Fig. 5 The crown size class structure of *Abies fargesii* population

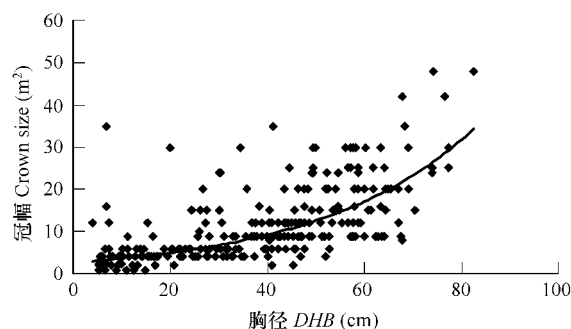


图 6 胸径、冠幅回归曲线图

Fig. 6 Regression curves of DBH and crown size

3 讨论与结论

神农架巴山冷杉林是保存完好的天然原始林,群落的外貌特征、垂直结构等体现了中亚热带北缘亚高山针叶林的特征。群落的性质主要由中小型革质、单叶为主的常绿高位芽植物所决定。群落成层现象明显,结构不很复杂,在垂直方向上可划分为乔木层、灌木层、草本层,林下苔藓层发达。群落中双子叶植物占多数,区系成分复杂分散,以温带性分布占优势。从区系成分、乔木层优势科的重要值和生活型特征分析可知,神农架巴山冷杉林具有典型的温带常绿针叶林性质。

我国是世界上温带分布属最集中的地区,神农架地区又是我国温带分布属较集中的地区,是温带区系发育的重要场所之一。神农架东侧北坡植被的温带性十分明显,南坡呈现温带性落叶林与山地针叶林相交接的

情况^[24]。这里具有丰富的古老北温带植物区系,不少木本属是第三纪泛北极植物区系的后裔,由于这里具备复杂的地形和温湿的气候条件而得以大量保存与良好的发展。本研究的样地位于神农架林区偏东侧的北坡,其研究结果很好的支持了这一论断。

神农架位于北亚热带和暖温带的交界处,此处的巴山冷杉处于自然分布的东南部边缘;太白山地处暖温带,是巴山冷杉分布的中心地区。傅志军^[20]研究了太白山巴山冷杉林的结构与类型,两地气候条件的差异使得群落组成及结构也有不同。神农架巴山冷杉林垂直结构明显,有明显的乔木层、灌木层、草本层和发达的苔藓层,草本层以菊科植物为主。太白山巴山冷杉林群落垂直结构分异较大,群落内阴湿的环境使活地被物充分发育,而使灌木层和草本层的种类成分受到抑制,常不能形成明显的灌木层或草本层。太白山巴山冷杉林可分为巴山冷杉-灌木林、巴山冷杉-草类林和巴山冷杉-藓类林 3 种类型。灌木层优势种有金背杜鹃、秀雅杜鹃、华西忍冬、光叶云南冬青等,草本层则以莎草科和禾本科为主,其次为菊科^[25,11]。

沈泽昊等人^[9]对神农架南坡植物群落多样性的海拔梯度格局进行了研究,结果表明,从海拔 2000m 以上针叶树的比例增大,到 2400m 基本为针阔混交林,落叶阔叶树的重要值迅速降低;自海拔 2450m 以上,群落基本由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 2400m 左右的南坡世界广布种占 20%,并在亚高山地带最高达到 40% 左右,远高于本研究样地(8.2%)。南坡海拔 2400m 以上的巴山冷杉暗针叶林与北坡巴山冷杉群落的另一个区别是,南坡落叶乔木种不超过 3 种,本研究样地中落叶乔木多达 12 种,产生这种差异的原因可能是南坡受东南季风影响更显著,水热条件更优越,而北坡生境相对干旱,落叶树种较多。

巴山冷杉的耐荫性使得它在林冠下层也占据主导地位^[3],在郁闭度高的情况下,伴生的红桦、粉红杜鹃等阳性树种生长不良,难以达到林冠上层。但亚高山地区的成熟巴山冷杉容易感染腐心病,生命期短^[26]。成熟林中断梢、腐倒木较多^[27],巴山冷杉的倒伏和死亡导致林窗的出现,这为巴山冷杉的更新创造了条件,也为下层的红桦等树种的渗入提供了机会。太白山北坡平安寺至放羊寺地段就发生过牛皮桦和一些灌丛取代巴山冷杉的情况,牛皮桦首先占领,而牛皮桦林冠下有巴山冷杉的幼苗幼树,最终巴山冷杉林又会更替牛皮桦林而恢复起来^[11]。推测神农架巴山冷杉林在遭受火焚或被伐的干扰时也会出现这种情况。

植株数随冠幅级变化呈倒“J”型,冠幅面积集中在 20m² 以下,这与针叶树的窄冠形特征相符合。冠幅能够反应植物的空间占据能力。枝条充分伸展,就能有效的利用阳光、空气等资源^[28]。神农架巴山冷杉种群发育成熟,环境容量近于饱和,种内竞争相当激烈,侧枝有大量的断梢现象,促使树木只有向高生长,才能充分利用空间。只有达到群落最上层的少数个体,在竞争中处于优势地位,占据了上层空间,能够获取充分的水、热、光等资源,发展出较大冠幅。

References:

- [1] Franklin J F, Maeda T, Ohsumi Y, et al. Subalpine coniferous forests of central Honshu, Japan. *Ecological Monographs*, 1979, 49: 311—334.
- [2] Hiura T, Sano J, Konno Y. Age structure and response to fine-scale disturbances of *Abies sachalinensis*, *Picea jezoensis*, *Picea glehnii*, and *Betula ermanii* growing under the influence of a dwarf bamboo understory in northern Japan. *Canadian Journal of Forest Research*, 1996, 26: 289—297.
- [3] Miyadokoro T, Nishimura N, Yamamoto S. Population structure and spatial patterns of major trees in a subalpine old-growth coniferous forest, central Japan. *Forest Ecology and Management*, 2003, 182: 259—272.
- [4] Yan J C. Oil chemical components analysis of *Abies fargesii* leaves. *Forestry Science and Technology of Jilin Province*, 1988, 4: 34—36.
- [5] Fan J S. Comparison of the essential oil of *Abies fargesii* and *Abies chensiensis* van Tiegh. *Journal of Northwest Forestry College*, 1998, 13(3): 42.

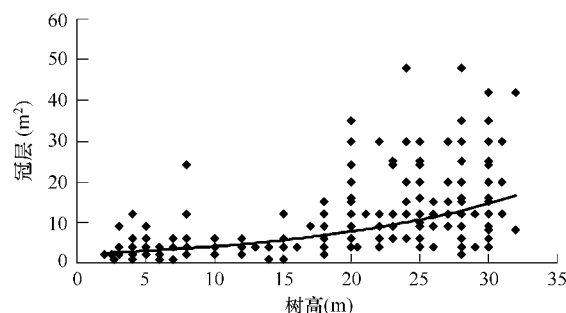


图7 树高、冠幅回归曲线图

Fig. 7 Regression curves of height and crown size

—44.

- [6] Chang Y M, Jiang Y G. Developing and using of *Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim resources. Chinese Wild Plant, 1990, 1:26—28.
- [7] Li W Y. Relationship between pollen and plant of the *Abies fargesii* forest and its succession in the Shennongjia mountain. Acta Geographica Sinica, 1991, 46(2):186—194.
- [8] Lou A R. A study on the population structure and syndynamics of three kinds secondary forest of Shennongjia. Journal of Beijing Normal University (Natural Science), 1996, 32(1):124—128.
- [9] Shen Z H, Hu H F, Zhou Y, et al. Altitudinal patterns of plant species diversity on the southern slope of Mt. Shennongjia, Hubei, China. Biodiversity Science, 2004, 12(1):99—107.
- [10] Chen L Z. Current Situation of Biology Diversity in China and the protection methods. Beijing: Science Press, 1993.
- [11] Lei M D. Vegetation of Shaanxi Province. Beijing: Science Press, 1999. 125.
- [12] Yu D P, Zhou L, Dong B L, et al. Structure and dynamics of *Betula ermanii* population on the Northern slope of Changbai Mountain. Chinese Journal of Ecology, 2004, 23(5):30—34.
- [13] Raunkiaer C. The life forms of plants and statistical plant geography. Oxford: Clarendon Press, 1934. 17—104, 368—378.
- [14] Song Y C, Zhang S, Wang X P, et al. Community analysis of evergreen broad-leaved forest in Wuyanling, Taishun county, Zhejiang. Journal of Plant Ecology and Geo-plant, 1982, 6(1):14—34.
- [15] Wang X R. An analysis of ecological characteristics of evergreen broad-leaved forest in the Tiantong National Forest Park, Zhejiang Province, China. Journal of Hubei University(Natural Science), 1993, 15(4):430—435.
- [16] Pajmians K. An analysis of four tropical rain forest sites in New Guinea. Journal of Ecology, 1970, 58(1):77—101.
- [17] Yue M, Dang G D, Gu T Q. Vertical zone spectrum of vegetation in Foping National Reserve and the comparison with the adjacent areas. Journal of Wuhan Botanical Research, 2000, 18(5):375—382.
- [18] Wang C K, Lv X G, Lei M D. Vertical difference of the vegetation in the middle and upper reaches of Xunhe River basin on the south face of Qinling Mountain. Journal of Mountain Science, 2000, 18(4):301—305.
- [19] Zhu X W, Sun Z Y, Ye Y Z, et al. Study on life-form spectrum of needle-leaf forest community in Henan. Henan Science, 2000, 18(3):274—277.
- [20] Ai J G, Ding B Y, Yu M J. A preliminary study of phytocoenosis characteristic of *Folienia hodginsii* in Fengyangshan Nature Reserve. Journal of Zhejiang Forestry College, 2005, 22(2):133—138.
- [21] Wang D X, Liu J J, Li D W, et al. Community characteristics of *Pinus armandi* forest on Qinling Mountains. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(3):357—362.
- [22] Wu Z Y, Zhou Z K, Li D Z, et al. The areal-types of the world families of seed plants. Acta Botanica Yunnanica, 2003, 25(3):245—257.
- [23] Wu Z Y. The Areal-types of Chinese genera of Seed Plants. Acta Botanica Yunnanica, 1991, (supp. IV):1—139.
- [24] Ying J S, Ma C G, Zhang Z S. Floral composition and vegetation in Shennongjia area. Acta Phytotaxonomica Sinica, 1979, 7(3):41—59.
- [25] Fu Z J. Preliminary studies on *Abies fargesii* in Taibai mountain in Qinling. Journal of Baoji College of Arts and Sciences(Natural Science), 1997, 17(4):60—66.
- [26] Kanzaki M. Regeneration in subalpine coniferous forests I. Mosaic structure and regeneration process in a *Tsuga diversifolia* forest. Botany Magazine Tokyo, 1984, 97:297—231.
- [27] Zhu Z Q, Song C S. Scientific survey of Shennongjia National Reserve. Beijing: China Forestry Press, 1999. 108—109.
- [28] Bi X L, Hong W, Wu C Z, et al. Study on fractals of crown breath of different tree in *Pinus taiwanensis* forests. Journal of Fujian College of Forestry, 2001, 21(4):347—350.
- [29] Chen S X. Study on density of *Eucalypt. urophylla*. forestation. Science and Technology of *Eucalyptus* spp., 1995, 2:20—29.

参考文献:

- [4] 阎吉昌. 冷杉叶油化学成分分析. 吉林林业科技, 1988, 4:34—36.
- [5] 樊金拴. 巴山冷杉和秦岭冷杉精油比较分析. 西北林学院学报, 1998, 13(3):42—44.
- [6] 常有明, 姜玉贵. 冷杉资源的开发和利用. 中国野生植物, 1990, 1:26—28.
- [7] 李文漪. 神农架巴山冷杉林花粉与植物关系及其森林植被之演替. 地理学报, 1991, 46(2):186—194.
- [8] 娄安如. 神农架 3 种天然次生林的种群结构和演替趋势. 北京师范大学学报(自然科学版), 1996, 32(1):124—128.
- [9] 沈泽昊, 胡会峰, 周宇, 等. 神农架南坡植物群落多样性的海拔梯度格局. 生物多样性, 2004, 12(1):99—107.
- [10] 陈灵芝. 中国的生物多样性现状及其保护对策. 北京: 科学出版社, 1993.
- [11] 雷明德. 陕西植被. 北京: 科学出版社, 1999. 125.

- [12] 于大炮,周莉,董百丽,等. 长白山北坡岳桦种群结构及动态分析. 生态学杂志,2004,23(5):30~34.
- [13] 傅志军. 秦岭太白山巴山冷杉林初步研究. 宝鸡文理学院学报(自然科学版),1997,17(4):60~66.
- [14] 宋永昌,张绅,王献溥,等. 浙江泰顺县乌岩岭常绿阔叶林的群落分析. 植物生态学与地植物学丛刊,1982,6(1):14~34.
- [15] 王祥荣. 浙江天童国家森林公园常绿阔叶林生态特征的分析. 湖北大学学报(自然科学版),1993,15(4):430~435.
- [17] 岳明,党高弟,辜天琪. 佛坪国家级自然保护区植被垂直带谱及其与邻近地区的比较. 武汉植物学研究,2000,18(5):375~382.
- [18] 王长科,吕宪国,雷明德. 秦岭南坡旬河流域中上游地区植被垂直分异. 山地学报,2000,18(4):301~305.
- [19] 朱学文,孙自友,叶永忠,等. 河南山地针叶林植物生活型谱的研究. 河南科学,2000,18(3):274~277.
- [20] 袁建国,丁炳扬,于明坚. 凤阳山自然保护区福建柏群落特征的初步研究. 浙江林学院学报,2005,22(2):133~138.
- [21] 王得祥,刘建军,李登武,等. 秦岭山地华山松林群落学特征研究. 应用生态学报,2004,15(3):357~362.
- [22] 吴征镒,周浙昆,李德铎,等. 世界种子植物科的分布区类型系统. 云南植物研究,2003,25(3):245~257.
- [23] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型. 云南植物研究,1991,(增刊IV):1~139.
- [24] 应俊生,马成功,张志松. 鄂西神农架地区植物区系和植被. 植物分类学报,1979,17(3):41~59.
- [25] 傅志军. 秦岭太白山巴山冷杉林初步研究. 宝鸡文理学院学报(自然科学版),1997,17(4):60~66.
- [26] 朱兆泉,宋朝枢. 神农架自然保护区科学考察集. 北京:中国林业出版社,1999. 108~109.
- [27] 毕晓丽,洪伟,吴承祯,等. 黄山松林不同树种树冠分形特征研究. 福建林学院学报,2001,21(4):347~350.
- [28] 陈少雄. 尾叶桉造林密度研究. 桉树科技,1995,2:20~29.