

神农架山地河岸带中珍稀植物群落特征

魏新增^{1,2}, 何东^{1,2}, 江明喜^{1*}, 黄汉东¹, 杨敬元³, 喻杰³

(1. 中国科学院武汉植物园, 武汉 430074; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049;

3. 湖北神农架国家级自然保护区管理局, 湖北神农架 442421)

摘要: 以领春木(*Euptelea pleiospermum*)、连香树(*Cercidiphyllum japonicum*)为优势种的珍稀植物群落是神农架山地中海拔地段河岸带中的典型群落类型。在神农架地区4大水系(沿渡河、香溪河、南河和堵河)的河岸带中共调查了48个样地,采用植物群落学方法,分析了该区山地河岸带中珍稀植物群落特征。结果表明:(1)群落中植物种类丰富,科属组成比较分散。共记录到维管束植物749种,隶属144科412属,其中每科仅记录到1个属的有72个科,每属仅记录到1个种的有256个属。(2)在科水平上,热带、亚热带成分与温带成分所占比例几乎相同,在属水平上温带成分占主导。东亚分布成分、中国特有成分所占比例较高,共记录了6个东亚特有科,50个东亚特有属,2个中国特有科,27个中国特有属。(3)中小型草质单叶的落叶阔叶高位芽和地面芽植物是决定该珍稀植物群落外貌的主要成分。(4)群落垂直结构复杂,成层现象明显。第一乔木亚层树冠层分布不连续,第一、第二乔木亚层和灌木层从高到低郁闭度逐渐增大,草本层盖度各样地差别较大,层间植物丰富。该山地河岸带中丰富的珍稀、特有和/或孑遗植物表现出该群落的古老、孑遗性。虽然该区多数珍稀植物为温带性质,但该珍稀植物群落整体上在种类组成、区系分布、生活型谱、叶片性质等方面表现出亚热带亚高山垂直带谱上常绿落叶阔叶混交林的过渡性特征。自上而下逐渐密集的群落垂直结构为幼苗耐荫、成年趋于喜光的珍稀植物的不同发育阶段提供了利于其生长的光环境。特殊的地理位置、独特的地形地貌和良好的水热条件使亚热带山地河岸带成为珍稀植物(尤其是孑遗植物)就地保护中一个关键而特殊的区域。

关键词: 孑遗植物; 物种组成; 分布区型; 群落外貌; 生活型谱; 叶性质; 垂直结构

中图分类号: Q948.5; Q948.15

文献标识码: A

文章编号: 1000-470X(2009)06-0607-10

Characteristics of Riparian Rare Plant Communities on the Shennongjia Mountains, Central China

WEI Xin-Zeng^{1,2}, HE Dong^{1,2}, JIANG Ming-Xi^{1*}, HUANG Han-Dong¹, YANG Jing-Yuan³, YU Jie³

(1. Wuhan Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430074, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Administration Bureau of Shennongjia National Nature Reserve, Shennongjia, Hubei 442421, China)

Abstract: Riparian communities at middle altitude of the Shennongjia Mountains, with *Euptelea pleiospermum* and *Cercidiphyllum japonicum* as principal part, harbor many Tertiary-relic, rare and/or endemic species, some of which are mainly or exclusively confined to riparian habitats. In order to study the characteristics of the rare plant communities, we investigated 48 plots along riparian zones of the four main rivers (Yandu River, Xiangxi River, Nan River and Du River) on the Shennongjia Mountains. Species composition, areal-types, life-form spectrum, leaf characteristic and community vertical structure were analyzed. A total of 749 species were recorded, belonging to 412 genera and 144 families. Of these, there were 256 monotypic genera and 72 monotypic families. Analysis of the areal-types of spermatophyte indicated that tropical and subtropical elements were equivalent with temperate elements at family level, but temperate elements were dominant at genus level. As to endemic elements, 6 families and 50 genera were endemic to East Asia and 2 families and 27 genera were endemic to China. Physiognomy of these communities was characterized by phanerophytes and hemicryptophytes with mesophylllic and microphylllic herbaceous single leaves. Stratification of tree layer, shrub layer and herb layer was distinct. Tree layer was further subdivided into two sub-layers: upper and lower tree layers. From upper tree layer to shrub layer, the co-

收稿日期: 2009-01-16; 修回日期: 2009-05-10。

基金项目: 国家自然科学基金资金项目(30570331; 30670368)。

作者简介: 魏新增(1982-), 男, 博士研究生, 研究方向为保护生态学和保育遗传学。

* 通讯作者(Author for correspondence. E-mail: mxjiang@wbgeas.cn)。

verage increased gradually. Richness of endemic and/or relic plants indicates the old-growth and relictual characteristics of the riparian rare plant communities. All the features of species composition, areal-types, life-form spectrum and leaf characteristic reveal that the characteristic of the rare communities is characterized as a transition from evergreen broad-leaved forest to deciduous broad-leaved forest. The vertical structure makes it possible to provide favorable light for several riparian rare plants during their whole life history. Specific position, peculiar topography and well water/thermal condition make subtropical mountain riparian zones to be an important area for rare plants conservation.

Key words: Relic plant; Species composition; Areal-type; Community physiognomy; Life-form spectrum; Leaf characteristic; Vertical structure

神农架山地属于秦巴山系,为大巴山东延的余脉。该区地处我国地势第二阶梯向第三阶梯的过渡区域和北亚热带向暖温带的过渡区域,独特的地理位置和复杂的地形使其成为我国生物多样性最为丰富的地区之一^[1,2]。作为世界公认的生物多样性研究热点区域,神农架地区是我国种子植物特有属三个分布中心之一的川东-鄂西中心的重要组成部分,其植物区系起源古老,孑遗植物丰富,我国特有的单种属多^[3,4]。该区域同时也是国内外学者开展珍稀植物保护工作的热点和关键区域。

河岸带作为水陆交错带具有明显的环境因子(地形、水文、气候、土壤、干扰)、生态过程(竞争、捕食、疾病)和植物群落(组成、结构、功能)梯度,不但维持了较高的生物多样性,更为珍稀、孑遗、特有植物提供了重要的“避难所”^[5-9]。亚热带山地河岸带为珍稀、特有和孑遗植物提供了特殊的生境,但是对因此而形成的河岸带珍稀植物群落特征却知之甚少。作为长江及其最大支流汉水的分水岭,神农架山地水系发达,长江支流香溪河、沿渡河发源于其南坡,汉水支流南河、堵河发源于其北坡,以大、小神农架为中心呈放射流向。其中长江支流香溪河河岸带中珍稀植物种数占该地区珍稀植物总数的42.4%,这些植物具有很强的古老孑遗性和特有性,在属的分布区类型上虽然以温带性质为主,但绝大多数却不见于我国温带区域,而是生长于东西走向的亚热带高山中海拔段的河岸带生境^[10-13]。

物种组成是决定群落性质最重要的因素,群落学研究一般都从分析种类组成开始^[14]。植物区系的构成蕴含着大量历史、地理、生态和系统进化的信息^[15],对植物区系的分析有助于了解植物群落一定地区或地点的现在和过去的分布状况及分布规律,结合该地区或地点在历史上曾经发生的某些条件,可以进一步分析特定植物群落的起源和发展历史^[16]。植物生活型和叶片特征是群落外貌的主要

组成部分^[17-19],前者与环境因子关系密切,可反映区域生物气候特征,不同的生活型意味着不同的资源获得策略^[20],后者能够较好地反映生境的水热状况^[21]。分析植物群落的生活型谱有助于阐明群落性质、演替阶段、演替趋势以及群落对环境变化和人为活动的响应^[18,22,23]。成层性是最直观的群落垂直结构,依据其复杂程度可以对生境条件作出诊断^[14]。

本研究旨在:(1)通过对群落组成和植物区系的分析,探讨河岸带珍稀植物群落的性质和珍稀植物在河岸带集中分布的原因;(2)通过对群落外貌和垂直结构的分析,判定珍稀植物群落在河岸带的生长状况和目前的生境条件。希望我们的研究结果能够为河岸带植被和生物多样性保护提供基础数据,为河岸带作为珍稀植物就地保护的关键区域提供科学依据。

1 研究区域概况

研究区域位于湖北省西部的神农架山地,地理坐标范围为31°15'~31°57'N,109°56'~110°58'E。该区山脉大致呈东西走向,总的地势西南高东北低,由南向北逐渐降低。长期以来的外动力侵蚀、剥蚀使该区形成山高、坡陡、谷深的地貌特征,岭谷之间形成深长水系,以神农顶(海拔3105.4 m)为中心呈放射流向,南坡稍缓,北坡陡峭^[1]。该区居长江中游,属北亚热带季风气候区,深受东南、西南季风影响,气候温暖湿润。由于山体高大,气候具有明显的垂直梯度变化,沿海拔可分为亚热带(海拔1100 m以下)、暖温带(海拔1100~2600 m)、温带(海拔2600 m以上)3个生物气候带。水分、温度、土壤的垂直梯度变化必然使植被的垂直带谱明显: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)、针阔混交林(海拔2000~2400 m)、暗针叶

林(海拔 2300 m 以上)^[24]。而珍稀、濒危、特有植物主要分布于海拔 2000 m 以下,沿河岸带集中分布于海拔 1200 ~ 1800 m 之间^[10,24]。

2 研究方法

采用样方法对神农架山地 4 大水系——沿渡河、香溪河、南河、堵河河岸带珍稀植物群落进行植物群落学调查。从海拔 2000 m 开始,每下降 100 m 沿河岸带在珍稀植物分布集中的区域设置 20 m × 30 m 的样方,至海拔 900 m 为止(因河流不同而有所差异)。另外,在沿渡河海拔 2000、1700、1400、1000 m 和香溪河海拔 1800 m 处各设置一块 50 m × 50 m 的样方。在 4 条河流河岸带所设置的样方数目分布为 18、12、10、8,共计 48 个。为便于记录,把样方划分为 6 个或 25 个 10 m × 10 m 的小样方进行调查。记录各样方的海拔、经纬度、坡度、生境状况等指标;记录乔木层和灌木层的种名、高度、胸径、冠幅;记录层间植物的种名和胸径;在样方内随机选取 4 或 12 个 5 m × 5 m 的小样方记录木本植物幼苗和草本层的种名、高度、盖度、多度等指标。调查于 2006 年 7 ~ 9 月和 2008 年 4 月进行。

参考《中国植物志》^[25]和中国数字植物标本馆(<http://www.cvh.org.cn>)确定维管植物物种的科、属、种并进行统计分析;根据吴征镒等^[16]关于种子植物科、属分布区类型的划分标准,确定群落中种子植物科、属的分布区类型;根据 Raunkiaer^[26]生活型分类系统确定植物的生活型谱;应用 Pajmians^[17]关于叶片特征的分类标准确定叶的性质。

3 结果

3.1 种类组成与区系成分分析

3.1.1 植物种类组成

神农架山地河岸带中 48 个珍稀植物群落共记录到维管植物 749 种,分属 144 科 412 属。其中,蕨类植物有 17 科 25 属 43 种,分别占总科、属、种的 11.81%、6.07% 和 5.74%;种子植物有 127 科 387 属 706 种,占科、属、种的 88.19%、93.93% 和 94.26%。在种子植物中,裸子植物仅有 4 科 8 属 8 种,被子植物有 123 科 379 属 698 种。在被子植物中,双子叶植物 111 科 327 属 617 种,单子叶植物 12 科 52 属 81 种。

神农架山地河岸带中珍稀植物群落科、属、种组

成复杂,物种丰富(表 1)。按所含属数,将全部科分为大科(20 属以上)、较大科(11 ~ 20 属)、中等科(6 ~ 10 属)、小科(2 ~ 5 科)和单属科(该科在本地仅见 1 属)。大科包括蔷薇科;较大科包括菊科、禾本科、唇形科、毛茛科、百合科、伞形科、蝶形花科、兰科;中等科包括荨麻科、忍冬科、茜草科、五加科、樟科、水龙骨科。以上 15 科仅占总科数的 10.42%,所含属数却占总属数的 41.99%,所含物种数占总物种数的 40.58%。另有 57 个小科和 72 个单属科,分别占总科数的 39.58% 和 50%。神农架山地河岸带中珍稀植物群落含种数最多的属为槭属(*Acer*),有 16 个种;其次是荚蒾属(*Viburnum*),有 11 个种;蓼属(*Polygonum*)含有 9 个种;堇菜属(*Viola*)和薹草属(*Carex*)分别含 8 个种;栎属(*Quercus*)、山胡椒属(*Lindera*)、卫矛属(*Euonymus*)、悬钩子属(*Rubus*)分别含 7 个种;花椒属(*Zanthoxylum*)、花楸属(*Sorbus*)、忍冬属(*Lonicera*)分别含 6 个种;菝葜属(*Smilax*)、杜鹃属(*Rhododendron*)、鹅耳枥属(*Carpinus*)、风毛菊属(*Saussurea*)、蒿属(*Artemisia*)、黄精属(*Polygonatum*)、猕猴桃属(*Actinidia*)、乌头属(*Aconitum*)、绣球属(*Hydrangea*)分别含 5 个种;含 4 个种的属有 20 个;含 3 个种的属有 40 个;含 2 个种的属有 75 个;仅含 1 种的属有 256 个。其中仅含 1 个种的属占总属数的 62.14%,所含物种数却仅占总物种数的 34.18%。

3.1.2 种子植物科、属区系成分分析

对神农架山地河岸带中珍稀植物群落种子植物的科、属分布区类型进行统计(表 2)。127 个科共分为 11 个分布区、10 个变型。其中,世界广布类型 35 科,占总科数的 27.56%;热带、亚热带分布性质类型 50 科,占总科数的 39.37%;温带分布性质类型 41 科,占总科数的 32.28%,其中东亚特有 6 科:连香树科、领春木科、水青树科、三尖杉科、猕猴桃科和旌节花科;中国特有 2 科:杜仲科和珙桐科(表 1)。387 个属共分为 13 个分布区、13 个变型。其中,世界分布类型 34 属,占总属数的 8.78%;热带、亚热带分布性质类型 96 属,占总属数的 24.81%;温带分布性质类型 230 属,占总属数的 59.43%,其中东亚分布 50 属,占总属数的 12.92%;中国特有 27 属,占总属数的 6.98%(表 3)。特有植物表现出属组成丰富,每属所含物种数大多为一种的特点(表 3)。

表1 神农架山地河岸带中珍稀植物群落维管植物科、属、种组成分析
Table 1 Composition of families, genera and species of vascular plants in riparian rare plant communities on the Shennongjia Mountains, central China

科名 Family	属: 种 Genus: Species	科名 Family	属: 种 Genus: Species	科名 Family	属: 种 Genus: Species
爵床科 Acanthaceae	1: 1	柿树科 Ebenaceae	1: 1	瘤足蕨科 Plagiogyriaceae	1: 1
槭树科 Aceraceae	2: 17	胡颓子科 Elaeagnaceae	1: 4	车前科 Plantaginaceae	1: 2
猕猴桃科 Actinidiaceae *	2: 6	杜鹃花科 Ericaceae	4: 8	远志科 Polygalaceae	1: 1
铁线蕨科 Adiantaceae	1: 1	鼠刺科 Escalloniaceae	1: 1	蓼科 Polygonaceae	3: 11
七叶树科 Hippocastanaceae	1: 1	杜仲科 Eucommiaceae *	1: 1	水龙骨科 Polypodiaceae	6: 8
八角枫科 Alangiaceae	1: 2	大戟科 Euphorbiaceae	1: 1	报春花科 Primulaceae	2: 7
苋科 Amaranthaceae	1: 1	领春木科 Eupteleaceae *	1: 1	凤尾蕨科 Pteridaceae	1: 2
漆树科 Anacardiaceae	3: 6	壳斗科 Fagaceae	5: 19	鹿蹄草科 Pyrolaceae	2: 2
夹竹桃科 Apocynaceae	1: 1	大风子科 Flacourtiaceae	3: 3	毛茛科 Ranunculaceae	14: 24
冬青科 Aquifoliaceae	1: 3	紫堇科 Fumariaceae	2: 2	鼠李科 Rhamnaceae	3: 7
天南星科 Araceae	3: 5	龙胆科 Gentianaceae	4: 4	蔷薇科 Rosaceae	23: 49
五加科 Araliaceae	6: 12	牻牛儿苗科 Geraniaceae	1: 1	茜草科 Rubiaceae	6: 8
马兜铃科 Aristolochiaceae	3: 5	苦苣苔科 Gesneriaceae	3: 3	芸香科 Rutaceae	2: 8
萝藦科 Asclepiadaceae	1: 1	禾本科 Gramineae	15: 15	清风藤科 Sabiaceae	2: 6
铁角蕨科 Aspleniaceae	1: 3	茶藨子科 Grossulariaceae	1: 3	杨柳科 Salicaceae	2: 4
蹄盖蕨科 Athyriaceae	2: 2	裸子蕨科 Gymnogrammeae	1: 1	大血藤科 Sargentodoxaceae	1: 1
蛇菰科 Balanophoraceae	1: 1	金缕梅科 Hamamelidaceae	4: 4	三白草科 Saururaceae	1: 1
凤仙花科 Balsaminaceae	1: 4	绣球科 Hydrangeaceae	5: 9	虎耳草科 Saxifragaceae	4: 6
秋海棠科 Begoniaceae	1: 1	金丝桃科 Hypericaceae	1: 4	五味子科 Schisandraceae	1: 3
小檗科 Berberidaceae	5: 9	茶茱萸科 Icacinaceae	1: 1	玄参科 Scrophulariaceae	3: 4
桦木科 Betulaceae	1: 2	八角科 Illiciaceae	1: 1	卷柏科 Selaginellaceae	1: 3
乌毛蕨科 Blechnaceae	1: 2	鸢尾科 Iridaceae	1: 1	苦木科 Simaroubaceae	2: 2
紫草科 Boraginaceae	2: 2	胡桃科 Juglandaceae	4: 7	中国蕨科 Sinopteridaceae	1: 1
阴地蕨科 Botrychiaceae	1: 1	灯心草科 Juncaceae	1: 3	菝葜科 Smilacaceae	1: 5
黄杨科 Buxaceae	3: 3	唇形科 Labiatae	14: 19	茄科 Solanaceae	4: 4
苏木科 Caesalpiniaceae	1: 1	木通科 Lardizabalaceae	4: 6	旌节花科 Stachyuraceae *	1: 2
桔梗科 Campanulaceae	2: 2	樟科 Lauraceae	6: 19	省沽油科 Staphyleaceae	2: 3
忍冬科 Caprifoliaceae	7: 24	百合科 Liliaceae	13: 19	安息香科 Styracaceae	2: 3
石竹科 Caryophyllaceae	2: 3	鳞始蕨科 Lindaseaceae	1: 1	山矾科 Symplocaceae	1: 3
卫矛科 Celastraceae	3: 9	半边莲科 Lobeliaceae	1: 1	红豆杉科 Taxaceae	2: 2
三尖杉科 Cephalotaxaceae *	1: 1	马钱科 Loganiaceae	2: 3	杉科 Taxodiaceae	2: 2
连香树科 Cercidiphyllaceae *	1: 1	楝科 Meliaceae	1: 2	水青树科 Tetracentraceae *	1: 1
藜科 Chenopodiaceae	1: 1	防己科 Menispermaceae	2: 3	茶科 Theaceae	3: 4
金粟兰科 Chloranthaceae	1: 1	桑科 Moraceae	3: 7	假繁缕科 Theligonaceae	1: 1
山柳科 Clethraceae	1: 1	紫金牛科 Myrsinaceae	2: 3	金星蕨科 Thelypteridaceae	1: 2
鸭趾草科 Commelinaceae	1: 1	珙桐科 Davidiaceae *	1: 1	瑞香科 Thymelaeaceae	1: 2
菊科 Compositae	20: 43	木犀科 Oleaceae	3: 6	椴树科 Tiliaceae	2: 5
马桑科 Coriariaceae	1: 1	柳叶菜科 Onagraceae	2: 2	延龄草科 Trilliaceae	1: 3
四照花科 Cornaceae	5: 10	球子蕨科 Onocleaceae	1: 1	榆科 Ulmaceae	4: 8
榛科 Corylaceae	3: 9	瓶尔小草科 Ophioglossaceae	1: 1	伞形科 Umbelliferae	13: 19
景天科 Crassulaceae	3: 6	兰科 Orchidaceae	11: 12	荨麻科 Urticaceae	8: 13
十字花科 Cruciferae	1: 3	列当科 Orobanchaceae	1: 1	败酱科 Valerianaceae	2: 5
葫芦科 Cucurbitaceae	3: 3	酢浆草科 Oxalidaceae	1: 2	马鞭草科 Verbenaceae	3: 4
莎草科 Cyperaceae	3: 13	罂粟科 Papaveraceae	4: 4	堇菜科 Violaceae	1: 8
虎皮楠科 Daphniphyllaceae	1: 1	蝶形花科 Papilionaceae	11: 20	葡萄科 Vitaceae	4: 7
碗蕨科 Dennstaedtiaceae	1: 1	透骨草科 Phrymataceae	1: 1	姜科 Zingiberaceae	1: 1
薯蓣科 Dioscoreaceae	1: 3	商陆科 Phytolaccaceae	1: 1		
川续断科 Dipsacaceae	1: 1	松科 Pinaceae	3: 3		
鳞毛蕨科 Dryopteridaceae	4: 12	海桐科 Pittosporaceae	1: 2		

* 为东亚特有科或中国特有科。

* Endemic families to East Asia or China.

总计 144 科 412 属 749 种
Total 144 families 412 genera 749 species

表 2 神农架山地河岸带中珍稀植物群落中种子植物科、属的分布区类型
Table 2 The areal-types of families and genera of spermatophyte in riparian rare plant communities on the Shennongjia Mountains, central China

分布区类型 Areal-types	科数 No. of family	百分比(%) Percent	属数 No. of genus	百分比(%) Percent
1. 世界分布 Cosmopolitan	35	27.56	34	8.78
2. 泛热带分布 Pantropic	29	22.83	36	9.30
2-1. 热带亚洲、大洋洲(至新西兰)和中、南美(或墨西哥)间断分布 Trop. Asia, Australasia (to N. Zeal.) & C. to S. Amer. (or Mexico) disjuncted	1	0.79	2	0.52
2-2. 热带亚洲、非洲和中、南美间断分布 Trop. Asia, Africa & C. to S. Amer. disjuncted	3	2.36	1	0.26
3. 热带亚洲和热带美洲间断分布 Trop. Asia & Trop. Amer. disjuncted	9	7.08	7	1.81
4. 旧世界热带分布 Old World Tropics	2	1.57	7	1.81
4-1. 热带亚洲、非洲(或东非、马达加斯加)和大洋洲间断分布 Trop. Asia, Africa (or E. Afr., Madagascar) & Australasia disjuncted.	—	—	1	0.26
5. 热带亚洲至热带大洋洲分布 Tropical Asia & Trop. Australasia	3	2.36	8	2.06
5-1. 中国(西南)亚热带和新西兰间断分布 Chinese (SW.) Sub-tropics & New Zealand disjuncted	—	—	1	0.26
6. 热带亚洲至热带非洲分布 Trop. Asia to Trop. Africa	1	0.79	7	1.81
7. 热带亚洲(印度-马来西亚)分布 Trop. Asia (Indo-Melesia)	1	0.79	22	5.68
7-2. 热带印度至华南(尤其是云南南部)分布 Trop. India to S. China (esp. S. Yunnan)	—	—	1	0.26
7-4. 越南(或中南半岛)至华南(或西南)分布 Vietnam (or Indo-Chinese Peninsula) to S. China (or SW. China)	1	0.79	3	0.78
8. 北温带分布 North Temperate	8	6.30	89	23.00
8-4. 北温带和南温带间断分布“全温带” N. Temp. & S. Temp. disjuncted. (“Pan-temperate”)	17	13.38	17	4.39
8-5. 欧亚和南美温带间断分布 Eurasia & Temp. S. Amer. disjuncted	1	0.79	—	—
8-6. 地中海、东亚、新西兰和墨西哥-智利间断分布 Mediterranean, E. Asia, New Zealand and Mexico-Chile disjuncted	1	0.79	1	0.26
9. 东亚和北美洲间断分布 E. Asia & N. Amer. disjuncted	5	3.94	37	9.56
9-1. 东亚和墨西哥间断分布 E. Asia and Mexico disjuncted	—	—	2	0.52
10. 旧世界温带分布 Old World Temperate	—	—	19	4.91
10-1. 地中海区、西亚(或中亚)和东亚间断分布 Mediterranean, W. Asia (or C. Asia) & E. Asia disjuncted	1	0.79	8	2.06
10-3. 欧亚和南部非洲(有时也在大洋洲)间断分布 Eurasia & S. Africa (Sometimes also Australasia) disjuncted	1	0.79	2	0.52
11. 温带亚洲分布 Temp. Asia	—	—	5	1.29
14. 东亚分布 E. Asia	4	3.15	23	5.94
14(SH). 中国-喜马拉雅分布 Sino-Himalaya	1	0.79	9	2.33
14(SJ). 中国-日本分布 Sino-Japan	1	0.79	18	4.65
15. 中国特有分布 Endemic to China	2	1.57	27	6.98
总计 Total	127	100	387	100

3.2 群落外貌

3.2.1 生活型谱

根据 Raunkiaer(1934)生活型分类系统编制珍稀植物群落中 749 种植物的生活型谱(图 1)。如图 1 所示,高位芽植物比例最高,有 335 种,占总植物种数的 44.73%;其次是地面芽植物,有 221 种,占 29.50%;地下芽植物 70 种,占 9.34%;藤本植物 56 种,占 7.48%;一年生植物 45 种,占 6.01%;地上芽植物最少,有 22 种,占 2.94%。在高位芽植物中,小高位芽植物最多,198 种,占总高位芽植物的 59.11%,其中常绿植物 64 种,落叶植物 134 种;其

次为中高位芽植物,有 101 种,占 30.15%,其中常绿植物 19 种,落叶植物 82 种;矮高位芽植物,有 19 种,占 5.67%,其中常绿植物 11 种,落叶植物 8 种;大高位芽植物最少,有 17 种,占 5.07%,其中常绿植物 6 种,落叶植物 11 种。在高位芽植物中,常绿植物有 100 种,占 29.85%,而落叶植物有 235 种,占 70.15%。

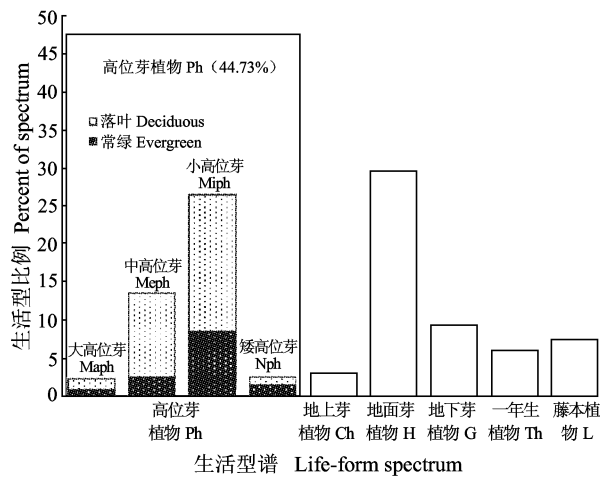
神农架山地河岸带中珍稀植物群落的高位芽植物最多,地面芽植物次之(表 4)。不论是占主导地位的高位芽和地面芽植物所占比率,还是高位芽植物中常绿和落叶植物的比率,神农架山地河岸带珍稀植物

表 3 神农架山地河岸带中珍稀植物群落中中国特有属、东亚分布属、中国-日本分布属和
中国-喜马拉雅分布属及其所含物种数

Table 3 List of genera endemic to China, East Asia, Sino-Japan, and Sino-Himalaya in
riparian rare plant communities on the Shennongjia Mountains, central China

中国特有属 Endemic to China	物种数 No. of species	东亚分布属 East Asia	物种数 No. of species	中国-日本/中国-喜马拉雅分布属 Sino-Japan/Sino-Himalaya	物种数 No. of species
星果草属 <i>Asteropyrum</i>	1	五加属 <i>Acanthopanax</i>	4	木通属 <i>Akebia</i>	2
天蓬子属 <i>Atropanthe</i>	1	猕猴桃属 <i>Actinidia</i>	5	连香树属 <i>Cercidiphyllum</i>	1
独花兰属 <i>Changnienia</i>	1	兔儿风属 <i>Ainsliaea</i>	3	田麻属 <i>Corchoropsis</i>	1
藤山柳属 <i>Clematoclethra</i>	1	桃叶珊瑚属 <i>Aucuba</i>	3	大吴风草属 <i>Farfugium</i>	1
杉木属 <i>Cunninghamia</i>	1	大百合属 <i>Cardiocrinum</i>	1	无须藤属 <i>Hosiea</i>	1
青钱柳属 <i>Cyclocarya</i>	1	三尖杉属 <i>Cephalotaxus</i>	1	荷青花属 <i>Hylomecon</i>	1
珙桐属 <i>Davidia</i>	1	党参属 <i>Codonopsis</i>	1	山桐子属 <i>Idesia</i>	1
马蹄芹属 <i>Dickinsia</i>	1	蜡瓣花属 <i>Corylopsis</i>	1	刺楸属 <i>Kalopanax</i>	1
双盾木属 <i>Dipelta</i>	1	杜鹃兰属 <i>Cremastra</i>	1	楝棠花属 <i>Keria</i>	1
金钱槭属 <i>Dipteronia</i>	1	四照花属 <i>Dendrobenthamia</i>	1	萝藦属 <i>Metaplexis</i>	1
香果树属 <i>Emmenopterys</i>	1	人字果属 <i>Dichocarpum</i>	1	沿阶草属 <i>Ophiopogon</i>	1
血水草属 <i>Eomecon</i>	1	吊钟花属 <i>Enkianthus</i>	1	半夏属 <i>Pinellia</i>	1
杜仲属 <i>Eucommia</i>	1	领春木属 <i>Euptelea</i>	1	化香属 <i>Platycarya</i>	1
牛鼻栓属 <i>Fortunearia</i>	1	青菜叶属 <i>Helwingia</i>	3	白辛树属 <i>Pterostyrax</i>	1
动蕊花属 <i>Kinostemon</i>	1	戴菜属 <i>Houttuynia</i>	1	万年青属 <i>Rohdea</i>	1
猬实属 <i>Kolkwitzia</i>	1	吊石苣苔属 <i>Lysionotus</i>	1	钻地风属 <i>Schizophragma</i>	1
斜萼草属 <i>Loxocalyx</i>	1	绣线梅属 <i>Neillia</i>	2	防己属 <i>Sinomenium</i>	1
水杉属 <i>Metasequoia</i>	1	刚竹属 <i>Phyllostachys</i>	1	锦带花属 <i>Weigela</i>	1
羌活属 <i>Notopterygium</i>	1	吉祥草属 <i>Reineckea</i>	1	铁破锣属 <i>Beesia</i> *	1
山拐枣属 <i>Polithyrsis</i>	1	鬼灯檠属 <i>Rodgersia</i>	1	猫儿屎属 <i>Dacaesnea</i> *	1
青檀属 <i>Pteroceltis</i>	1	旌节花属 <i>Stachyurus</i>	2	八角莲属 <i>Dysosma</i> *	1
大血藤属 <i>Sargentodoxa</i>	1	油点草属 <i>Tricyrtis</i>	1	雪胆属 <i>Hemsleya</i> *	1
马蹄香属 <i>Saruma</i>	1	双蝴蝶属 <i>Tripterospermum</i>	1	八月瓜属 <i>Holboellia</i> *	2
串果藤属 <i>Sinofranchetia</i>	1			箭竹属 <i>Sinarundinaria</i> *	1
车前紫草 <i>Sinojohnstonia</i>	1			石莲属 <i>Sinocrassula</i> *	1
山白树属 <i>Sinowilsonia</i>	1			水青树属 <i>Tetracentron</i> *	1
瘦椒树属 <i>Tapiscia</i>	1			开口箭属 <i>Tupistra</i> *	1
合计	27	23	38	18/9	19/10

* 为中国-喜马拉雅分布属。
* Endemic genera to Sino-Himalaya.



Ph, Phanerophytes; Maph, Megaphanerophytes (> 30 m); Meph, Mesophanerophytes (8 – 30 m); Miph, Microphanerophytes (2 – 8 m); Nph, Nanophanerophytes (< 2 m); Ch, Chamaephytes; H, Hemicyrptophytes; G, Geocryptophytes; Th, Therophytes; L, Liane

图 1 神农架山地河岸带中珍稀植物群落的生活型谱
Fig. 1 The life-form spectrum of vascular plants in
riparian rare plant communities on the Shennongjia
Mountains, central China

群落均介于常绿阔叶林和落叶阔叶林之间(表 4)。

3.2.2 叶片性质

神农架山地河岸带中珍稀植物群落叶片性质及其与其它植物群落叶性质的比较见表 5。统计结果表明,神农架山地河岸带中珍稀植物群落中中型叶植物最多,有 339 种,占总物种数的 45.26%;小型叶植物次之,有 327 种,占 43.66%;微型叶植物 61 种,占 8.14%;大型叶植物最少,仅有 22 种,占 2.94%。单叶植物 567 种,占总物种数的 75.70%,复叶植物 182 种,占 24.30%。叶质分析中,615 种草质叶植物占总物种数的 82.11%;革质叶次之,有 102 种,占 13.62%;膜质叶和厚革质叶均较少,分别为 18 和 14 种,仅占 2.40% 和 1.87%。全缘叶植物 315 种,占总物种数的 42.06%;非全缘叶植物 434 种,占 57.94%。神农架山地河岸带珍稀植物群落中中型叶和小型叶占绝对优势;单叶为主要叶型;草质叶占绝对优势,革质叶次之;非全缘叶植物所占比例略高于全缘叶(表 5)。

表4 神农架山地河岸带中珍稀植物群落与其他植物群落生活型谱的比较

Table 4 Comparison of life-form spectrum of vascular plants between riparian rare plant communities on the Shennongjia Mountains and other communities

研究区域 Region	群落类型 Community type	地理位置和海拔 Locality and altitude	高位芽 Ph(%)	地上芽 Ch(%)	地面芽 H(%)	地下芽 G(%)	一年生 Th(%)	藤本 L(%)	高位芽 Ph		文献 Reference
									常绿 E(%)	落叶 D(%)	
湖北神农架 Shennongjia, Hubei	河岸带珍稀植物 群落 Riparian rare plant community	31°15'~31°57'N 109°56'~110°58'E 900~2000 m	44.73	2.94	29.50	9.34	6.01	7.48	29.85	70.15	本文
四川卧龙 Wolong, Sichuan	珙桐群落 <i>Davidia involucrata</i> community	30°45'~31°25'N 102°52'~103°24'E 1450~2170 m	48.00	0.00	20.00	22.00	10.00	6.00	33.33	66.67	钟章成等 (1984) ^[30]
重庆世坪 森林公园 Shiping Forest Park, Chongqing	常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest	29°47'40"N 107°37'40"E 350~790 m	61.86	2.06	12.37	5.67	2.06	15.98	56.67	43.33	赖江山等 (2006) ^[19]
中国暖温带 The warm- temperate zone of China	落叶阔叶林 Deciduous broad-leaved forest	32°30'~42°30'N 105°30'~124°30'E	27.50	2.30	33.90	19.70	12.70	3.20	14.30	85.70	高贤明和 陈灵芝 (1998) ^[22]

注:Ph, Ch, H, G, Th, L的含义与图1相同。E,常绿;D,落叶。

Note: The meanings of Ph, Ch, H, G, Th and L are the same as in Fig. 1. E, Evergreen; D, Deciduous.

表5 神农架山地河岸带中珍稀植物群落与其他植物群落叶性质的比较

Table 5 Comparison of leaf characteristics of vascular plants between riparian rare plant communities on the Shennongjia Mountains and other communities

群落类型 Community type	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	4	E	N
河岸带珍稀植物群落 Riparian rare plant community	2.94	45.26	43.66	8.14	75.70	24.30	2.40	82.11	13.62	1.87	42.06	57.94
珙桐群落 <i>Davidia involucrata</i> community	8.00	68.00	20.00	4.00	74.00	26.00	2.00	82.00	10.00	6.00	—	—
常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest	6.19	41.75	48.97	3.09	78.35	21.65	1.55	57.22	30.41	10.82	51.03	48.97

注:不同群落类型所对应的研究区域、地理位置和引用文献均与表4相同。Ma:大型叶;Me:中型叶;Mi:小型叶;Na:微型叶;Si:单叶;Co:复叶;1:膜质;2:草质;3:革质;4:厚革质;E:全缘;N:非全缘。

Notes: Regions, localities and references of different community types are the same as that in Table 4. Ma, Macrophyll; Me, Mesophyll; Mi, Microphyll; Na, Nanophyll; Si, Single leaf; Co, Compound leaf; 1, Membranous; 2, Herbaceous; 3, Leathery; 4, Thick leathery; E, Entire; N, Non-entire.

3.3 群落的垂直结构

神农架山地河岸带中珍稀植物群落垂直结构复杂,成层现象明显,可以分为乔木层(第一亚层、第二亚层)、灌木层和草本层,层间植物丰富。

第一乔木亚层高度大于12 m,平均胸径21.46 cm,最大胸径达到74.8 cm,平均树高20.32 m,最大树高达到42 m。该层共73个树种,412株树,其中落叶树种66个,398株,占绝对优势。落叶树种主要有亮叶桦(*Betula luminifera*)、连香树(*Cercidiphyllum japonicum*)、领春木(*Euptelea pleiospermum*)、灯台树(*Bothrocaryum controversum*)、漆树(*Toxicodendron vernicifluum*)、湖北鹅耳枥(*Carpinus hupeana*)和短梗稠李(*Padus brachypoda*)等;常绿树种有青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)和包果柯(*Lithocarpus cleistocarpus*)等。

第二乔木亚层高度5~12 m,平均胸径7.09 cm,平均树高7.63 m。该层共168个树种,2158株树,其中落叶树种139个,2007株,也占绝对优势。落叶树种主要有领春木、亮叶桦、连香树、皂柳(*Salix wallichiana*)、灯台树、核子木(*Perrottetia racemosa*)、山樱花(*Cerasus serrulata*)、湖北鹅耳枥、短梗稠李和红桦(*Betula albo-sinensis*)等;常绿树种主要有小叶青冈(*Cyclobalanopsis myrsinaefolia*)、白楠(*Phoebe neurantha*)、水红木(*Viburnum cylindricum*)、簇叶新木姜子(*Neolitsea confertifolia*)和多脉青冈(*Cyclobalanopsis multinervis*)等。

灌木层高度0.5~5 m,平均高度2.18 m,盖度在25%~65%之间。该层共有285个物种,2962株个体,其中落叶种204个,2563株,常绿种81个,399株。落叶种主要有领春木、山梅花(*Philadelphus*

incanus)、棣棠花(*Kerria japonica*)、蕊被忍冬(*Lonicera gynocephala*)、猫儿屎(*Decaisnea insignis*)、薄叶鼠李(*Rhamnus leptophylla*)、冰川茶藨子(*Ribes glaciale*)、水青树(*Tetracentron sinense*)和卫矛(*Euonymus alatus*)等;常绿种主要有斑叶珊瑚(*Aucuba albo-punctifolia*)、小叶女贞(*Ligustrum quihoui*)、顶花板凳果(*Pachysandra terminalis*)、簇叶新木姜子、冬青叶鼠刺(*Itea ilicifolia*)和山楠(*Phoebe chinensis*)等。

草本层高度 0.5 m 以下,盖度差异较大,有的群落草本层基本不发育,盖度仅有 2% 左右,有的群落草本层发达,盖度可达 90%,但多数在 30% 左右。该层共有 342 个种,以蕨类、菊科、伞形科和虎耳草科为主。蕨类植物主要有贯众(*Cyrtomium fortunei*)、革叶耳蕨(*Polystichum neolobatum*)、黑鳞鳞毛蕨(*Dryopteris lepidopoda*)、金星蕨(*Parathelypteris glanduligera*)和狗脊(*Woodwardia japonica*)等。兰科植物比较丰富,禾本科植物则相对较少。

层间植物共有 57 种,多为落叶木质藤本。常见的主要有南蛇藤(*Celastrus orbiculatus*)、常春藤(*Hedera nepalensis* var. *sinensis*)、茜草(*Rubia cordifolia*)、兴山五味子(*Schisandra incarnata*)、高粱泡(*Rubus lambertianus*)、忍冬(*Lonicera japonica*)和中华猕猴桃(*Actinidia chinensis*)等。

4 讨论

神农架山地河岸带珍稀植物群落植物种类丰富,科属组成比较分散,在科水平上热带、亚热带成分与温带成分势均力敌,在属水平上温带成分占压倒性优势。与江明喜等^[27]对香溪河河岸带从海拔(2500 m)到低海拔(100 m)的研究结果相比,位于神农架山地中海拔地段(900~2000 m)河岸带珍稀植物群落在物种组成和区系分布方面具有以下特点:(1)蕨类植物所占比重在科、属、种三个分类单元上均较高;(2)禾本科植物所占比重下降,而兰科植物反之;(3)在属水平上,泛热带分布所占比重下降,中国特有属比重上升。蕨类植物和兰科植物所占比例增大,表明中海拔地段水分、热量条件较好,且受人为干扰程度较低^[28,29]。属水平上泛热带分布比重下降,是因为在海拔 1000 m 以上热带、亚热带成分减少,温带成分占主导^[24]。

与地处中温带的长白山北坡河岸带植物区系成分相比^[15],更加突出了该区东亚分布成分、中国特

有成分丰富的特点;同时,该区植物区系与热带、亚热带和温带成分具深厚渊源,而长白山北坡河岸带植物区系仅与温带成分关系密切,不但显示出该区具有北亚热带向暖温带过渡的特征,而且表明区域性植物种类组成对河岸带植物成分的重要影响。另外,群落中处于优势地位的领春木属、连香树属、水青树属、珙桐属、槭属、荚蒾属均为第三纪和晚白垩纪的区系成分,这说明神农架山地河岸带珍稀植物群落具有残遗植物群落的性质^[16,30]。

本研究表明河岸带珍稀植物群落在属水平上以温带分布为主导,为地理分布以温带性质为主的神农架地区种子植物特有属提供了以温带植物为主的伴生群落^[31]。神农架为地处亚热带向暖温带过渡的山地,山地垂直带谱使神农架山地中海拔地段主要属于常绿落叶阔叶混交林带^[24],为以温带成分为主导的珍稀植物群落提供得以维持的场所。河岸带作为低坡位生境的代表,是土壤及其中水分和养分集中的地方,且具有高频率和强度的生态干扰,使珍稀植物(尤其是阳生性落叶树)更容易在河岸带得以侵入^[32]。连香树就是一种典型的河岸带先锋树种,在洪水冲积的漫滩地首先生长^[33,34]。当然,由于秦巴山地的屏障和神农架山高、坡陡、谷深的地貌特征,使地处沟谷的河岸带生境避免了冰期恶劣环境的影响,进而使许多孑遗植物得以在河岸带集中分布^[32,35,36]。

神农架山地河岸带珍稀植物群落生活型以高位芽和地面芽植物为主,与四川卧龙地区珙桐(*Davidia involucrata*)群落表现出较强的一致性(表 4),且所占比例介于亚热带常绿阔叶林和暖温带落叶阔叶林之间,这是由亚热带山地河岸带特殊的水热条件造成的。对湿热条件要求较高的高位芽植物所占比重高于暖温带落叶阔叶林,是由于该区域夏季炎热多雨;而对冬季酷寒天气适应最成功的地面芽植物所占比重高于亚热带常绿阔叶林,是由于该区域具有较长的严冬季节^[22]。与四季干燥少雨的胡杨(*Populus euphratica*)群落相比^[37],神农架山地河岸带珍稀植物群落一年生植物所占比重较低,这是由该区的湿润气候所致^[1]。

神农架山地河岸带珍稀植物群落叶片性质表现出中小型草质单叶的特征。与生活型谱相结合分析可知,中小型草质单叶的落叶阔叶高位芽和地面芽植物是决定该珍稀植物群落外貌的主要成分。中型叶和小型叶分别是温带落叶阔叶林和中亚热带常绿

阔叶林的典型叶级^[30],而本文研究的亚热带山地河岸带珍稀植物群落中中型叶和小型叶所占比例几乎相当,反映出过渡性的特征。微型叶比例明显低于塔里木河下游河岸带胡杨群落^[37],表明山地河岸带具有良好的水分条件。叶型以单叶为主,这与重庆世坪森林公园亚热带常绿阔叶林^[19]和四川卧龙珙桐群落均一致^[30],所占比例略高于塔里木河下游河岸带胡杨群落^[37]。叶质以草质为主,与四川卧龙珙桐群落一致^[30],明显高于重庆世坪森林公园常绿阔叶林(表5),这与纬度和海拔关系密切^[19]。

神农架山地河岸带珍稀植物群落垂直结构复杂,成层现象明显,第一乔木亚层树冠层分布不连续,第一、第二乔木亚层和灌木层从高到低密度渐大,常绿种渐多,导致郁闭度逐渐增大。许多珍稀植物如领春木、连香树、水青树和珙桐等均为幼苗稍耐荫、成年树趋于喜光的植物^[38],河岸带特殊的群落垂直结构为这些珍稀植物提供了适宜其整个生活史周期的光照条件。草本层的盖度差异是由生境空间异质性所致,而丰富的层间植物则与群落的人为干扰较少、原始性高有关。复杂的垂直结构不仅表明群落内植物对环境利用充分,更指示出河岸带生境是珍稀植物群落适宜的生存环境^[14]。

5 结论与建议

由于秦巴山地的屏障和神农架山高、坡陡、谷深的地貌特征,使地处沟谷的河岸带生境避免了冰期恶劣环境的影响,进而使许多珍稀、特有、孑遗植物得以在河岸带集中分布,群落表现出古老、孑遗性。虽然该区多数珍稀植物均为温带性质,但该珍稀植物群落整体上在种类组成、区系分布、生活型谱、叶片性质等方面表现出亚热带亚高山垂直带谱上常绿落叶阔叶混交林的过渡性特征。山地河岸带作为低坡位生境,是养分、水分和土壤的汇集地,为珍稀植物提供空气潮湿、土层深厚、腐殖质丰富的特殊微生境。从上而下逐渐密集的群落垂直结构,为幼苗稍耐荫、成年趋于喜光的珍稀植物的不同发育阶段提供了利于其生长的光环境。因此,珍稀植物在河岸带集中生长,是特殊的地貌特征和河岸带适宜的微生境共同作用的结果。对珍稀植物(尤其是孑遗植物)进行就地保护,亚热带山地河岸带是一个关键而特殊的区域。本文只是河岸带珍稀植物群落研究的一个案例,亚热带地区其它山地河岸带珍稀植物群落研究还需要进一步加强。

致谢:感谢参与样地调查的成员:李连发、李静霞、党海山和张克荣;感谢神农架自然保护区管理局及部分管理所对野外调查工作的支持和帮助。

参考文献:

- [1] 朱兆泉,宋朝枢. 神农架自然保护区科学考察集[M]. 北京:中国林业出版社, 1999.
- [2] Chen Z G, Yang J Y, Xie Z Q. Economic development of local communities and biodiversity conservation: a case study from Shennongjia National Nature Reserve, China[J]. *Biodivers Conserv*, 2005, 14: 2095–2108.
- [3] 应俊生,张玉龙. 中国种子植物特有属[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [4] López-Pujol J, Zhang F M, Ge S. Plant biodiversity in China: richly varied, endangered, and in need of conservation[J]. *Biodivers Conserv*, 2006, 15: 3983–4026.
- [5] Naiman R J, Décamps H. The ecology of interfaces: riparian zones[J]. *Annu Rev Ecol Syst*, 1997, 28: 621–658.
- [6] Hampe A, Arroyo J. Recruitment and regeneration in populations of an endangered South Iberian Tertiary relict tree[J]. *Biol Conserv*, 2002, 107: 263–271.
- [7] Sabo J L, Sponseller R, Dixon M, Gade K, Harms T, Heffernan J, Jani A, Katz G, Soykan C, Watts J, Welter J. Riparian zones increase regional species richness by harboring different, not more, species[J]. *Ecology*, 2005, 86(1): 56–62.
- [8] Maingi J K, Marsh S E. Composition, structure, and regeneration patterns in a gallery forest along the Tana River near Bura, Kenya[J]. *Forest Ecol Manag*, 2006, 236: 211–228.
- [9] Mejías J A, Arroyo J, Marañón T. Ecology and biogeography of plant communities associated with the post Plio-Pleistocene relict *Rhododendron ponticum* subsp. *baeticum* in southern Spain[J]. *J Biogeogr*, 2007, 34: 456–472.
- [10] 江明喜,邓红兵,蔡庆华. 神农架地区珍稀植物沿河岸带的分布格局及其保护意义[J]. 应用生态学报, 2002, 13(11): 1373–1376.
- [11] 沈浪,陈小勇,李媛媛. 生物冰期避难所与冰期后的重新扩散[J]. 生态学报, 2002, 22(11): 1983–1990.
- [12] 魏新增,黄汉东,江明喜,杨敬元. 神农架地区河岸带中领春木种群数量特征与空间分布格局[J]. 植物生态学报, 2008, 32(4): 825–837.
- [13] 陈坤浩,骆强,谢永贵,周应书,吴诚. 贵州大方喀斯特区领春木群落特征研究[J]. 武汉植物学研究, 2007, 25(5): 515–520.
- [14] 孙儒泳,李庆芬,牛翠娟,姜安如. 基础生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [15] 邓红兵,王青春,代力民,王庆礼,王绍先. 长白山北坡河岸带群落植物区系分析[J]. 应用生态学报, 2003, 14(9): 1405–1410.
- [16] 吴征镒,周浙昆,孙航,李德铎,彭华. 种子植物分布区类型及其起源和分化[M]. 昆明: 云南出版集团公司, 云南科技出版社, 2006.

- [17] Pajmams K. An analysis of four tropical rain forest sites in New Guinea[J]. *J Ecol*, 1970, 58(1): 77–101.
- [18] Zhu H, Shi J P, Zhao C J. Species composition, physiognomy and plant diversity of the tropical montane evergreen broad-leaved forest in southern Yunnan[J]. *Biodivers Conserv*, 2005, 14: 2855–2870.
- [19] 赖江山, 张谧, 谢宗强. 三峡库区世坪常绿阔叶林群落特征[J]. 生物多样性, 2006, 14(5): 435–443.
- [20] da Costa R C, de Araújo F S, Lima-Verde L W. Flora and life-form spectrum in an area of deciduous thorn woodland (caatinga) in northeastern Brazil[J]. *J Arid Environ*, 2007, 68: 237–247.
- [21] Nitta I, Ohsawa M. Leaf dynamics and shoot phenology of eleven warm-temperature evergreen broad-leaved trees near their northern limit in central Japan[J]. *Plant Ecol*, 1997, 130: 71–88.
- [22] 高贤明, 陈灵芝. 植物生活型分类系统的修订及中国暖温带森林植物生活型谱分析[J]. 植物学报, 1998, 40(6): 553–559.
- [23] 杨永川, 袁兴中, 李百战, 孙荣, 王强. 重庆都市区残存常绿阔叶林的群落特征及其意义[J]. 生物多样性, 2007, 15(3): 247–256.
- [24] 沈泽昊, 胡会峰, 周宇, 方精云. 神农架南坡植物群落多样性的海拔梯度格局[J]. 生物多样性, 2004, 12(1): 99–107.
- [25] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第1–80卷[M]. 北京: 科学出版社, 1959–2004.
- [26] Raunkiaer C. The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography[M]. Oxford: Clarendon Press, 1934.
- [27] 江明喜, 党海山, 黄汉东, 陶勇, 金霞. 三峡库区香溪河流域河岸带种子植物区系研究[J]. 长江流域资源与环境, 2004, 13(2): 178–182.
- [28] 董仕勇, 陈珍传, 张宪春. 海南岛吊罗山蕨类植物的多样性及其保育[J]. 生物多样性, 2003, 11(5): 422–431.
- [29] 田怀珍, 邢福武. 南岭国家级自然保护区兰科植物物种多样性的海拔梯度格局[J]. 生物多样性, 2008, 16(1): 75–82.
- [30] 钟章成, 秦自生, 史建慧. 四川卧龙地区珙桐群落特征的初步研究[J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1984, 8(4): 253–263.
- [31] 贺昌锐, 陈芳清. 神农架种子植物中国特有属的分析[J]. 广西植物, 1997, 17(4): 317–320.
- [32] 方精云, 沈泽昊, 崔海亭. 试论山地的生态特征及山地生态学的研究内容[J]. 生物多样性, 2004, 12(1): 10–19.
- [33] Crane P B. Phylogenetic analysis of seed plants and the origin of angiosperms[J]. *Ann Missouri Bot Gard*, 1985, 72: 716–793.
- [34] 周浙昆, Momohara A. 一些东亚特有种子植物的化石历史及其植物地理学意义[J]. 云南植物研究, 2005, 27(5): 449–470.
- [35] 李兆华. 神农架野生珍稀植物及其保护对策研究[J]. 长江流域资源与环境, 1992, 1(1): 49–54.
- [36] 应俊生. 中国种子植物物种多样性及其分布格局[J]. 生物多样性, 2001, 9(4): 393–398.
- [37] 韩路, 王海珍, 周正立, 李志军. 塔里木荒漠胡杨群落特征的研究[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(8): 163–168.
- [38] 傅立国, 金鉴明. 中国植物红皮书——稀有濒危植物: 第1册[M]. 北京: 科学出版社, 1992.