



文章编号:1000-4025(2017)10-2063-11

doi:10.7606/j.issn.1000-4025.2017.10.2063

武功山地区种子植物区系研究

肖佳伟^{1,2},王冰清¹,张代贵¹,孙林¹,陈功锡^{1*}

(1 吉首大学植物资源保护与利用湖南省高校重点实验室,湖南吉首 416000;2 湖南师范大学 生命科学学院,长沙 410081)

摘要:通过多次野外调查及资料整理,对武功山地区种子植物科、属、种的组成及区系特征进行了调查分析,为该区植物资源的保护以及植物分区提供理论依据。结果表明:(1)武功山地区共有种子植物 166 科、814 属、2 079 种,分别占江西省种子植物科、属、种总数的 72.81%、61.11%、50.46%,其中裸子植物有 7 科、15 属、19 种,分别占江西裸子植物总数的 77.78%、65.21%、54.28%。(2)武功山地区科包含 12 个分布区类型,热带成分占优势(70 科,占 57.96%),温带成分丰富(46 科,38.65%);属包含 14 个分布区类型,热带成分略占优势(368 属,49.40%),温带成分增加(354 属,47.53%);种包含 14 个分布类型,热带分布性 626 种(31.04%),温带分布性 663 种(32.87%),温带成分略占优势;武功山地区植物成分具有热带向温带过渡的特点,并且热带和温带成分相互交融、渗透。(3)武功山地区种子植物具有单种和少种的科属较多,具有起源古老的特点,其中单种属有 414 属,占总属数的 50.86%。中国特有成分有 4 科、23 属、728 种。(4)与相邻的 15 个代表性区系比较表明,武功山地区种类较为丰富,聚类分析表明该区系与黄山、庐山、武夷山、井冈山等地区的关系很密切,与秦岭、西双版纳和高黎贡山的区系关系最疏远。

关键词:植物区系;种子植物;武功山

中图分类号:Q948.5

文献标志码:A

Flora of Seed Plants in Wugongshan Region Reserve

XIAO Jiawei^{1,2}, WANG Bingqing¹, ZHANG Daigui¹, SUN Lin¹, CHEN Gongxi^{1*}

(1 Key Laboratory of Plant Resources Conservation and Utilization, College of Hunan Province, Jishou, Hunan 416000, China;

2 College of Life Sciences, Hunan Normal University, Changsha 410081, China)

Abstract:Based on field studies and reserve scientific literatures, this study has statistics and comparatively intensive analysis on seed plants of Wugongshan region. Results showed: (1) There are 2 079 species including 814 genera in 166 families, accounting for 72.81%, 61.11% and 50.46% in family, genera, and species of the seed plants of Jiangxi Province, respectively. Among them, there were 7 families, 15 genera and 19 species of Gymnosperms, accounting for 77.78%, 65.21% and 54.28% of Gymnosperms in Jiangxi Province respectively. (2) There are 12 area-types of familie in the region, the flora in families displayed tropical feature, but the temperate feature is also obvious, for 57.96% (including 70 families) of tropical elements and 38.65% (including 46 families) of temperate elements. There are 14 area-types of genera in the region. The tropical elements have a slight advantage and temperate elements is further developments, for 49.40% (including 368 genrea) of tropical elements and 47.53% (including 354 genera) of temperate elements. There are 14 area-types of species in the region. The temperate elements have a slight advantage, for 31.04% (including 626 species) of tropical elements and 32.87% (including 663 genera) of tem-

收稿日期:2017-05-16;修改稿收到日期:2017-06-21

基金项目:国家科技基础性工作专项重点项目(2013FY111500-2)

作者简介:肖佳伟(1992—),男,硕士研究生,主要从事植物生态学研究。E-mail: 373016854@qq.com

* 通信作者:陈功锡,教授,主要从事植物分类与区系地理、植物生态、植物资源学研究。E-mail: chengongxi2011@163.com

perate elements. From the plant distribution in this region, the flora show a tropical transition to the temperate characteristics, and the components of tropical blend with temperate. (3) The flora possesses lots of monotypic and oligotypic genera, with an ancient origin. There are 414 genera of monotypic genera, accounting for 50.86% of the total. There are 728 species, 23 genera, 4 families endemic to China. (4) Compared with 15 other regions, and the results showed that the seed plants in Wugongshan region are abundant. Cluster analysis show that the flora of Wugongshan region has the most close relationship with Huangshan Mountain, Lushan Mountain, Wuyi Mountain and Jinggang Mountain, and the most distant from the Qinling Mountain, Xishuangbanna and Gaoligong Mountains.

Key words: flora; seed plant; Wugongshan

植物区系是指某一地区,或者某一时期,某一分类群,某类植被等所有植物种类的总称,是一个地区的植物长期发展适应其所处的自然环境的结果^[1]。了解一个地区植物区系基本特点,可以进一步认识该区的植物起源、分布及其环境变迁的关系,以及为植物资源的开发和利用提供理论依据。

武功山地区位于江西省与湖南省边境的罗霄山脉中段,其东、西分别与武夷山地区、武陵山地区相望,南、北分别接万洋山区和九岭山区,是中国典型的生态交错区之一。区域内植被保存完好,资源丰富,不仅有南方红豆杉(*Taxus wallichiana*)、落叶木莲(*Manglietia decidua*)、花榈木(*Ormosia henryi*)、长喙毛茛泽泻(*Ranalisma rostrata*)等国家级保护植物,还分布着一些分布范围狭窄的特有物种,如武功山阴山荠(*Yinshania hui*)、武功山冬青(*Ilex wugongshanensis*)、江西杜鹃(*Rhododendron kiansense*)、常绿悬钩子(*Rubus jianensis*)等,说明了武功山地区地理环境的独特性。

目前,关于武功山地区植物的研究主要集中在植物资源的调查^[2-4]、植物生态^[5-6]方面,对于该区植物区系^[7-10]的研究也只有一些具体的类群分析,而对于该区种子植物区系组成、特点和性质还缺乏整体性认识。本研究基于国家科技基础性专项野外调查资料,对该区植物区系组成、特征及其与其他地区的比较进行系统分析,为该区植物资源的开发利用和保护以及植物分区提供理论依据。

1 研究区概况

武功山地区位于E113°09'24"~115°21'29"和N27°06'58"~27°52'15"之间,呈东北向西南走向,由武功山、明月山、羊狮幕、高天岩、湖里湿地等自然保护区域及其周边地域组成,行政范围覆盖芦溪、茶陵(湖南)、莲花、分宜、安福等县,总面积约17 000 km²。区内相对高差较大,最高为武功山金顶1 918.3 m,最低为湖里湿地不足200 m,属于罗霄山脉中段。

整体地貌以中山为主,并逐级向中低山、低山过渡,以峰崖地貌、花岗岩杂岩构造为主。该区属于亚热带湿润季风气候区,年平均气温约为14 ℃,最高月平均气温约24 ℃(7月),最低月平均气温约3 ℃(1月),年均雨量1 723 mm,相对湿度81%,年总辐射量为4 356 MJ/m²。山麓至山顶土壤类型依次为红壤与紫色复合带、黄红壤带、山地黄壤带、山地黄棕壤带、山地草甸土^[10]。植被区划上属典型的亚热带常绿阔叶林地区,并分布着大面积的竹林。值得指出的是,在武功山金顶地区(约1 500 m以上)存在着以禾本科、莎草科、菊科等组成的山地草甸,这在同纬度其他地区极为罕见,有重要价值。

2 研究方法

2013~2017年我们对武功山地区进行多次野外植物调查,共采集标本30 000余份(标本存放于吉首大学标本馆JIU和中山大学标本馆SYS),参考《中国植物志》^[11]、《Flora of China》^[12]、《江西植物志》^[13-14]等文献对标本进行科学鉴定,在此基础上建立武功山地区种子植物基本信息数据库。武功山地区种子植物名录参照《Flora of China》的恩格勒系统编制,种子植物区系分布类型参考吴征镒^[15]的划分方案进行归类。利用综合系数^[16]、相似系数^[17]和SPSS19.0软件以物种的有无进行聚类的方法来分析武功山地区与其他地区的关系。

3 结果与分析

3.1 种子植物区系组成

3.1.1 科属结构 基于野外调查结果和数据统计,武功山地区共有种子植物166科814属2 079种(见表1),分别占江西省种子植物科、属、种的72.81%、61.11%、50.46%。其中裸子植物有7科、15属、19种,分别占江西裸子植物的77.78%、65.21%、54.28%。

3.1.2 科的组成 根据科包含的种数,将武功山地

表 1 武功山地区种子植物组成统计
Table 1 Composition of seed plants in Wugongshan region

类群 Taxon	科数 No. of families	占总科比例 Percentage/%	属数 No. of genera	占总属比 Percentage/%	种数 No. of species	占总种比 Percentage/%
裸子植物 Gymnosperm	7	4.22	15	1.84	19	0.91
被子植物 Angiosperm	159	95.78	799	98.16	2 060	99.09
合计 Total	166	100	814	100	2 079	100

表 2 武功山地区种子植物科内种的数量分析
Table 2 Species composition of seed plant families in Wugongshan region

含不同种的科 Family including different species	裸子植物 Gymnosperm	被子植物 Angiosperm	合计 Total	科/属/种占总数的比 Percentage/%
含 1 种的科/属/种 Families with 1 species/genera/species	1/1/1	29/29/29	30/30/30	18.07/3.69/1.44
含 2~10 种的科/属/种 Families with 2~10 species/genera/species	6/14/18	80/192/425	86/206/443	51.81/25.31/21.31
含 11~50 种的科/属/种 Families with 11~50 species/genera/species	—	42/314/923	42/314/923	25.3/38.57/44.40
含 51~89 种的科/属/种 Families with 51~89 species/genera/species	—	4/71/239	4/71/239	2.41/8.72/11.50
含 90 种以上的科/属/种 Families with more than 90 species/genera/species	—	4/193/444	4/193/444	2.41/23.71/21.36

区种子植物的 166 科划分为 5 个级别,(见表 2)。含 90 种以上的科有禾本科(Poaceae)(66 属/123 种,下同)、菊科(Asteraceae)(58/121)、豆科(Fabaceae)(45/101)、蔷薇科(Rosaceae)(24/99)4 科,共计 193 属、444 种,占该地区总属数的 23.71%,占总种数的 21.36%。含 51~89 种的科有 4 科,分别为百合科(Liliaceae)(24/66)、莎草科(Cyperaceae)(13/60)、唇形科(Lamiaceae)(26/59)和樟科(Lauraceae)(8/54),共计 71 属、239 种,分布占该区总数的 8.72%、11.50%。含 11~50 种的有 42 科,如壳斗科(Fagaceae)(6/39)、山茶科(Theaceae)(8/38)、大戟科(Euphorbiaceae)(13/32)、冬青科(Aquifoliaceae)(1/31)、杜鹃花科(Ericaceae)(8/29)等,共计 314 属、923 种,分别占该地区总数的 38.57%、44.40%。其中,壳斗科、山茶科、冬青科等种类为该区植被中常见的优势类群,对该区区系组成结构和植被发展具有重要意义。含 2~10 种的科有 86 科(含裸子植物),如野牡丹科(Melastomataceae)(6/10)、苋科(Amaranthaceae)(4/10)、山矾科(Symplocaceae)(1/10)等,共计 206 属、443 种,分别占该区总数的 25.31%、21.31%。含 1 种的有 30 科(含裸子植物),占该区总数的 18.07%,如莼菜科(Cabombaceae)、蛇菰科(Balanophoraceae)、古柯科(Erythroxylaceae)等,其中杜仲科(Eucommiaceae)、伯乐树科(Bretschneideraceae)、银杏科(Ginkgoaceae),为世界单型科,这些科都是起源古老的原始类群,一定程度上体现了该区植物区系起源的古老性。该区科的组成主要以 11~50 种和 51~89 种

的科为主,含 1 种的科较少,说明了该区大多的科得到了一定程度的分化,科内种的多样化程度比较丰富。

将武功山地区科所含属和种按数量进行递进累加排序,当种数和属数均超过总数的 50% 时,则确定为该区的优势科。依此统计出该区优势科有 21 科,含 408 属、1 149 种(表 3),分别占该区总数的 12.65%、50.12%、55.27%。其中蔷薇科、樟科、壳斗科、山茶科、冬青科等是该区乔木层的优势科,而禾本科、菊科、豆科、百合科、莎草科、唇形科、玄参科(Scrophulariaceae)、茜草科(Rubiaceae)、荨麻科(Urticaceae)、蓼科(Polygonaceae)、兰科(Orchidaceae)、葡萄科(Vitaceae)、毛茛科(Ranunculaceae)、虎耳草科(Saxifragaceae)等则是该区灌草层的优势科。

要确定某植物区系的表征科,还需要考察其在中国和世界区系中所占的比例^[18]。将武功山地区 166 科中武功山地区所含种数占世界总种数比例大小进行排序,将占世界比例在 10% 以上的科定位该区表征科(表 4),共计 28 科。包括世界分布科有 2 科、热带分布科有 5 科、温带分布科有 17 科,中国特有分布有 4 科,它们在武功山地区具有重要植物地理学指示意义。

3.1.3 属的组成

植物区系中“属”的研究很受重视,一方面是因为属的大小在分类学和地理学上都是适当的,另一方面属在植物进化过程中其分类学特征相对稳定。因此,能更好反映该区植物演化过程和区域差异以及该区的植物区系特征。

表3 武功山地区种子植物数量优势科
Table 3 Dominant plant families in Wugongshan region

科 Family	属数 No. of genera	种数 No. of species	占中国总种数比例 Rate of species in China/%	占世界总种数比例 Rate of species in the world/%	分布区类型 Area-type
禾本科 Poaceae	66	123	9.04	1.23	1
菊科 Asteraceae	58	121	4.98	0.53	1
豆科 Fabaceae	45	101	6.06	5.61	1
蔷薇科 Rosaceae	24	99	9.26	3.5	1
百合科 Liliaceae	24	66	19.7	3.3	8
莎草科 Cyperaceae	13	60	8.98	1.38	1
唇形科 Lamiaceae	26	59	7.81	1.69	1
樟科 Lauraceae	8	54	11.46	2.16	2
玄参科 Scrophulariaceae	19	44	6.75	0.98	1
茜草科 Rubiaceae	20	43	7.24	0.39	1
荨麻科 Urticaceae	13	43	18.07	3.31	2
壳斗科 Fagaceae	6	39	12.04	5.82	8
山茶科 Theaceae	8	38	13.87	6.23	2
蓼科 Polygonaceae	6	38	16.74	3.45	1
兰科 Orchidaceae	19	36	3.63	0.16	1
葡萄科 Vitaceae	7	34	23.78	4	2
大戟科 Euphorbiaceae	13	32	8.82	0.36	2
毛茛科 Ranunculaceae	10	31	4.22	1.23	1
冬青科 Aquifoliaceae	1	31	15.20	7.65	2
杜鹃花科 Ericaceae	8	29	4.04	0.73	8
虎耳草科 Saxifragaceae	14	28	5.05	2.33	1

表4 武功山地区种子植物区系种类表征科
Table 4 Characteristic families of Wugongshan region

科名 Family	种数 No. of species	占世界比例 Rate of species in the world/%	分布区类型 Area-type	科名 Family	种数 No. of species	占世界比例 Rate of species in the world/%	分布区类型 Area-type
伯乐树科 Bretschneideraceae	1	50.00	15	木通科 Lardizabalaceae	11	22.00	3
银杏科 Ginkgoaceae	1	100.00	15	三尖杉科 Cephalotaxaceae	2	18.18	14
透骨草科 Phrymaceae	1	100.00	9	五味子科 Schisandraceae	7	17.95	9
莲科 Nelumbonaceae	1	100.00	9	瘿椒树科 Tapisciaceae	1	16.67	15
杜仲科 Eucommiaceae	1	100.00	15	金鱼藻科 Ceratophyllaceae	1	16.67	1
菱科 Trapaceae	1	50.00	10	莼菜科 Cabombaceae	1	16.67	1
连香树科 Cercidiphyllaceae	1	50.00	14	山茱萸科 Cornaceae	8	14.55	8
菖蒲科 Acoraceae	2	100.00	8	七叶树科 Hippocastanaceae	2	13.33	8
三白草科 Saururaceae	2	33.33	9	锦带花科 Diervillaceae	2	13.33	9
杉科 Taxodiaceae	3	25.00	8	清风藤科 Sabiaceae	10	12.50	7
旌节花科 Stachyuraceae	2	25.00	14	胡颓子科 Elaeagnaceae	9	10.00	8
青荚叶科 Helwingiaceae	1	25.00	7	八角科 Illiciaceae	4	10.00	9
大麻科 Cannabaceae	1	25.00	8	交让木科 Daphniphyllaceae	3	10.00	7
八角枫科 Alangiaceae	5	23.81	4	桃叶珊瑚科 Aucubaceae	1	10.00	14

表 5 武功山地区种子植物属内种的数量分析

Table 5 Species composition of seed plants genus in Wugongshan region

含不同种的属 Genus including different species	裸子植物 Gymnosperm	被子植物 Angiosperm	合计 Total	占属总数比例 Percentage/%
含 1 种的属 Genera with 1 species	11	403	414	50.86
含 2~5 种的属 Genera with 2—5 species	4	324	328	40.29
含 6~10 种的属 Genera with 6—10 species	—	47	47	5.77
含 11~20 种的科 Genera with 11—20 species	—	22	22	2.70
含 21 种以上的属 Genera with more than 21 species	—	3	3	0.37

根据武功山地区各属的组成数量,将该区 814 属划分为 5 个等级(表 5)。含 21 种以上的属有 3 属,以冬青属(*Ilex*)和蓼属(*Polygonum*)最为丰富,都含有 31 种,其次是悬钩子属(*Rubus*)(30 种,下同)。其中冬青属是常绿阔叶林中常见种,其余 2 种为灌草丛常见种。含 11~20 种的属,有 22 属,常见草本植物包括薹草属(*Carex*)(20)、堇菜属(*Viola*)(17)、莎草属(*Cyperus*)(14)等,木本植物中主要以灌木为主,其中山茶属(*Camellia*)(11)、杜鹃属(*Rhododendron*)(12)、卫矛属(*Euonymus*)(15)等在该区分布较广泛,是灌木层中主要群体。含 6~10 种的属,有 47 属,如安息香属(*Styrax*)(10)、青冈属(*Cyclobalanopsis*)(10)、樟属(*Cinnamomum*)(9)等。含 2~5 种的属,有 328 属,主要以草本为主,如兰属(*Cymbidium*)(5)、黄精属(*Polygonatum*)(5)、马唐属(*Digitaria*)(5)等。仅分布有 1 种的属,有 414 属,其中裸子植物 11 属,如冷杉属(*Abies*)、红豆杉属(*Taxus*)、铁杉属(*Tsuga*)等。

由表 5 可知,大于 21 属的特大属有冬青属、蓼属、悬钩子属 3 属,包含 92 种,仅占该区总属数的 0.37%;11~20 种的属有 22 个,包含 295 种,只占该区总属数的 2.70%;6~10 种的属有 47 属,含 350 种,占该区总属数的 5.77%;2~5 种的属有 328 个,含 928 种,占该区总属数的 40.29%,但所包含的种占总数的 44.63%;含 1 种的属所占比例最高,占总属数的 50.86%,但所含种数只占该区的 19.91%。单种属比例最高,一方面说明该区存在某些特殊生境,同时也体现了该区系成分的多样性与复杂性。

3.2 地理成分分析

3.2.1 科的地理成分分析 按照吴征镒对种子植物地理成分的划分标准^[19],可将武功山地区种子植物 166 科划分为 12 个分布区类型(表 6),其中世界分布性的有 47 科,占该区总科数的 28.31%,比例较大,证明武功山地区种子植物区系与世界植物区

系联系广泛,包括禾本科、菊科、豆科等大科,它们在武功山地区植物区系中有着不可替代的作用。热带性质科有 70 科,占该区非世界分布科的 57.96%,其中泛热带分布类型最多,达 49 科,占非世界分布的 41.18%。主要有樟科、山茶科、大戟科、冬青科、葡萄科、紫金牛科(*Myrsinaceae*)等,其中樟科、山茶科、大戟科、冬青科等都是上层植被的优势群体。温带性质科有 46 科,占该区非世界分布的 38.65%。主要有壳斗科、松科(*Pinaceae*)、槭树科(*Aceraceae*)、百合科等,其中壳斗科的青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)、苦槠(*Castanopsis sclerophylla*)等常成为该区上层植被中的建群种,具有重要地位。该区中 R/T(热带性质科/温带性质科)约 1.52,反映了该区系在科这一级中呈现出较为明显的热带性质。

3.2.2 属的地理成分分析 按照吴征镒关于中国种子属的分布区类型的划分方案,武功山地区 814 属种子植物共包括 14 个分布类型(表 6)。其中,世界分布属有 69 属;热带性质(2~7 型)分布属有 368 属,占非世界分布属的 49.40%;温带性质(8~14 型)属有 354 属,占非世界分布属的 49.40%;中国特有属有 23 属,占非世界分布属的 3.09%;R/T 值约为 1.04,该区在属这一级中热带成分略占优势,通过与科的 R/T 值的比较,该区表现出热带向温带过渡的性质。

世界分布属有 69 属,占该区总属数的 8.48%,大多数为常见的草本植物,如蓼属、薹草属、莎草属等,木本植物有悬钩子属、卫矛属、鼠李属(*Rhamnus*)等植物,它们大多是武功山地区灌木层的重要组成部分。

热带分布属有 368 属,占该区非世界分布属的 49.40%。其中,泛热带分布的最多,达到 140 属,占该区非世界分布属的 18.79%,木本植物主要有冬青属、榕属(*Ficus*)、山矾属(*Symplocos*)、菝葜属(*Smilax*)等,并以冬青属植物最多,达到 31 种。热带亚洲和热带美洲间断分布有 32 属,占该区非世界

分布属的 4.30%，主要以木本植物为主，是组成该区常绿阔叶林的常见类群，如柃木属(*Eurya*)、木姜子属(*Litsea*)、樟属。旧世界热带分布有 54 属，占该区非世界分布属的 7.25%。主要由 5 种以下的属组成，其中含 1 种的有 26 属。以灌丛、林下层和草丛成分为主，如海桐花属(*Pittosporum*)、栀子属(*Gardenia*)、艾纳香属(*Blumea*)等。热带亚洲至热带大洋洲分布有 37 属，占该区非世界分布属的 4.97%。木本植物有新木姜子属(*Neolitsea*)、荛花属(*Wikstroemia*)等，草本植物有兰属(5)、通泉草属(*Mazus*)等。热带亚洲至热带非洲分布有 22 属，占该区非世界分布属的 2.95%，主要以草本为主，如香茶菜属(*Isodon*)、马蓝属(*Strobilanthes*)等。热带亚洲分布有 83 属，占该区非世界分布属的 11.14%。有山茶属、青冈属、清风藤属(*Sabia*)、三尖杉属(*Cephalotaxus*)、马铃苣苔属(*Oreocaris*)等。

温带分布属有 354 属，占该区非世界分布属的 47.53%。其中，北温带分布最多，达到 129 属，占该区非世界分布属的 17.32%，可见该分布类型植物在武功山地区植物区系中占有较为重要的地位。木本植物有莢蒾属(*Viburnum*)、杜鹃属等，草本植物有紫堇属(*Corydalis*)、柳叶菜属(*Epilobium*)等。东亚和北美间断分布有 63 属，占该区非世界分布属

的 8.46%。主要以含较少种的属为主，含 1 种的属有 27 属，如鹅掌楸属(*Liriodendron*)、蓝果树属(*Nyssa*)、菰属(*Zizania*)等。旧世界温带分布有 47 属，占该区非世界分布属的 6.31%。主要以草本为主，如沙参属(*Adenophora*)、败酱属(*Patrinia*)、重楼属(*Paris*)等。温带亚洲分布有 6 属，占该区非世界分布属的 0.81%。都是草本植物，除了大油芒属(*Spodiopogon*)含 2 种以外，其他为只含 1 种的属，如山牛蒡属(*Synurus*)、黄鹌菜属(*Youngia*)等。地中海、西亚至中亚分布有 4 属，包括獐毛属(*Aelropus*)、茴香属(*Foeniculum*)、常春藤属(*Hedera*)、黄连木属(*Pistacia*)。东亚分布有 105 属，占该区非世界分布属的 14.08%。如猕猴桃属(*Actinidia*)、五加属(*Eleutherococcus*)、兔儿风属(*Ainsliaea*)等。

武功山地区有中国特有属 23 属，隶属于 21 个科，占该区非世界分布属的 3.08%，占中国特有属的 9.62%。其中单型属较多且木本植物丰富，前者达到 14 属，占武功山地区特有属的 60.87%，如青钱柳属(*Cyclocarya*)、大血藤属(*Sargentodoxa*)、伯乐树属(*Bretschneidera*)等；后者达到 15 属，占该区特有属的 65.22%，远高于全国的 34%^[20]，如陀螺果属(*Melioidendron*)、秤锤树属(*Sinojackia*)、喜树属(*Camptotheca*)等。两者比例都较高，不仅说明了

表 6 武功山地区种子植物科、属、种的分布区类型

Table 6 The area-type of the families, genera and species of seed plants in Wugongshan region

分布区类型 Dispersion pattern	科数 No. of families	占总科比 Percentage/% *	属数 No. of genera	占总属比 Percentage/% *	种数 No. of species	占总种比 Percentage/% *
1. 世界分布 Cosmopolitan	47	—	69	—	62	—
2. 泛热带分布 Pantropic	49	41.18	140	18.79	217	10.76
3. 热带亚洲和热带美洲间断分布 Trop. Asia & Trop. Amer. Disjuncted	12	10.08	32	4.30	52	2.58
4. 旧世界热带分布 Old World Tropics	4	3.36	54	7.25	82	4.07
5. 热带亚洲至热带大洋洲分布 Tropical Asia to Tropical Australasia Oceania	1	0.84	37	4.97	36	1.78
6. 热带亚洲至热带非洲分布 Tropical Asia to Tropical Africa	1	0.85	22	2.95	34	1.69
7. 热带亚洲分布 Trop. Asia	3	2.52	83	11.14	205	10.16
8. 北温带分布 North Temperate	29	24.37	129	17.32	176	8.73
9. 东亚和北美洲间断分布 E. Asia & N. Amer. Disjuncted	7	5.88	63	8.46	64	3.17
10. 旧世界温带分布 Old World Temperate	3	2.52	47	6.31	43	2.13
11. 温带亚洲分布 Temperate Asia	—	—	6	0.81	7	0.35
12. 地中海、西亚至中亚 Mediterraean, W. Asia to C. Asia	—	—	4	0.54	6	0.30
13. 中亚分布 C. Asia	—	—	—	—	—	—
14. 东亚分布 E. Asia	6	5.04	105	14.09	367	18.19
15. 中国特有分布 Endemic to China	4	3.36	23	3.09	728	36.09
总计 Total	166	100.00	814	100	2079	100

注：* 表示百分比中除去世界分布型

Note: * represents the percentage of total families, genera and species excludes the cosmopolitan pattern

这些植物类群在该区系和植被中具有重要的作用,而且一定程度上反映出武功山地区植物区系的古老性。

3.2.3 种的地理成分分析 种是植物分类最基本单位,对于种区系分析能更加准确、具体地反映植物区系的特点。参照吴征镒对属的分布类型的定义和范围结合《Flora of China》中的产地分布资料,可将武功山地区 2079 种种子植物划分为 14 个分布类型,其中热带性质(2~7 型)种 626 种,占非世界分布总种数的 31.04%;温带性质(8~14 型)种 663 种,占非世界分布总数的 32.87%;中国特有分布种 728 种,其中江西省特有 5 种;R/T 值约为 0.94。可见,武功山地区区系中种子地理成分较为复杂,热带成分比温带成分稍低,通过与科、属 R/T 的比较,该区表现出热带向温带过渡的性质。

世界分布的种有 62 种,主要有狗尾草(*Setaria viridis*)、酢浆草(*Oxalis corniculata*)、藜(*Chenopodium album*)、鹅肠菜(*Myosoton aquaticum*)等,均为草本植物,主要分布在路边、林缘等生境中。

热带分布种有 626 种。其中泛热带分布最多,达 217 种,占该区非世界分布的 10.76%,如鳢肠(*Eclipta prostrata*)、赤车(*Pellionia radicans*)等。热带亚洲和美洲间断分布的有 52 种,占该区非世界分布的 2.58%,如尖尾枫(*Callicarpa longissima*)、疏蓼(*Polygonum praetermissum*)等。旧世界分布的有 82 种,占该区非世界分布的 4.07%,主要以草本为主,如金锦香(*Osbeckia chinensis*)、画眉草(*Eragrostis pilosa*)等。热带亚洲至热带大洋洲分布的有金线兰(*Anoectochilus roxburghii*)、下田菊(*Adenostemma lavenia*)等 36 种,占该区非世界分布的 1.78%。热带亚洲至热带非洲分布的有牛膝(*Achyranthes bidentata*)、挖耳草(*Utricularia bifida*)等 34 种,占该区非世界分布的 1.69%。热带亚洲分布的有 205 种,占该区非世界分布的 10.16%,以木本为主,如青冈、琴叶榕(*Ficus pandurata*)等。

温带分布的有 663 种。其中北温带分布有 176 种,占该区非世界分布的 8.73%,如长鬃蓼(*Polygonum longisetum*)、地耳草(*Hypericum japonicum*)等。东亚和北美间断分布有 64 种,占该区非世界分布的 3.17%,如中华石楠(*Photinia beauverdiana*)、蛇葡萄(*Ampelopsis glandulosa*)等。旧世界温带分布的有 43 种,占该区非世界分布的 2.13%,如牛皮消(*Cynanchum auriculatum*)、香薷

(*Elsholtzia ciliata*)等。温带亚洲分布的有 7 种,占该区非世界分布的 0.35%,如黄鹌菜(*Youngia japonica*)、车前(*Plantago asiatica*)等。地中海、西亚至中亚分布的有 6 种,占该区非世界分布的 0.30%,如车叶律(*Galium asperuloides*)、苣荬菜(*Sonchus wightianus*)等。东亚分布的有 202 种,在温带性质种中最多,占该区非世界分布的 10.01%,如大叶冬青(*Ilex latifolia*)、狭叶山胡椒(*Lindera angustifolia*)、雷公藤(*Tripterygium wilfordii*)、十字兰(*Habenaria schindleri*)等。

中国特有分布类型是该区系中分布最多的,达 728 种,占该区非世界分布的 36.09%,主要集中在山茶科、樟科、冬青科、蔷薇科等亚热带分布为主的科中。根据《Flora of China》对分布地的记载,可将分布在武功山地区的特有种进一步划分为 7 个亚型(表 7)。从表 7 可以看出该区特有种主要分布于华东、华中、华南三大区域,其中华东-华中-华南三地共有的特有分布种数最多,达 181 种,占该区特有种的 24.86%,如细叶青冈(*Cyclobalanopsis gracilis*)、毛冬青(*Ilex pubescens*)等;华东地区有 104 种,占该区特有种的 14.29%,如赣皖乌头(*Aconitum finetianum*)、井冈山凤仙花(*Impatiens jinggangensis*)、牯岭蛇葡萄(*Ampelopsis heterophylla* var. *kulingensis*)等;华中地区有 99 种,占该区特有种的 13.60%,如宜昌楼梯草(*Elatostema ichangense*)、武当菝葜(*Smilax outanscianensis*)、湖北黃精(*Polygonatum zanlanscianense*)等;华南地区有 98 种,占该区特有种的 13.46%,如华南悬钩子(*Rubus hanceanus*)、华南桤叶树(*Clethra faberi*)、华南赤车(*Pellionia grisea*)等;华东-华中地区有 119 种,占该区特有种的 16.34%,如落叶木莲、庐山楼梯草

表 7 武功山地区特有植物分布类型表

Table 7 The area-type of endemic species of seed plants in Wugongshan region

分布区亚型 Subtype dispersion pattern	种数 No. of species	占该区特有 种总数比例 Percentage/%
江西省 Jiang xi Province	5	0.69
华东 E. China	104	14.29
华中 C. China	99	13.60
华南 S. China	98	13.46
华东-华中 E. to C. China	119	16.34
华东-华南 E. to S. China	122	16.76
华东-华中-华南 E. to C. to S. China	181	24.86
合计 Total	728	100

(*Elatostema stewardii*)等;华东-华南地区有122种,占该区特有分布的16.76%,如藤黄檀(*Dalbergia hancei*)、东南葡萄(*Vitis chunganensis*)等;华东、华南、华中3个地区的种数相差不大,反映出武功山地区和3个地区联系紧密,这与该区的地理位置相吻合,该区位于华东地区的西南边缘,与华中、华南联系紧密。

3.3 武功山地区种子植物区系与其他区系的比较

任何植物区系的形成与发展都不是孤立的,都与其他区系存在着这样和那样的联系^[21]。一个较为完整的植物区系,只有将其与其他区系进行比较,才能更加深入地揭示其固有特征和空间分布以及演化规律。为进一步揭示武功山地区植物区系规律,特选取了中国中部和南部的武夷山^[22]、井冈山^[23]、庐山^[24]、金佛山^[25]、西双版纳^[26]、高黎贡山^[27]、神农架^[28]、南岭^[29]、秦岭^[30]、峨眉山^[31]、壶瓶山^[32]、黄山^[33]、吊罗山^[34]、大瑶山^[35]、梁野山^[36]共15个代表性地区的种子植物区系与武功山地区进行比较。

3.3.1 丰富度比较 武功山地区与15个地区种子植物的综合系数值比较结果见表8,从中可见武功山地区种子植物丰富度处于中等偏下水平。西双版纳、高黎贡山、金佛山、井冈山、神农架、南岭、秦岭的种子植物丰富度要远高于武功山地区,峨眉山、壶瓶山、武夷山、吊罗山植物丰富度和武功山地区水平相

当,而庐山、梁野山、黄山和大瑶山丰富度要小于武功山地区。

3.3.2 相似性比较 各区系科相似性在76.70%~94.51%之间(表8),表明武功山地区与其他地区的科均有很高的相似性,因此从科层面来看其区系组成整体上是相似性的,但也存在差异性:武功山地区与庐山、井冈山、武夷山等地区科相似性都达到了90%以上,而与吊罗山、西双版纳、大瑶山等地区不到90%,这与地理位置有着密切的联系。

属相似性系数在83.04%~46.88%之间,总体上低于科相似性系数,这是由于属的进化要比科进化的快些。井冈山与武功山属相似性最高,达94.43%,可见其亲缘性很近。武夷山、庐山和壶瓶山与武功山属相似性较高,达到了80%以上。与金佛山、南岭、黄山等地区属相似性不高且存在一定差异,而与大瑶山、秦岭、高黎贡山等地区的属相似性一般,特别是吊罗山,已低至50%以下。

各区域种的差异性较大,15个地区与武功山地区比较种相似性系数大小依次是井冈山>武夷山>庐山>壶瓶山>南岭>黄山>梁野山>神农架>金佛山>大瑶山>峨眉山>秦岭>西双版纳>吊罗山。其中井冈山、武夷山、庐山、壶瓶山等地区的相似性系数大于50%,表明其区系关系密切;而金佛山、秦岭、西双版纳等地区的相似性系数均小于50%,

表8 武功山地区种子植物区系与其他区系丰富度比较

Table 8 The comparison on richness and similarity coefficient of seed plants between Wugongshan region and other regions

地区 Region	种数 No. of species	共有种数 No. of common species	种相似性 Percentage/%	属数 No. of genera	共有属数 No. of common genera	属相似性 Percentage/%	科数 No. of families	共有科数 No. of common families	科相似性 Percentage/%	综合系数 Comprehensive coefficient
武功山 Wugongshan	2 079	—	—	814	—	—	166	—	—	-0.30
西双版纳 Xishuangbanna	4 044	611	19.96	1 243	537	52.21	197	149	82.09	1.13
高黎贡山 Gaoligongshan	3 895	550	18.41	1 033	575	62.26	180	147	84.97	0.73
金佛山 Jinfoshan	3 688	1 362	47.23	1 048	712	76.48	182	157	90.23	0.68
井冈山 Jinggangshan	3 188	1 769	67.17	993	774	85.67	175	161	94.43	0.38
神农架 Shennongjia	2 992	1 276	50.33	1 004	681	74.92	179	160	92.75	0.34
南岭 Nanling	2 771	1 353	55.79	963	679	76.42	174	152	89.41	0.18
秦岭 Qinling	2 967	803	31.83	901	562	65.54	167	145	87.09	0.15
峨眉山 Emeishan	2 528	890	38.64	871	617	73.23	173	154	90.86	-0.02
壶瓶山 Hupingshan	2 349	1 275	57.59	845	666	80.29	167	155	93.09	-0.16
武夷山 Wuyishan	2 073	1 342	64.64	838	705	85.35	165	156	94.26	-0.28
黄山 Huangshan	1 395	936	53.89	642	550	75.55	142	136	88.31	-0.90
吊罗山 Diaoluoshan	1 840	326	16.64	854	391	46.88	173	130	76.70	-0.31
大瑶山 Dayaoshan	1 831	770	39.39	784	527	65.96	166	141	84.94	-0.43
庐山 Lushan	1 740	1 189	62.27	737	644	83.04	162	155	94.51	-0.55
梁野山 Liangyeshan	1 507	915	51.03	709	556	73.01	167	152	91.29	-0.64

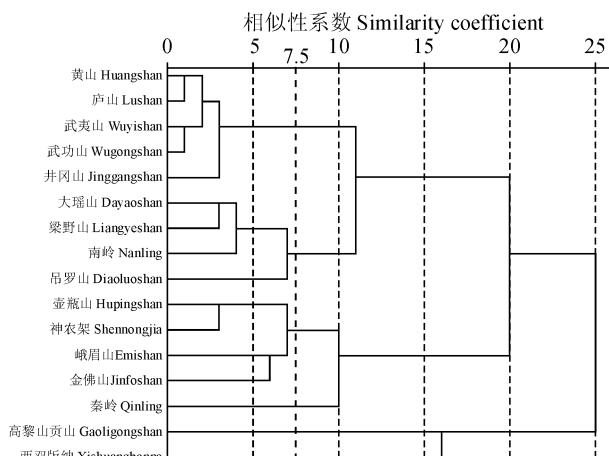


图1 武功山地区与其他地区种的多样性树状聚类分析图

Fig.1 Cluster analysis of plant species diversity of Wugingshan region and other regions

表明其区系关系较远。

3.3.3 聚类分析 不同地区植物区系的关系是一种模糊相似关系,因此模糊聚类理论上适用于植物区系关系比较^[37]。因此,本文首先在Excel中将16个地区的名录进行录入并按照《Flora of China》的中文名进行统一,建立总表。其次将各个地区中的种以0、1数据作为观测值。有变量中的种输入1,无变量中的种输入0。最后将此表导入到SPSS19.0软件中进行聚类分析,得到各地区之间的亲缘关系树形图(图1)。

从图1可以看出,以相似性系数7.5为截取参考线,可将16个地区分为6类,第1类包括武功山、黄山、庐山、武夷山、井冈山,共有种达671种,其中温带性和热带性质相差不大,或者温带略占优势($T_r:T_m=0.82$);第2类包括大瑶山、梁野山、南岭和吊罗山,共有种230种,共有成分中热带性质明显较强($T_r:T_m=5.96$);第3类包括壶瓶山、神农架、峨眉山、金佛山,共有种达920种,共有成分中温带性质属占优势($T_r:T_m=0.76$);第4类只包含西北地区的秦岭,其区系以温带成分为主,且具有绝对优势^[38],因此单独为一类。第5类只包含横断山脉地区的高黎贡山,其兰科植物种类最丰富,热带成分略占优势($T_r:T_m=1.09$)^[27]。第6类只包含横断山脉末端的西双版纳,其区系中热带成分占巨大优势^[39],且兰科植物种类极为丰富。武功山地区与前3类区系联系较为紧密,特别是第1类,这主要是因为它们的地理位置、生态环境等条件相近的缘故。与后3类区系联系较为疏远,特别是西双版纳和高黎贡山,这与它们的地理位置、气候特征等差异较大相吻合。

4 结论与讨论

4.1 武功山地区种子区系的基本特征与性质

从上述分析中可以得出,武功山地区种子区系具有以下特征:(1)植物较为丰富,共有166科814属2 079种,分别占江西种子植物科、属、种的72.81%、61.11%、50.46%。其中裸子植物有7科、15属、19种,分别占江西裸子植物科、属、种的77.78%、65.21%、54.28%。(2)古老、孑遗植物丰富,裸子植物有南方红豆杉、粗榧(*Cephalotaxus sinensis*)、竹柏(*Nageia nagi*)等大多中生代遗留的物种,被子植物中有木兰科(Magnoliaceae)、金缕梅科(Hamamelidaceae)(8属/12种)、山茶科(8属/38种)等古老的代表。(3)地理成分多样且具有热带向温带过渡性。科这一级中,有12个分布类型,热带性质很明显($R/T=1.52$);属这一级中,有14个分布型,温带成分大幅度升高,但热带成分还是略占优势($R/T=1.04$);种这一级中,有14个分布型,温带成分明显升高,而且温带成分略占优势($R/T=0.94$)。(4)特有成分丰富,有4科、23属、728种,其中科都为单型科。特有属中不仅存在着大血藤属、青钱柳等古老、残遗的属,还存在着阴山茅属(*Yinshania*)分化形成的属。特有种主要分布于华东、华中、华南三大区域,其中华东-华中-华南三地共有的特有分布种数最多。江西特有5种,如武功山阴山茅、武功山冬青、江西杜鹃等,其中江西杜鹃是武功山地区特有种,分布范围较为狭窄,并且形成了该区灌木层中的优势群落。

4.2 武功山地区种子植物区系与其他区系的联系

与其他区系相比,武功山地区区系的丰富程度处于中等水平。在区系关系上,与华东地区的黄山、庐山、武夷山、井冈山的区系关系最为密切;与华南地区的大瑶山、梁野山、南岭和吊罗山区系密切;与华中地区的壶瓶山、神农架、峨眉山、金佛山较为密切;与秦岭、西双版纳和高黎贡山的区系关系疏远,特别是西双版纳和高黎贡山。区系关系的密切程度通过特定的科属种成分来实现,是区系发展历史与自然环境条件的综合反映。

4.3 武功山地区种子区系的归属

按照吴征镒的中国植物区系分区^[15],武功山地区归属于东亚植物区、中国-日本植物亚区、华东地区、赣南-湘东丘陵亚地区。本研究支持这一区划结果,首先,在该区814属中,东亚分布属共有105属,占该区非世界分布属的14.08%,如连香树属(*Cer-*

cidiphyllum)、刺楸属(*Kalopanax*)、方竹属(*Chimonobambusa*)、吊钟花属(*Enkianthus*)、蜡瓣花属(*Corylopsis*)等,说明了该区东亚植物所占比例较高;其次,在武功山地区中中国特有科、属、种分别有4科、23属、728种,如大血藤(*Sargentodoxa cu-neata*)、血水草(*Eomecon chionantha*)、武功山阴山荠(*Yinshania hui*)等,所占总数比例都较高,特有

成分较高,是东亚区系的一个特点,而中国属于东亚的一部分;再次,在相似性比较和聚类分析中,武功山与华东地区的黄山、庐山、武夷山等地区联系较为紧密,相似度都较高。最后,在该区中分布着木兰科、八角科(*Illiciaceae*)、木通科、莼菜科、毛茛科等中国为起源中心的植物类群。

参考文献:

- [1] 吴征镒.世界种子植物科的分布区类型系统[J].云南植物研究,2003,25(3):245-257.
WU Z Y. The area-types of the world families of seed plants [J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 2003,25(3):245-257.
- [2] 喻晓林,周德中,彭益萍,等.萍乡武功山林区的药用植物资源[J].江西林业科技,2002,(3):14-19.
YU X L, ZHOU D Z, PENG Y P, et al. Resources of medicinal plants in mount Wugong of Pingxiang City [J]. *Jiangxi Forestry Science and Technology*, 2002,(3):14-19.
- [3] 廖铅生,林燕春,张波,等.萍乡武功山樟科植物资源及其利用[J].四川林业科技,2010,31(2):75-77.
LIAO Q S, LIN Y C, ZHANG B, et al. Resources and exploitation of Lauraceae plants in the Wugong Mountain of Pingxiang City [J]. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 2010,31(2):75-77.
- [4] 廖铅生,刘江华,熊美珍.萍乡市武功山稀有濒危、特有植物的多样性及其保护[J].萍乡高等专科学校学报,2008,25(3):79-83.
LIAO Q S, LIU J H, XIONG M Z. The diversity and protection of the rare and endangered endemic plant species in Wugong Mountain [J]. *Journal of Pingxiang College*, 2008, 25(3):79-83.
- [5] 李晓红,徐健程,肖宜安,等.武功山亚高山草甸群落优势植物野古草和芒异速生长对气候变暖的响应[J].植物生态学报,2016,40(9):871-882.
LI X H, XU J C, XIAO Y A, et al. Responses in allometric growth of two dominant species of subalpine meadow-*Arundinella anomala* and *Miscanthus sinensis*—to climate warming in Wugongshan Mountains, China [J]. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2016,40(9):871-882.
- [6] 赵晓蕊,郭晓敏,张金远,等.武功山山地草甸土壤磷元素分布格局及其与土壤酸度的关系[J].江西农业大学学报,2013,35(6):1 223-1 228.
ZHAO X R, GUO X M, ZHANG J Y, et al. Spatial distribution of soil P and its correlation with soil acidity in mountain meadow of Wugong Mountain [J]. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2013,35(6):1 223-1 228.
- [7] 孙林,肖佳伟,陈功锡.武功山地区蕨类植物区系研究[J].中南林业调查规划,2016,35(2):63-74.
SUN L, XIAO J W, CHEN G X. Study on the Pteridophyte flora in Wugong Mountain [J]. *Central South Forest Inventory and Planning*, 2016,35(2):63-74.
- [8] 高贤明.江西安福武功山木本植物区系研究[J].江西农业大学学报,1991,13(2):140-147.
GAO X M. A study on the woody flora of Wugong Mountains in Anfu County, Jiangxi Province [J]. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 1991,13(2):140-147.
- [9] 常红秀.江西大岗山植被主要类型及植物区系特征[J].江西大学学报(自然科学版),1988,12(2):39-46.
CHANG H X. Main types of vegetation and their flora characteristics in Dagang Mt. Jiangxi [J]. *Journal of Jiangxi University(Natural Science)*, 1988,12(2):39-46.
- [10] 肖宜安,郭恺强,刘昱生,等.武功山珍稀濒危植物资源及其区系特征[J].井冈山学校学报(自然科学版),2009,30(4):5-8.
XIAO Y A, GUO K Q, LIU H S, et al. Flora of the rare and endangered plants in Wugong Mountain [J]. *Journal of Jinggangshan University (Science and Technology)*, 2009, 30(4):5-8.
- [11] 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.
- [12] Flora of China 编委会. Flora of China[EB/OL]. 1989-2013. <http://foc.eflora.cn/>
- [13] 江西植物志编辑委员会.江西植物志,第2卷[M].北京:中国科学技术出版社,2004.
- [14] 江西植物志编辑委员会.江西植物志,第3卷[M].南昌:江西科学技术出版社,2013.
- [15] 吴征镒,孙航,周浙昆,等.中国种子植物区系地理[M].北京:科学出版社,2010.
- [16] 左家哺.植物区系的数值分析[J].云南植物研究,1990,12(2):179-185.

- ZUO J B. A numerical analysis of flora[J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 1990, **12**(2): 179-185.
- [17] 左家哺,傅德志.中国种子植物区系定量研究 V. 区系相似性[J].热带亚热带植物学报,1996, **4**(3): 18-25.
- ZUO J B, FU D Z. Quantitative study on seed plant flora of China V. Floristic similarity[J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 1996, **4**(3): 18-25.
- [18] 陈 涛,张宏达.南岭植物区系地理学研究 I. 植物区系的组成和特点[J].热带亚热带植物学报,1994, **2**(1): 10-23.
- CEHN T, ZHANG H D. The floristic geography of Nanling Mountain Range, China I. floristic composition and characteristics[J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 1994, **2**(1): 10-23.
- [19] 吴征镒,周浙昆,孙 航,等.种子植物分布区类型及其起源和分化[M].昆明:昆明科技出版社,2006.
- [20] 应俊生.中国种子植物特有属[M].北京:科学出版社,1994.
- [21] 马克平,高贤明,于顺利.东灵山地区植物区系的基本特征与若干山区植物区系的关系[J].植物研究,1995, **15**(4): 501-515.
- MA K P, GAO X M, YU S L. On the characteristics of the flora of Dongling mountain area and its relationship with a number of other mountainous floras in China[J]. *Bulletin of Botanical Research*, 1995, **15**(4): 501-515.
- [22] 刘信中,方福生.江西武夷山自然保护区科学考察集[M].北京:中国林业出版社,2001: 133-197.
- [23] 廖文波,王英永,李 贞,等.中国井冈山地区生物多样性综合考察[M].北京:科学出版社,2014: 396-477.
- [24] 刘信中,王 琅.江西省庐山自然保护区生物多样性考察与研究[M].北京:科学出版社,2010: 532-567.
- [25] 刘正宇,谭杨梅,张含藻,等.重庆金佛山生物资源名录[M].重庆:西南师范大学出版社,2010: 37-137.
- [26] 朱 华,闫丽春.云南西双版纳野生种子植物[M].北京:科学出版社,2012: 21-456.
- [27] 李 恒,郭辉军,刀志灵.高黎贡山植物[M].北京:科学出版社,2000: 435-1 165.
- [28] 廖晓尧.神农架地区自然资源综合调查报告[M].北京:中国林业出版社,2015.
- [29] 邢福武,陈红锋,王发国,等.南岭植物物种多样性编目[M].武汉:华中科技大学出版社,2011: 42-241.
- [30] 沈茂才.中国秦岭生物多样性的研究和保护[M].北京:科学出版社,2010: 68-130.
- [31] 李振宇,石 雷.峨眉山植物[M].北京:科学出版社,2007, 225-957. 1-142.
- [32] 张国珍,张代贵.湖南壶瓶山植物志[M].长沙:湖南科学技术出版社,2009: 116-957.
- [33] 胡嘉琪,梁师文.黄山植物[M].上海:复旦大学出版社,1996: 84-514.
- [34] 江海声,宋晓军,廖文波,等.海南吊罗山生物多样性及其保护[M].广州:广东科技出版社,2006: 159-185.
- [35] 广西大瑶山自然资源综合考察队.广西大瑶山自然资源考察[M].上海:学林出版社,1988: 368-428.
- [36] 林 鹏.福建梁野山自然保护区综合科学考察报告[M].厦门:厦门大学出版社,2001: 49-95.
- [37] 郭水良,刘 鹏.模糊聚类分析在山地植物区系关系比较中的应用[J].山地研究,1995, **13**(3): 191-194.
- GUO S L, LIU P. Apply fuzzy cluster analysis to study the floristic relation of different mountains[J]. *Mountain Research*, 1995, **13**(3): 191-194.
- [38] 李思峰,王宇超,黎 斌.秦岭种子植物区系的性质和特点及其与毗邻地区植物区系关系[J].西北植物学报,2014, **34**(11): 2 346-2 353.
- LI S F, WANG Y C, LI B. Characteristics of the seed plants flora in Qinling Mountains and its relationship with floras in other mountains [J]. *Acta Bot. Boreal.-Occident. Sin*, 2014, **34**(11): 2 346-2 353.
- [39] 朱 华,李延辉,许再富,等.西双版纳植物区系的特点与亲缘[J].广西植物,2001, **21**(2): 127-136.
- ZHU H, LI Y H, XU Z F, et al. Characteristics and affinity of the flora of Xishuangbanna, SW China[J]. *Guizhou Botany*, 2001, **21**(2): 127-136.

(编辑:潘新社)