

# 福建武夷山脉裸子植物区系与地理分布的研究

孔祥海

(福建龙岩学院生命科学学院, 福建 龙岩 364000)

**摘要:** 通过野外实地考察,研究了福建武夷山脉裸子植物区系与地理分布及种系分化特点。结果表明:福建武夷山脉是中国裸子植物多样性中心之黄山-武夷山脉中心的核心区域,裸子植物共有 10 科 24 属 39 种。其地理分布呈中海拔膨胀型。裸子植物的区系具亚热带性质,随纬度升高热带分布的比例呈下降趋势,而温带分布和中国特有分布的比例则呈上升趋势。裸子植物种系分化强度表现出南低北高的变化特点。

**关键词:** 裸子植物; 地理分布; 区系成分; 种系分化; 武夷山脉; 福建

中图分类号: Q948.5

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2011)01-0033-07

doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2011.01.004

## Studies on Flora and Geographical Distribution of Gymnosperm in Wuyi Mountains, Fujian Province, China

KONG Xiang-hai

(College of Life Sciences, Longyan University, Longyan 364000, China)

**Abstract:** The geographical distribution, floristic characteristics, and species differentiation of gymnosperm in Wuyi Mountains, Fujian Province, were studied based on field investigation. The results showed that Wuyi Mountains of Fujian was a core region of Huangshan-Wuyi Mountains centers, there were 39 species of gymnosperms, belonging to 10 families and 24 genera. The geographical distribution patterns belonged to mid-altitude bulge type along altitude. Flora of gymnosperm had notable subtropical mountainous characteristic, the proportion of tropical areal-type decreased with the increment of latitude, while the proportion of temperate and endemic to China areal-types increased. The phylogenetic differentiation intensity of gymnosperm decreased from northern to southern of Wuyi Mountains.

**Key words:** Gymnosperm; Geographical distribution; Flora elements; Phylogenetic differentiation; Wuyi Mountains; Fujian

裸子植物出现在 4 亿多年前的古生代泥盆纪,二叠纪晚期以后,气候转凉且干燥,以其自身优越性发展成为最为繁盛的类群并一直持续到中生代白垩纪,后因地质和气候的变迁,特别是由于第三纪、第四纪冰期的影响而逐渐衰退、迁移和灭绝后,全球裸子植物仅存约 850 种<sup>[1]</sup>。郑万钧等认为有不少现代的种系是约 6500 万年前至 250 万年前出现并延续至今的<sup>[2]</sup>。裸子植物的现代分布状况是它们在长期和多变的环境中适应、进化和被选择、淘

汰的结果。中国的裸子植物有 11 科 41 属约 250 种,分别占世界科、属、种总数的 91.67%、57.75% 和 29.41%,有许多是北半球其他地区早已灭绝的古残遗种或孑遗种,且特有的单型属或少型属繁多,是世界上裸子植物最丰富的国家<sup>[3]</sup>。在我国,裸子植物种数虽仅占种子植物总种数的 0.83%,它所形成的针叶林面积约占森林总面积的 52.18%<sup>[4]</sup>,具有十分重要的生态、经济与社会价值和意义。武夷山脉是全球具有重要意义的生物多样性和生态

过程的陆地生态系统生态区,也是中国陆地优先保护生态系统的重点区域<sup>[5-6]</sup>,同时也是裸子植物多样性保护最重要的区域<sup>[7]</sup>。因此,深入研究武夷山脉裸子植物区系与地理分布,对揭示福建植物区系形成及发展动态,理解裸子植物分布的变化与种系分化,阐明中国裸子植物形成与散布具有重要意义。本文通过实地调查,对武夷山脉裸子植物区系与地理分布进行研究,为合理开发和保护福建裸子植物种质资源和植被恢复,制定林业发展战略提供科学依据。

## 1 研究地概况

武夷山脉位于  $24^{\circ}47' \sim 28^{\circ}22'N$ ,  $115^{\circ}51' \sim 118^{\circ}50'E$ ,地处中国东南部的江西、福建两省交界处,为东南沿海丘陵与江南丘陵的分界线,也是福建省闽江水系、汀江水系与江西鄱阳湖水系的天然分水岭(图 1)。山脉呈东北-西南走向,长约 540 km,北接浙江的仙霞岭,南连南岭的九连山,武夷山脉

山体核部以坚硬耐蚀的花岗岩和火山岩为主,断裂构造发育显著,邵武-河源深大断裂控制了武夷山脉的走向,并奠定武夷山脉的骨架。武夷山脉的最高峰为黄冈山,海拔 2157.8 m,山体高差悬殊,绝对高差达 1700 m。武夷山脉由于断裂作用自北向南形成了众多垭口,分为北段( $27^{\circ}08' \sim 28^{\circ}22'N$ ,  $118^{\circ}06' \sim 118^{\circ}50'E$ )、中段( $26^{\circ}02' \sim 27^{\circ}08'N$ ,  $116^{\circ}38' \sim 118^{\circ}50'E$ )、南段( $24^{\circ}47' \sim 26^{\circ}02'N$ ,  $115^{\circ}51' \sim 118^{\circ}50'E$ )。武夷山脉为中亚热带湿润气候,日照时数为 1700~2100 h,年总辐射为  $4.16 \times 10^9 \sim 4.55 \times 10^9 J m^{-2}$ ,年平均气温  $12.1 \sim 20.0^{\circ}C$ ,年均相对湿度 76.0%~88.0%, $\geq 10^{\circ}C$  的年积温为 3454.0~6500 $^{\circ}C$ ,年降水量 1600~2162.5 mm,良好的生态环境和特殊的地理位置,使其成为地理演变过程中许多动植物的天然避难所,物种资源极其丰富,保存了世界同纬度带最完整、最典型、面积最大的中亚热带原生性森林生态系统,成为全球生物多样性保护的关键地区。

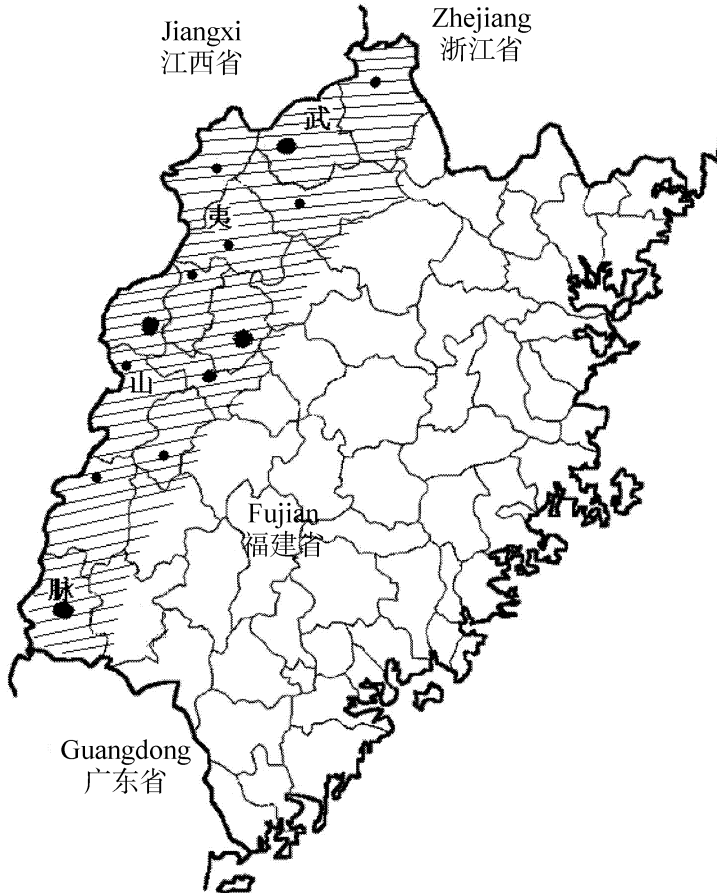


图 1 福建武夷山脉的地理位置

Fig.1 Location of Wuyi Mountains in Fujian, China

●: 调查地点 Investigation point

## 2 研究方法

选择浦城匡山、光泽香炉山、武夷黄岗山、邵武将石、建阳诸母岗、建宁闽江源、泰宁峨嵋峰、将乐龙栖山、明溪君子峰、清流莲花山、宁化牙梳山、长汀圭龙山、武平梁野山作为武夷山脉北、中、南段具有代表性的区域开展调查(图 1),记录种类名称、分布海拔等生境资料,并采集制作标本(标本存于龙岩学院生命科学学院植物标本室);同时查阅裸子植物资料<sup>[2-3,8-11]</sup>。

根据吴征镒的种子植物科、属和种的分布区类型<sup>[10,12-13]</sup>进行统计分析。

裸子植物种系分化强度采用物种数/科数比值( $R_1$ )和种数/属数的比值( $R_2$ )进行描述<sup>[14]</sup>,即  $R_1 = S/F$ ;  $R_2 = S/G$ ,其中  $S$ 、 $F$  和  $G$  分别为裸子植物的种数、科数和属数。

## 3 结果和分析

### 3.1 物种组成

据实地考察和文献数据统计,福建武夷山脉的裸子植物共有 10 科 24 属 39 种(表 1)。尽管福建武夷山脉的裸子植物种类仅占世界裸子植物区系的 4.59%,但属数和科数占世界裸子植物区系的比

例较高,分别为 33.80% 和 83.33%,而占中国裸子植物的比例分别为 15.60%、58.54% 和 90.91%,说明福建武夷山脉的裸子植物是中国裸子植物区系的重要组成部分,是福建省裸子植物的组成核心。武夷山脉成陆的历史古老,隆起于古生代后加里东时期,是华夏古陆(华南地台)的一部分。它位于华夏古陆的东北部与江南古陆比邻或接壤,在加里东隆起后,经几度隆起与剥蚀夷平形成众多的高山和低谷,成为古植物区系的衍生地之一。据古气候分析,我国在地质史上潮湿热带、亚热带的气候分布是相当广阔的,进入第四纪之前,形成了大量喜湿热植物类群<sup>[15]</sup>。武夷山脉地区未发现第四纪冰川遗迹,表明其仍有保留湿热的气候环境。全新世时期,气候更趋湿热。长期的湿热环境对植物的发生、发展、扩散和进化产生重要的作用,在武夷山脉保存了较多裸子植物物种。李果等<sup>[7]</sup>曾报道武夷山脉的裸子植物有 21 属 29 种(李果采用 Farjón 于 2001 年发表的裸子植物分类标准,本文综合郑万钧、傅立国和吴征镒的意见<sup>[2-3,8-10]</sup>以及近年发表的新分类群),分别占黄山-武夷山脉中心裸子植物总属数的 95.45% 和总种数的 85.29%,成为中国裸子植物多样性中心之一的黄山-武夷山脉中心的核心区域。

表 1 福建武夷山脉裸子植物统计

Table 1 Statistics of gymnosperm in Wuyi Moutains, Fujian

	武夷山脉 Wuyi Moutains	占中国 <sup>[3]</sup> 的比例 % of China	占福建 <sup>[6]</sup> 的比例 % of Fujian
科数 Number of families	10	90.91	100
属数 Number of genera	24	58.54	96
种数 Number of species	39	15.6	84.78

按海拔对武夷山脉的裸子植物分布进行统计(图 2)。裸子植物物种的分布呈中间海拔膨胀型,67.5% 以上的物种分布在海拔 700 ~ 1100 m 的地区。孔祥海认为,福建现代裸子植物种类丰富且多为中山带分布<sup>[16]</sup>。武夷山脉为福建省最大的山脉,约占福建总面积的 1/3,境内中山地带面积高达 53.8%,这为裸子植物的生存与发展提供了较好的条件。

### 3.2 裸子植物区系特点

从表 2 可见,武夷山脉裸子植物有 4 科为热带分布,占总科数的 40.00%,北温带分布占 40.00%,东亚、中国特有成分均只有 1 科,各占 10.00%;热

带分布的属有 8 属,占总属数的 33.33%;温带成分有 12 属,占 50.00%;中国特有属有 4 属,占 16.67%。而中国种子植物中热带分布的科有 187 科,占总科数的 55.49%;温带分布的有 94 科,占 27.89%;中国特有科有 6 科,占 1.78%。在属级水平上,热带分布有 1573 属,占总属数的 50.86%;温带分布的有 1269 属,占 41.03%;中国特有属有 251 属,占 8.12%<sup>[17]</sup>。吴征镒在《中国植被》中指出分布于亚热带低山、丘陵和平地的暖性针叶林的建群属的裸子植物有 16 属<sup>[18]</sup>,占武夷山脉总属数的 66.67%,可以说明武夷山脉裸子植物区系的亚热带性质比被子植物区系更强。

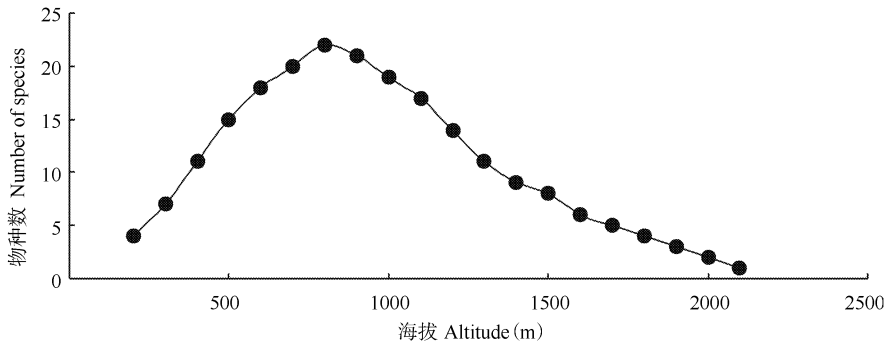


图 2 武夷山脉裸子植物的海拔分布

Fig. 2 Altitude distribution of gymnosperm in Wuyi Mountains

另一方面,武夷山裸子植物区系中含有众多古老和原始类群,如银杏属(*Ginkgo*)、金钱松属(*Pseudolarix*)、水松属(*Glyptostrobus*)、福建柏属(*Fokienia*)、穗花杉属(*Amentotaxus*)、白豆杉属(*Pseudotaxus*)等。银杏(*Ginkgo biloba*)、金钱松

(*Pseudolarix kaempferi*)、水松(*Glyptostrobus pensilis*)等为著名的孑遗植物,说明裸子植物区系的起源不迟于中生代晚三叠纪。中国特有属丰富,占全国总数的 63.33%,这说明东亚裸子植物区系的原始中心和现代分布中心均在中国亚热带地区。

表 2 裸子植物科属的分布区类型

Table 2 The areal-types of families and genera of gymnosperm

分布区类型 Areal-types	科数 Number of families	%	属数 Number of genera	%
泛热带分布 Pantropic	2	20	2	8.33
热带亚洲至热带大洋洲 Trop. Asia to Trop. Australasia Oceania			1	4.17
热带亚洲至热带非洲分布 Trop. Asia to Trop. Afr.	1	10		
热带亚洲(即热带东南亚至印度-马来,太平洋诸岛) Trop. Asia (Trop. SE. Asia + Indo-Malaya + Trop. S. & SW. Pacific Isl.)	1	10	5	20.83
北温带 N. Temp.	4	40	6	25
东亚及北美间断 E. Asia & N. Amer. disjuncted			3	12.5
东亚 E. Asia	1	10	3	12.5
中国特有分布 Endemic to China	1	10	4	16.67
合计 Total	10	100	24	100

吴征镒 1965 年指出“居于北纬 20° ~ 40° 的中国南部与西南部和中南半岛的广袤地区,最富于特有的古老科、属。这些从第三纪古热带区系传下来的成分可能是东亚区系的核心,而这一地区则正是这一区系的摇篮”。以西南地区为核心,按王文采<sup>[24]</sup>、吴征镒等<sup>[25]</sup>和周云龙等<sup>[26]</sup>的分类,福建武夷山脉裸子植物种可划分为 18 个分布区亚型(表 3)。表中除了 3 个分布区亚型(4、7 和 8)的物种[如竹柏(*Nageia nagi*)、罗汉松(*Podocarpus macrophyllus*)、短叶罗汉松(*P. macrophyllus* var. *maki*)、圆柏(*Sabina chinensis*)、侧柏(*Platycladus orientalis*)等]可分布至温带(或以北)地区外,其它分布区亚型的物种均分布在热带或亚热带地区。因此福建武夷山脉的现代裸子植物表现出很强的热带、亚热带性质。

按武夷山脉北、中、南段分别统计热带、温带与中国特有分布区类型的比例(图 3),可见,随纬度升高热带分布的比例呈下降趋势,而温带分布的比例则呈上升趋势。这与朱华等和 Qian 等关于中国与东亚种子植物区系地理成分的变化规律相似<sup>[19-20]</sup>。中国特有分布的比例也呈上升趋势。Nogués-Bravo 等和 Romdal 等认为面积增加,可能意味着新生境的增加,可遇到栖息于新生境中的物种的机会就越多<sup>[21-22]</sup>。Kadmon 认为海拔变幅是生境异质性的表征,随着生境类型多样性增加,物种多样性呈递增趋势<sup>[23]</sup>。武夷山脉从南至北山体面积增大,地势不断升高,海拔高差加大,为中国特有物种的分布创造了有利条件。

表 3 福建武夷山脉裸子植物种的分布区亚型

Table 3 The areal-subtypes of gymnospermae in Wuyi Mountains, Fujian Province

分布亚区 Areal-subtypes	种 Species
1. 西南→华中(南岭) SW to Central China	宽叶粗榧 <i>Cephalotaxus latifolia</i>
2. 西南→华中→华东(长江流域) SW China to E China	柳杉 <i>Cryptomeria fortunei</i> 、柏木 <i>Cupressus funebris</i> 、三尖杉 <i>Cephalotaxus fortunei</i> 、粗榧 <i>C. sinensis</i> 、红豆杉 <i>Taxus wallichiana</i> var. <i>chinensis</i> 、四川苏铁 <i>Cycas szechuanensis</i>
3. 西南→华中→华东、台湾 SW China to Taiwan	马尾松 <i>Pinus massoniana</i> 、黄山松 <i>P. taiwanensis</i> 、杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i> 、刺柏 <i>Juniperus formosana</i>
4. 西南→华中、华南→华东、台湾→日本 SW China to Japan	竹柏 <i>Nageia nagi</i> 、罗汉松 <i>Podocarpus macrophyllus</i> 、短叶罗汉松 <i>P. macrophyllus</i> var. <i>maki</i>
5. 喜马拉雅←西南→华东 Himalayas to E China	南方铁杉 <i>Tsuga chinensis</i> var. <i>tchekiangensis</i>
6. 喜马拉雅←西南(中南半岛)→华中→华东、台湾分布 Himalayas to Taiwan	穗花杉 <i>Amentotaxus argotaenia</i> 、喜马拉雅红豆杉 <i>Taxus wallichiana</i> 、南方红豆杉 <i>T. wallichiana</i> var. <i>mairei</i>
7. 喜马拉雅←西南→华中→华北、华东→台湾、日本分布 Himalayas to Japan	圆柏 <i>Sabina chinensis</i>
8. 喜马拉雅←西南→西伯利亚(远东) Himalayas to Siberia adjunct	侧柏 <i>Platycladus orientalis</i>
9. 喜马拉雅←西南→华中、华南→华东、台湾、东南亚 Himalayas to Taiwan to SE Asia	百日青 <i>Podocarpus neriifolius</i>
10. 华东 E China	华东黄杉 <i>Pseudotsuga gaussenii</i> 、金钱松 <i>P. kaempferi</i> 、银杏 <i>Ginkgo biloba</i> 、长叶榧树 <i>Torreya jackii</i> 、百山祖冷杉 <i>Abies beshanzuensis</i>
11. 华中→华东 C China to E China	榧树 <i>Torreya grandis</i>
12. 南岭→华南、华东 Nanling to S China and E China	水松 <i>Glyptostrobus pensilis</i>
13. 西南→南岭 SW to Nanling	台湾苏铁 <i>Cycas taiwaniana</i> 、长苞铁杉 <i>Tsuga longibracteata</i> 、江南油杉 <i>Keteleeria cyclolepis</i> 、福建柏 <i>Fokienia hodginsii</i>
14. 福建 Fujian	沙黄松 <i>Pinus massoniana</i> var. <i>shaxianensis</i>
15. 西南→华南→东南亚 SW to S China to SE Asia	小叶罗汉松 <i>Podocarpus wangii</i>
16. 中南半岛←西南→华南 SW to S China	买麻藤 <i>Gentum montanum</i> 、小叶买麻藤 <i>G. parvifolium</i>
17. 华南→南岭 S China to Nanling	罗浮买麻藤 <i>Gentum lofuenes</i> 、白豆杉 <i>Pseudotaxus chienii</i>
18. 中南半岛←华南→台湾 Indo-China to S China to Taiwan	苏铁 <i>Cycas revoluta</i>

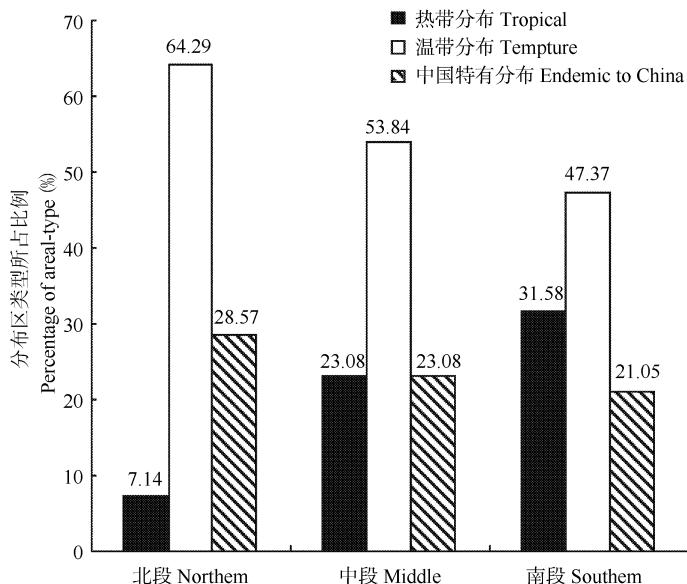


图 3 武夷山脉各段裸子植物区系成分的比例

Fig. 3 Percentage of areal-type of gymnosperm in different segments of Wuyi Mountains

### 3.4 裸子植物种系分化强度

种数/属数、种数/科数的比值反映了植物区系中种系分化的强度<sup>[4]</sup>, 比值低则表明寡种属多, 区系的古老和残遗性强; 比值高, 则多种属的比例大, 反映区系的物种分化强烈。从图 4 可见, 武夷山脉裸子植物种系分化强度呈现由北向南递减趋势。武夷山脉处于中亚热带地区, 其山体从南到北逐渐增宽, 面积增大(图 1); 且山体的绝对高差由南段的 1135 m 增至北段的 1700 m, 加之汀江和闽江上游

的沙溪、建溪在武夷山脉的流域面积也逐渐增大, 使武夷山脉从南到北地形复杂度增加, 生境的复杂性和异质性增加, 形成了适合不同裸子植物生存的环境条件, 这在一定程度上形成了种系分化强度呈南低北高的特点。但总体而言, 武夷山脉与中国裸子植物多样性的滇黔桂-南岭中心和海南岛中心相似: 即具有较高的科丰富度和较低的种系分化率, 表明其高的物种丰富度更多源自高的科丰富度, 体现了更强的历史残遗<sup>[7]</sup>。

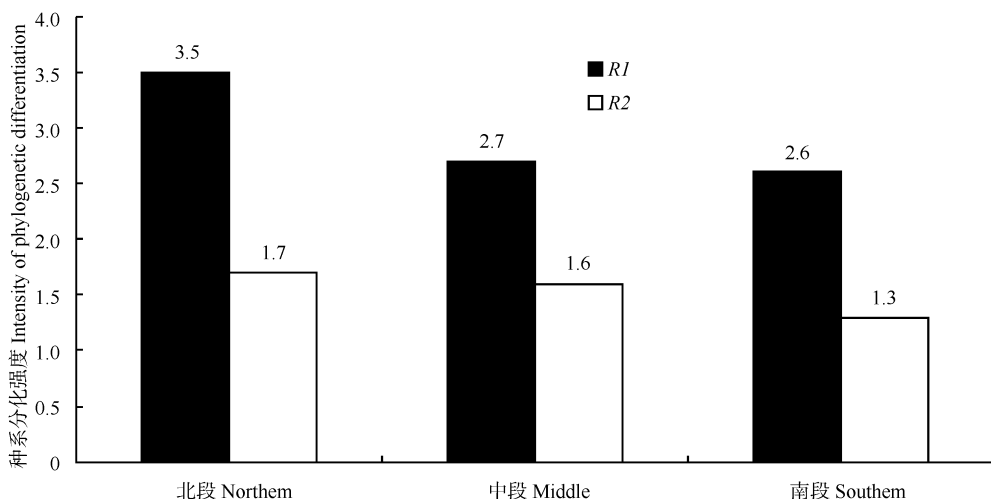


图 4 武夷山脉裸子植物的种系分化强度

Fig. 4 Phylad differentiation strength of gymnosperm in Wuyi Mountains

## 4 结论

福建武夷山脉的裸子植物区系种类仅占世界区系的 4.59%, 但属数和科数分别占世界区系的 33.80% 和 83.33%, 占中国的分别为 15.60%、58.54% 和 90.91%, 表明它是中国裸子植物区系的重要组成部分, 也是中国裸子植物多样性中心之一的黄山-武夷山脉中心的核心区域。裸子植物区系具亚热带性质, 分布区类型随纬度升高热带分布的比例呈下降趋势, 而温带分布和中国特有分布的比例则呈上升趋势。裸子植物种可划分为 18 个分布区亚型, 裸子植物的地理分布呈中间海拔膨胀型, 其种系分化强度表现出南低北高的变化特点。

### 参考文献

[1] Farjón A. World Checklist and Bibliography of Conifers [M]. 2nd ed. England: Royal Botanic Gardens, Kew, 2001: 1-3.  
 [2] Cheng W C(郑万钧), Fu L G(傅立国). Flora Reipublicae Popularis Sinicae Tomus 7 [M]. Beijing: Science Press, 1978: 18-23. (in Chinese)  
 [3] Ying T S, Chen M L, Chang H C. Atlas of the Gymnosperms of

China [M]. Beijing: China Science and Technology Press, 2004: 3-5.  
 [4] Liu Y C(刘玉成). The flora and distribution of gymnosperms in Chongqing forest in Three Gorges Reservoir Region [J]. J SW Univ (Nat Sci)(西南大学学报: 自然科学版), 2008, 30(6): 111-115. (in Chinese)  
 [5] Olson D, Dinerstein E. The Global 2000: A representation approach to conserving the Earth's most biological valuable ecoregions [J]. Conserv Biol, 1998, 12(3): 502-515.  
 [6] Xu W H(徐卫华), Ouyang Z Y(欧阳志云), Huang H(黄璜), et al. Priority analysis on conserving China's terrestrial ecosystems [J]. Acta Ecol Sin(生态学报), 2006, 26(1): 271-280. (in Chinese)  
 [7] Li G(李果), Shen Z H(沈泽昊), Ying T S(应俊生), et al. The spatial pattern of species richness and diversity centers of gymnosperm in China [J]. Biodiv Sci(生物多样性), 2009, 17(3): 272-279. (in Chinese)  
 [8] Fu L G(傅立国), Hong T(洪涛). Higher Plants of China Vol. III [M]. Qingdao: Qingdao Press, 2002: 1-568. (in Chinese)  
 [9] Fu L G(傅立国). China Plant Red Data Book, Vol. I [M]. Beijing: Science Press, 1991: 13-72. (in Chinese)  
 [10] Wu Z Y, Raven P H. Flora of China Vol. 4 (Cycadaceae through Fagaceae) [M]. Beijing: Science Press, St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, 1999: 1-105.  
 [11] Lin L G(林来官). Flora of Fujian, Vol. I [M]. Fuzhou: Fujian

- Science and Technology Press, 1991: 266–325. (in Chinese)
- [12] Wu Z Y(吴征镒). The areal-types of Chinese genera of seed plants [J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究), 1991 (Suppl.): 1–139. (in Chinese)
- [13] Wu Z Y(吴征镒), Zhou Z K(周浙昆), Li D Z(李德铎), et al. The areal-types of the World families of seed plants [J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究), 2003, 25(3): 245–257. (in Chinese)
- [14] Shen Z H(沈泽昊), Hu H F(胡会峰), Zhou Y(周宇), et al. Altitudinal patterns of plant species diversity on the southern slope of Mt. Shennongjia, Hubei, China [J]. *Biodiv Sci*(生物多样性), 2004, 12(1): 99–107. (in Chinese)
- [15] Ying T S(应俊生). Species diversity and distribution pattern of seed plants in China [J]. *Biodiv Sci*(生物多样性), 2001, 9(4): 393–398. (in Chinese)
- [16] Kong X H(孔祥海). A floristic analysis on the gymnosperms of Fujian Province [J]. *J Wuhan Bot Res*(武汉植物学研究), 2004, 22(6): 514–522. (in Chinese)
- [17] Li X W(李锡文). Floristic statistics and analyses of seed plants from China [J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究), 1996, 18(4): 363–384. (in Chinese)
- [18] Wu Z Y(吴征镒). *Vegetation in China* [M]. Beijing: Science Press, 1995: 230–246. (in Chinese)
- [19] Zhu H(朱华), Ma Y X(马友鑫), Yan L C(阎丽春), et al. The relationship between geography and climate in the generic-level patterns of Chinese seed plants [J]. *Acta Phytotaxon Sin*(植物分类学报), 2007, 45(2): 134–166. (in Chinese)
- [20] Qian H, Song J S, Krestov P, et al. Large-scale phytogeographical patterns in east Asia in relation to latitudinal and climatic gradients [J]. *J Biogeogr*, 2003, 30(1): 129–141.
- [21] Nogués-Bravo D, Araújo M B. Species richness, area and climate correlates [J]. *Glob Ecol Biogeogr*, 2006, 15(5): 452–460.
- [22] Romdal T S, Colwell R, Rahbek C. The influence of band sum area, domain extent, and range size on the latitudinal mid-domain effect [J]. *Ecology*, 2005, 86(3): 235–244.
- [23] Kadmon R, Allouche Ö. Integrating the effects of area, isolation, and habitat heterogeneity on species diversity: A unification of island biogeography and niche theory [J]. *Amer Nat*, 2007, 170(1): 103–113.
- [24] Wang W C(王文采). On some distribution patterns and some migration routes found in the eastern Asiatic region [J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报), 1992, 30(1): 1–24. (in Chinese)
- [25] Wu Z Y(吴征镒), Ding T Y(丁托娅). *China Seed Plants* [CD]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 1999. (in Chinese)
- [26] Zhou Y L(周云龙), Liao W B(廖文波). The characteristics of gymnospermous flora from Guangdong Province [J]. *Guihaia*(广西植物), 1995, 15(4): 319–324. (in Chinese)