

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201702003

引文格式: 游章湑, 闫德民, 游水生, 等. 三明格氏栲保护区种子植物区系特点及其地理意义 [J]. 广西植物, 2017, 37(12):1521-1532
YOU ZT, YAN DM, YOU SS, et al. Spermatophyte flora and its geography implication of Sanming *Castanopsis kawakamii* Nature Reserve [J]. *Guihaia*, 2017, 37(12):1521-1532

三明格氏栲保护区种子植物区系特点及其地理意义

游章湑¹, 闫德民², 游水生^{3*}, 林群星⁴, 叶宝鉴³

(1. 福建师范大学 地理科学学院, 福州 350000; 2. 南京森林警察学院, 南京 210046; 3. 福建农林大学
林学院, 福州 3500012; 4. 福建福清灵石国有林场, 福建 福清 350305)

摘要: 通过对福建三明格氏栲保护区野外植物采集和资料查阅, 编制该区域种子植物名录进行植物区系的分析, 并与相邻地区比较。结果表明: 保护区植物区系起源古老, 中新世以来一直保持着其原有的物种组成, 构成了完整种子植物进化系列。境内地形条件复杂, 植物种类丰富, 有 149 科 603 属 1 303 种。森林中多建群种优势科为樟科 (Lauraceae) 和壳斗科 (Fagaceae) 等, 科属区系地理成分复杂, 以热带分布型为主, 泛热带分布科属占首位, 同时兼容了大量温带成分; 通过与福建邻近地区比较, 其与戴云山相似性最大, 随纬度北移或南移, 相似系数下降, 与中国邻近地区比较, 其与岭南地区相似性最大。这说明保护区种子植物区系不隶属于华东地区, 而隶属于岭南地区。在中国植物区系中, 以格氏栲 (*Castanopsis kawakamii*) 为优势植物的保护区隶属于东亚植物区、中国-日本森林植物亚区属、岭南地区、粤北亚地区, 并通过其与相邻以苦槠 (*C. sclerophylla*) 为优势的浙南山地亚地区、以红锥 (*C. hystrix*) 为优势的南岭东段亚地区和两种植物都不占优势的闽北山地亚地区比较, 讨论了各个亚地区科属种的分布状况及特有程度。

关键词: 格氏栲保护区, 种子植物, 植物地理区系, 福建三明, 中国

中图分类号: Q948.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2017)12-1521-12

Spermatophyte flora and its geography implication of Sanming *Castanopsis kawakamii* Nature Reserve

YOU Zhang-Tian¹, YAN De-Min², YOU Shui-Sheng^{3*}, LIN Qun-Xing⁴, YE Bao-Jian³

(1. College of Geography Sciences, Fujian Normal University, Fuzhou 350000, China; 2. Nanjing Forest Police College, Nanjing 210046, China; 3. Forestry College, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 3500012, China; 4. Fuqing Lingshi State-owned Forest Farm of Fujian Province, Fuqing 350305, Fujian, China)

Abstract: Spermatophyte flora characteristics, from Sanming *Castanopsis kawakamii* Nature Reserve in Fujian Province, were analyzed and the differences among four adjacent regions were compared based on the spermatophyte list which was

收稿日期: 2017-07-10 修回日期: 2017-08-05

基金项目: 福建省科技重点计划项目 (2008F0002); 江苏省自然科学基金 (BK20140501); 福建省林业推广项目 (K8517202A) [Supported by Fujian Provincial Key Program of Science and Technology (2008F0002); Natural Science Foundation of Jiangsu Province (BK20140501); Fujian Provincial Forestry Application Program (K8517202A)]。

作者简介: 游章湑 (1991-), 男, 福建南平人, 硕士研究生, 主要从事生态学和园林设计研究, (E-mail) allentime@126.com。

* 通信作者: 游水生, 教授, 主要从事植物分类学和森林生态, (E-mail) fjyss@126.com。

formulated according to specimens collection and relevant literatures. The results showed that flora origin was relatively old and maintained the original species composition that had kept a complete evolutionary series of seed plants since the Miocene. Due to its complex terrain conditions and alternate climate influence of wind belt from east and west, the species composition is abundant and consists of 1 303 species belonging to 149 families and 602 genera; the constructive species belongs to the families of Lauraceae and Fagaceae, has more complex family and genus geographic components of tropical distribution type than that of temperate distribution, and pantropical distribution has the largest proportion; by comparing with adjacent areas, the similarity with Daiyun Mountain is the highest and decreased with the movement toward north or south. Flora characteristic analysis illustrates that the spermatophyte flora, in Sanming *Castanopsis kawakamii* Nature Reserve, belongs to the Lingnan area but not the East China. Plants flora, in this area, belong to the Eastern Asiatic region, Sino-Japan forest subregion, Lingnan region, and North Guangdong subregion. The distribution of family, genus, species and specific degrees are discussed among. South Zhejiang subregion controlled by *C. scleiophylla*, North Fujian subregion, North Guangdong region and East Nanling subregion controlled by *C. hystrix*, North Fujian subregion neither controlled by the two species.

Key words: *Castanopsis kawakamii* Nature Reserve, spermatophyte, floristic plant geography, Fujian Sanming, China

福建三明格氏栲保护区在植物区系上(曾文彬,1983;吴征镒等,2016)分别认为处于华南地区与华东地区和岭南山地地区与华东地区交汇区上,植被分区上(林鹏,1990;陈灵芝等,2014)分别认为处于南亚热带雨林植被带与中亚热带照叶林植被带和东部中亚热带常绿阔叶林南部亚地带与东部中亚热带常绿阔叶林北部亚地带交错的带上,在气候带上处于南亚热带和中亚热带海洋性季风气候交界处(鹿世瑾,1999)。在交界带上的保护区以独特的自然森林景观,为从事植物学研究的人们所关注。为了保护这片 1796—1823 年人类经营毛竹林(*Phyllostachys edulis*)后撩荒地上经萌芽更新(林竞成,1980)形成近 700 hm²(林鹏和丘喜昭,1986)格氏栲占绝对优势的老林龄,1964 年福建林业厅将这片天然林划为格氏栲自然保护区(刘金福等,2004)。以往许多学者对其进行了格氏栲群落演替(林竞成,1980)、种群动态(刘金福等,2004)、人为干扰(He et al,2012)等研究,认为格氏栲种群处于衰退中,有的学者将其称为衰退种,处于渐危状态,被列为珍稀濒危植物之一(傅立国和金鉴明,1991)。但对保护区种子植物区系分析仅在群落分类中做了属区系分析(游水生和郭振庭,1994),尚未对全区种子植物区系做详细的分析。另一面从 1931 年(Hadnel-Mazzetti,1931)起至今,由于各自的依据与划分标

准差异,国内外主要论著(何景,1951,1955;张宏达,1962;吴征镒,1979;曾文彬,1983;刘慎谔,1985;游水生,1990;游水生和郭振庭,1994;游水生等,2011),对福建植物区系归属问题,看法和划分不尽相同。为此,作者通过历年野外植物采集及查阅相关文献资料,整理编写成《福建三明格氏栲自然保护区种子植物名录》,以此为基础资料,根据中国植物区系分区系统(吴征镒等,2016)对其植物区系性质和地理意义进行研究;欲解决以下问题:1.交错带上格氏栲保护区植物区系性质如何? 2.三明格氏栲保护区植物区系地理归属问题。

1 研究区自然概况

格氏栲自然保护区位于我国福建三明市西南部(刘金福等,2004),地理坐标为 26°07'~26°12' N, 117°24'~117°29' E;海拔高度在 180~604 m 之间,属福建武夷山东伸支脉地带,东南方为戴云山脉(刘金福等,2004);该区气候属中亚热带季风型气候,年均温度 19.4 ℃,极端最低气温为-5.5 ℃,最高气温 40 ℃,≥10 ℃年积温为 6 215 ℃,年均降雨量为 1 500.7 mm,最高月降水量 293.8 mm,最低月降水量 51.8 mm,3—8 月的降雨量约为全年的 75%,年平均相对湿度 79%,霜雪偶见,霜期平均 65.6 d(刘金福,2004),最长年份可达 106 d。日照百分率为

44%, 年日照时数 1 765.1 h, 年平均风速 $1.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。保护区土壤分布发育在晚古生代泥盆纪南靖系地层(福建省地质矿产局, 1985)。岩性为砂岩、粉砂岩、石英砾岩和紫色砂页岩组成的浅海—滨海相碎屑沉积(福建省地质矿产局, 1985)。成土母质类型大致为: 山中上部、山顶、山脊为残积母质, 中部、中下部为坡积母质或坡积残积母质(郑成才, 2002); 土壤类型主要为红壤、黄壤和紫色土。

2 研究方法

根据 1965 年 2 月 26 日福建林学院杨赐福教授以阮亚水、陈清泉、蓝仁灿等编写的莘口教学林场维管束植物名录、福建师范学院生物系编写的三明瓦坑和小湖附近常见的种子植物目录及厦门大学生物系编写的三明瓦坑种子植物目录为基础, 整理编写成《三明格氏栲保护区植物》名录(油印本), 共记载了 123 科 335 属 722 种。1979 年 12 月 10 日至 1980 年 1 月 8 日, 游水生带领林学 76 级同学采集植物标本 3 000 多份。所得之标本均在李振琴老师帮助下认真进行鉴定完成, 由游水生编写成《三明格氏栲自然保护区植物名录》(油印本) 及厦门大学生物系编写的三明瓦坑种子植物目录为基础, 重新整理编写了种子植物名录, 共记载 145 科 434 属 1 010 种及变种。2014 年 6 月 10 日至 2016 年 6 月 8 日, 游章焱和游水生先后多次深入保护区采集 1 000 多份植物标本, 同时收录和整理了曾被收藏在厦门大学、福建师大、原福建林学院树木标本室的植物标本以及保护区周边地区的植物。依据《福建木本植物检索表》(游水生等, 2013); 《福建植物志》(福建省科学技术委员会, 1985—1995); 中文版《中国植物志》和 *Flora of China* 修订版全文电子版进行鉴定分类, 裸子植物按郑万钧系统(郑万钧和傅立国, 1978)、被子植物按 Cronquist (1981) 和 *Flora of China* 修订版重新整理编写成《福建三明格氏栲自然保护区种子植物名录》。

3 种子植物区系特点分析

3.1 植物种类丰富

通过系统整理, 保护区种子植物有 1 303 种及变

表 1 三明格氏栲保护区种子植物前 20 个优势科
Table 1 Twenty dominant families of spermatophyte in Sanming *Castanopsis kawakamii* Nature Reserve

科名 Name of families	属数 No. of genus	种数 No. of species
禾本科 Gramineae	62	120
菊科 Compositae	41	89
蔷薇科 Rosaceae	14	54
豆科 Leguminosae	27	52
莎草科 Cyperaceae	13	45
茜草科 Rubiaceae	21	39
樟科 Lauraceae	8	34
杜鹃花科 Ericaceae	7	30
唇形科 Labiatae	17	29
山茶科 Theaceae	7	27
紫金牛科 Myrsinaceae	5	25
蓼科 Polygonaceae	3	25
壳斗科 Fagaceae	5	24
大戟科 Euphorbiaceae	11	23
葡萄科 Vitaceae	6	22
玄参科 Scrophulariaceae	13	21
桑科 Moraceae	5	20
十字花科 Cruciferae	5	20
马鞭草科 Verbenaceae	5	20
木兰科 Magnoliaceae	7	18

种, 隶属于 149 科 602 属, 分别占福建(姜必亮和张宏达, 2000) 种子植物科、属和种及变种的 80.1%、52.34% 和 39.02%。保护区种子植物 149 科中, 以科所含属种数作为科的大小排序的办法来进行分析, 其大科的排列(表 1) 与中国(吴征镒等, 2016) 大科比较, 排列有些变动、但变动不大。百合纲禾本亚纲演化顶极类群—禾本科(Gramineae) 属种数占首位, 为 62 属和 120 种; 其次为中国最大科, 也是菊亚纲演化顶极类群—菊科(Compositae), 为 41 属 89 种; 再往下降 39~54 种之间是蔷薇科(Rosaceae)、豆科(Leguminosae) 和莎草科(Cyperaceae), 森林中多建群乔灌木的茜

草科 (Rubiaceae)、樟科 (Lauraceae) 和壳斗科 (Fagaceae) 分别排列为六、七位和十三位。

保护区种子植物 149 科中含有 31 种以上的科数最少,为 7 科,占总科数的 4.7%,而其拥有的属数和种数最多,分别为 186 属和 433 种,分别占本区总属数的 30.84% 和占总种数的 71.8%;其次为含 21~30 种的有 7 科,占总科数的 6.0%,而其拥有属数和种数排列第二,分别为 89 属和 286 种,占本区总属数的 14.76% 和总种数的 21.95%。而科数最多的是含 2~4 种的科有 62 科;占总科数的 41.61%,其属数和种数较少,分别是 84 属和 133 种,占本区总属数的 13.93% 和占总种数的 10.21%。

保护区种子植物 149 科中含有 20~30 属的科数最少,为 2 科,占总科数的 1.34%,其拥有 48 属和 91 种,占本区总属数的 7.96% 和总种数的 6.98%;含属数 1 属的科比例最高,为 84 个科,占该类科总科数的 56.38%,其拥有 63 属和 148 种,占本区总属数的 10.35% 和占总种数 11.36%。

3.2 起源古老、进化系列完整

保护区具有悠久的地质历史和有利于植物生存繁衍的条件,这使得该种子植物区系含有古老的科属,并保存了残遗植物。从地质史来看,据福建省区域地质志(福建省地质矿产局,1985)记载福建二叠纪系童子岩组地层中植物化石有苏铁纲 (*Chiropteris reniformis*),银杏纲 (*Rhipidopsis* sp., *R. stenolongifolia*, *Sphenobaiera* sp.)。福建三叠纪系大坑组和文宾山组地层中植物化石以苏铁类为主,银杏类次之。现保护区周边地区裸子植物中苏铁科 (Cycaceae) 有野生四川苏铁 (*C. szechuanensis*) 存在,银杏科 (Ginkgoaceae) 现代只有银杏 (*Ginkgo biloba*) 在区内及周边有零星分布。福建中生代侏罗纪梨山组,苏铁类明显衰退,银杏类和松柏类继续繁盛。白垩纪时期福建沙县组沙县盆地裸子植物占总量的 78%,蕨类孢子占总量的 20%,裸子植物松柏类和红豆杉类迅速发展,已普遍分布,被子植物较少。现保护区及周边地区裸子植物有江南油杉 (*Keteleeria cyclolepis*)、马尾松 (*Pinus massoniana*)、黄山松 (*P. taiwanensis*)、长苞铁杉 (*Nothotsuga longibracteata*)、柳杉 (*Cryptomeria*

fortunei)、杉木 (*Cunninghamia lanceolata*)、秃杉 (*Taiwania flousiana*)、水松 (*Glyptostrobu spensilis*)、三尖杉 (*Cephalotaxus fortunei*)、南方红豆杉 (*Taxus wallichiana* var. *mairei*)、香榧 (*Torreya grandis*)。这些古老残遗植物,充分反映了本区及邻近地区起源和演化的古老的进程。

福建在发育上仅第三纪、称佛昙群,孢粉组合中被子植物花粉占绝对优势,裸子植物次之。佛昙群产被子植物化石资料主要有 *Magnolia miocenica*、*Fissistigma* sp.、*Desmos* sp.、*Uvaria* sp.、*Corylopsis* sp.、*Liquidambar miosinica*、*Loropetalum chinensis*、*Sterculia* sp.、*Paliurus* sp.、*Trapa* sp.、*Ficus* sp.、*Litsea* sp.、*Cinnamomum* sp.、*Fagus* sp.、*Castanea* sp.、*Castanopsis* sp.、*Quercus* sp.、*Gymnocladus miochinensis*、*Caesalpinia* sp.、*Carya* sp.、*Symplocos* sp.、*Ulmus* sp.、*Celtis* sp.、*Betula* sp.、*Ilex* sp.、*Bambusa* sp.、*Meliaceae* Gen. et sp.、*Potamogeton* sp.、*Tilia* sp.、*Trochodendron* sp.、*Myrica* sp. 等属种,时代属于中新世。福建第四纪地层主要集中在沿海平原地带,本区及周边地区研究不多。根据第三纪佛昙群产被子植物化石资料,对应本区及周边地区现代被子植物有木兰科 (Magnoliaceae) 4 属 9 种、番荔枝科 (Annonaceae) 1 属 2 种、樟科 (Lauraceae) 8 属 34 种、金缕梅科 (Hamamelidaceae) 10 属 14 种、杨梅科 (Myricaceae) 1 属 1 种、胡桃科 (Juglandaceae) 2 属 2 种、桦木科 (Betulaceae) 1 属 1 种、壳斗科 (Fagaceae) 5 属 24 种、榆科 (Ulmaceae) 5 属 8 种、桑科 (Moraceae) 5 属 20 种、鼠李科 (Rhamnaceae) 5 属 7 种、豆科 (Leguminosae) 27 属 52 种、楝科 (Meliaceae) 2 属 2 种、山矾科 (Symplocaceae) 1 属 17 种、冬青科 (Aquifoliaceae) 1 属 16 种、椴树科 (Tiliaceae) 1 属 2 种、禾本科 (Graminea) 62 属 120 种、眼子菜科 (Potamogetonaceae) 1 属 5 种。这表明,中新世以来,本区及周边地区可能一直保持着它原有的物种组成;也可看出各进化阶段的类群代表,构成了被子植物进化系列。

3.3 地理成分复杂

3.3.1 科分布区型分析 将区内种子植物 149 科植物,根据吴征镒对世界植物科分布区类型划分(吴征镒等,2003),可分为 14 大类分布型(表 2),按

热带、温带和广布科分述如下: 热带分布科(表 2 中 2~6 类)本区有 72 科、占总科数的 69.9%; 其中该区泛热带科占首位、有 54 科、占科总数的 36.24%, 如豆科(Leguminosae)、樟科(Lauraceae)、山茶科(Theaceae)、紫金牛科(Myrsinaceae)、大戟科(Euphorbiaceae)、葡萄科(Vitaceae)、芸香科(Rutaceae)等; 其次为东亚(热带、亚热带)及热带南美间断, 该区有 9 科, 占科总数的 6.04%, 如冬青科(Aquifoliaceae)、杜英科(Elaeocarpaceae)、马鞭草科(Verbenaceae)等; 其它四个科分布型比例较少, 为 1~3 科, 占科总数的 0.67%~2.01%。

温带分布科(表 2 中 7~14 类)有 31 科, 占总科数的 30.1%。其中, 北温带分布科在该区占首位, 有 21 科, 占种子植物科总数的 14.09%, 如松科(Pinaceae)、杉科(Taxodiaceae)、杨柳科(Salicaceae)、胡桃科(Juglandaceae)、壳斗科(Fagaceae)、金缕梅科(Hamamelidaceae)等; 其次为东亚及北美间断, 此类型的科在该区有 5 科, 占种子植物科总数的 3.36%, 如木兰科(Magnoliaceae)、三白草科(Saururaceae)、百合科(Liliaceae)等; 其它 5 个科分布型比例较少, 为 0~3 科, 占科总数的 0~2.01%。

世界广布科(表 2 中 1 类)保护区种子植物该类科有 46 科、占科总数的 30.87%, 其有 649 种、占种总数的 49.8%, 如禾本科(Gramineae)、菊科(Compositae)、蔷薇科(Rosaceae)、莎草科(Cyperaceae)、茜草科(Rubiaceae)等。该类科的种数占该区系总种数近 50%、与东山岛屿(游水生等, 2011)世界性分布科分析中种总数所占的比例类似, 这些科分析时虽然在区系分析上意义不大(吴晓菊和陈学林, 2006)。但是, 保护区种子植物的主体, 具有较大的实践意义(游水生等, 2011)。

3.3.2 属分布区型分析 根据吴征镒对我国种子植物区系属分布型的划分(吴征镒, 1991), 将保护区植物属划分为 14 个分布区类型(表 2)。按热带、温带和广布属分述如下:

热带分布属(表 2 中 2~6 类)有 336 属, 占总属数的 64.37%。其中以泛热带成分最多, 有 148 属 347 种, 分别占总属数和总种数的 24.58% 和 26.63%, 如冬青属(*Ilex*)、山矾属(*Symplocos*)、紫金

表 2 三明格氏栲保护区科和属的分布类型表
Table 2 Distribution types of families and genera of spermatophyte in Sanming *Castanopsis kawakamii* Nature Reserve

分布区类型 Distribution type	科数 No. of family	比例 Percentage (%)	属数 No. of genera	比例 Percentage (%)
1. 世界广布 Cosmopolitan	46	48.64	52	8.63
2. 泛热带 Pantropic	54	36.24	148	24.58
3. 热带亚洲及热带南美间断 Tropical Asia & Tropical America Disjuncted	9	6.04	25	4.15
4. 旧世界热带 Old World Tropics	3	2.01	40	6.64
5. 热带亚洲至热带大洋洲 Tropical Asia to Tropical Australasia Oceania	3	2.01	27	4.49
6. 热带亚洲至热带非洲 Tropical Asia to Tropical Africa	2	1.34	24	3.99
7. 热带亚洲(印度—马来西亚) Tropical Asia (Indo-Malaysia)	1	0.67	72	11.96
8. 北温带 North Temperate	21	14.09	66	10.96
9. 东亚及北美间断 East Asia & North America Disjuncted	5	3.35	35	5.81
10. 旧世界温带 Old World Temperate	1	0.67	24	3.99
11. 温带亚洲 Temperate Asia	0	0	2	0.33
12. 东亚 East Asia	3	2.01	63	10.67
13. 地中海区、西亚至中亚 Mediterranea, West Asia to Central Asia	0	0	4	0.66
14. 中国特有 Endemic to China	1	0.67	20	3.32

牛属(*Ardisia*)、榕属(*Ficus*)、紫珠属(*Callicarpa*)、柿属(*Diospyros*)、安息香属(*Styrax*)等。其次为热带亚洲分布, 有 72 属 133 种、占总属数和总种数的 11.96% 和 10.21%, 如山茶属(*Camellia*)、山胡椒属(*Lindera*)、含笑属(*Michelia*)、青冈属(*Cyclobalanopsis*)、新木姜子属(*Neolitsea*)、润楠属(*Machilus*)、葶树属(*Altingia*)等。第三为旧世界

热带分布有 40 属 78 种,分别占总属数和总种数的 6.64% 和 5.59%,如酸藤子属 (*Embelia*)、野桐属 (*Mallotus*)、艾纳香属 (*Blumea*)、石龙尾属 (*Limnophila*)、蒲桃属 (*Syzygium*) 等。其它三个分布型比例相近,即热带亚洲至热带大洋洲分布,该类本区有 27 属 42 种,分别占总属数和总种数的 4.49% 和 3.32%,如樟属 (*Cinnamomum*)、野牡丹属 (*Melastoma*)、柘树属 (*Cudrania*) 等;热带亚洲和热带美洲间断分布,该类本区 25 属 45 种,分别占总属数和总种数的 4.15% 和 3.45%,如柃属 (*Eurya*)、木姜子属 (*Litsea*) 等;热带亚洲至热带非洲分布,该类本区有 24 属 35 种,分别占总属数和总种数的 3.98% 和 2.68%,如莠竹属 (*Microstegium*)、黄瑞木属 (*Adinandra*)、水团花属 (*Adina*)、豆腐柴属 (*Premna*) 等。

温带分布属(表 2 中 7~14 类)有 214 属,占全部属数的 35.49%。其中北温带分布在温带性分布型中比例最大、为本植物区系中不可忽视的组成部分,该类本区有 66 属 167 种、分别占总属数和种数的 10.96% 和 12.82%,如杜鹃花属 (*Rhododendron*)、蒿属 (*Artemisia*)、荚蒾属 (*Viburnum*)、越桔属 (*Vaccinium*)、葡萄属 (*Vitis*)、李属 (*Prunus*) 等。其次为东亚分布,该类本区有 63 属 100 种,分别占属数的 10.67% 和种数的 7.67%,如刚竹属 (*Phyllostachys*)、唐竹属 (*Sinobambusa*)、野木瓜属 (*Stauntonia*)、猕猴桃属 (*Actinidia*) 等。第三为东亚及北美间断分布,该类本区有 35 属 88 种,分别占总属数和种数的 5.81% 和 6.75%,如栲属 (*Castanopsis*)、石栎属 (*Lithocarpus*)、石楠属 (*Photinia*)、蛇葡萄属 (*Ampelopsis*)、木兰属 (*Magnolia*)、枫香树属 (*Liquidambar*) 等。第四为旧世界温带分布,该类本区有 24 属 53 种,分别占总属数的 3.99% 和总种数的 4.07%,如芸苔属 (*Brassica*)、女贞属 (*Ligustrum*)、梨属 (*Pyrus*)、瑞香属 (*Daphne*) 等。第五为中国特有分布,该类本区有 20 属 27 种,分别占属数的 10.45% 和总种数的 2.07%,如杉木属 (*Cunninghamia*)、石笔木属 (*Tutcheria*)、大血藤属 (*Sargentodoxa*) 等。其它二个分布型比例较少,即地中海区、西亚至中亚,本区共 4 属 9 种,分别占属数的 10.45%、占种数的 5.49%,如黄连木属

(*Pistacia*)、飞燕草属 (*Consolida*) 等;温带亚洲,该类本区有 2 属 3 种,分别占属数的 0.33% 和占种数的 0.23%,如附地菜属 (*Trigonotis*) 和马兰属 (*Kalimeris*) 等。

世界分布属本区有 52 属 181 种,分别占总属数和总种数的 8.63% 和 13.89%,如蓼属 (*Polygonum*)、悬钩子属 (*Rubus*)、苔草属 (*Carex*)、堇菜属 (*Viola*)、珍珠菜属 (*Lysimachia*) 等。世界性分布的属在该区植物区系中占有的比例仅次于泛热带分布。

综上所述,科分布型和属分布型区系地理成分以热带分布型为主,其中科级水平上 R/T 值为 2.32、属级水平上 R/T 值为 1.57,都以泛热带分布科属最多。同时兼容了大量温带成分,说明温带成分并非源自本地,而是亚热带山区起源。世界广布类型在该区植物区系中有较大比例。无论是优势科还是表征科或是全部种子植物科的地理成分都反映了三明格氏栲保护区种子植物区系明显的南亚热带亲缘,同时相当数量温带成分的存在,体现了南亚热带植物与中亚热带交界带植物区系特点。

3.4 与邻近地区的比较

为了探讨本区种子植物区系和其它地区的关系,从本区中选出离心皮类、茱萸花序类和重要科,按吴征镒等(2016)提出中国植物分区系统在福建从南至北方向中选择东山岛(游水生等,2011)、戴云山(林鹏,2003)、茫荡山(游水生,1992)和武夷山(林来官等,1981)与其区系相似系数(张懿铨,1998)进行比较(表 3)。

3.4.1 与东山岛植物区系的关系 东山岛位于福建东南部沿海,在沿海伸入内地 50 km 以内区域,23°34'~23°47' N、117°18'~117°35' E,在植物区系上属于东亚植物区、中国—日本森林植物亚区、岭南山地区、南岭东段亚地区(吴征镒等,2016)。其种子植物有 111 科 406 属 632 种,属的分布区类型而言,热带类型分布属 279 属,温带类型分布属 74 属,R/T 值大于本区 2.4 倍,为 3.77,植物区系的热带性质明显强于三明格氏栲保护区。

离心皮类(表 3):本区与东山岛所有科数 9 个,共有 4 科,科相似系数是 44.4%;所有属数 42

表 3 三明格氏栲自然保护区与邻近地区离心皮类、茱萸花序类、重要科比较

Table 3 Comparison in apocarpny families, catkins families, importance families between Sanming *Castanopsis kawakamii* Nature Reserve and its neighboring regions

地区 Region	地理位置 Geographic location	离心皮类科 Apocarpny families			茱萸花序类科 Catkins families			重要科 Importance families		
		科相似 系数 F.S.C (%)	属相似 系数 G.S.C (%)	种相似 系数 S.S.C (%)	科相似 系数 F.S.C (%)	属相似 系数 G.S.C (%)	种相似 系数 S.S.C (%)	科相似 系数 F.S.C (%)	属相似 系数 G.S.C (%)	种相似 系数 S.S.C (%)
东山岛 Dongshan Island	23°34'~23°47' N, 117°18'~117°35' E	44.4	23.81	14.29	63.64	48.48	18.68	75	36.36	17.6
戴云山 Mt. Daiyun	25°38'~25°43' N, 118°05'~118°20' E	77.78	71.7	46.83	100	70.73	46.85	100	86.96	46.91
茫荡山 Mt. Mangdang	26°15'~26°51' N, 117°50'~118°41' E	77.78	66.67	42.07	100	69.23	46.3	100	85.45	46.61
武夷山 Mt. Wuyi	27°33'~27°54' N, 117°27'~117°51' E	77.8	66.75	41.74	100	66.67	45.53	100	86.23	47.01

属,共有 10 属,属相似系数是 23.81%;所有种数 98 种,共有 14 种,种相似系数是 14.29%。茱萸花序类(表 3):东山岛有 7 科 18 属 32 种,本区与东山所有科数 11 个,共有 7 科,科相似系数是 63.64%;所有属数 33 个,共有 16 属,属相似系数是 48.48%;所有种数 91 种,共有 17 种,种相似系数为 18.68%。重要科(表 3):东山岛是 9 属 23 种,与东山所有科数 4 个,共有 3 个,科相似系数是 75.0%;所有属数 22 个,共有 8 属,属相似系数是 36.36%;所有种数 102 种,共有 18 种,种相似系数为 17.65%。

3.4.2 与戴云山植物区系的关系 戴云山自然保护区坐落于福建德化县境内,25°38'~25°43' N、118°05'~118°20' E,主峰大戴云海拔 1 856 m,在植物区系上属于东亚植物区、中国—日本森林植物亚区、岭南山地区、南岭东段亚地区(吴征镒等, 2016)。其种子植物有 188 科 743 属 1 734 种,属的分布区类型而言,其中世界广布属 58 属,热带类型分布属 413 属,温带类型分布属 265 属, R/T 值大于本区 0.04,为 1.61,说明植物区系的热带性质稍强于三明格氏栲保护区。

离心皮类(表 3):戴云山有 7 科 41 属 111 种,本区与戴云山所有科数 9 个,共有 7 科,科相似系

数是 77.8%;所有属数 46 个,共有 33 属,属相似系数是 71.74%;所有种数 126 种,两地共有种 59 种,种相似系数为 46.83%。茱萸花序类(表 3):戴云山有 11 科 39 属 124 种,本区与戴云山所有科数 11 个,两地共有科有 11 个,科相似系数为 100.00%;所有属数 41 个,共有 29 属,属相似系数为 70.73%;所有种数 135 种,共有 54 种,种相似系数为 46.85%。重要科:戴云山(表 3)有 8 属 44 种,本区与戴云山所有科数 4 个,共有科 4 个,相似系数是 100.0%;两地 23 属,共 20 属,相似系数 87%;两地 154 种,共 63 种,相似系数 47%。

3.4.3 与茫荡山植物区系的关系 茫荡山位于福建中部偏北,南平市西北部、坐落在武夷山脉向东南延伸的支脉上。26°15'~26°51' N、118°40'~118°41' E,主峰茫荡山 1 363.4 m。在植物区系上属于东亚植物区,中国—日本森林植物亚区,岭南山地区,闽北山地亚地区。其种子植物有 134 科 622 属 1 364 种。就属的分布区类型而言,热带类型分布属 299 属,温带类型分布属 274 属, R/T 值为 1.09,植物区系的热带性质稍弱于三明格氏栲保护区。

离心皮类(表 3):植物茫荡山有 7 科 39 属 74 种,本区与茫荡山所有科数 9 个,共有 7 科,科相

似系数是 77.78%;所有属数 42 个,共有 28 属,属相似系数为 66.67%;所有种数 112 种,共有 46 种,种相似系数为 41.07%。茱萸花序类(表 3):茫荡山有 11 科 36 属 93 种,本区与茫荡山所有科数 11 个,共有 11 科,科相似系数是 100.00%;所有属数 39 个,共有 27 属,属相似系数是 69.23%;所有种数 108 种,共有 50 种,种相似系数为 42.07%。重要科:茫荡山(表 3)为 4 科 6 属 38 种,本区与茫荡山所有科数 4 个,共有 4 科,科相似系数为 100.0%;两地 22 属,共 21 属,相似系数 95.45%;两地 139 种,共 64 种,相似系数 46.61%。

3.4.4 与武夷山植物区系的关系 武夷山植物区系属于东亚植物区、中国—日本森林植物亚区、华东地区、浙南山地亚地区。其地理位置为 $117^{\circ}27' \sim 117^{\circ}51'E$, $27^{\circ}33' \sim 27^{\circ}54' N$,比三明格氏栲保护区偏北,绝对海拔也较高。武夷山自然保护区有种子植物 152 科 695 属 1 579 种及变种,属的分布区类型而言,热带类型分布属 329 属,温带类型分布属 321 属,植物区系的热带性质稍弱于三明格氏栲保护区, R/T 值为 1.02。

离心皮类植物:本区与武夷山(表 3)比较所有科数 10 个,共有 7 科,科相似系数为 70.0%;所有属数 48 个,共有 33 属,属相似系数为 66.75%;所有种数 140 种,共有 67 种,种相似系数是 41.74%。茱萸花序类(表 3):本区与武夷山比较所有科数 11 个,共有 11 科,科相似系数是 100.00%;所有属数 42 个,共有 28 属,属相似系数是 66.67%;所有种数 123 种,共有 56 种,种相似系数为 45.53%。重要科(表 3):本区与武夷山比较所有科数 4 个,共有 4 科,科相似系数是 100.0%;所有属数 23 个,共有 21 属,属相似系数是 86.23%;所有种数 149 种,共有 76 种,种相似系数是 47.01%。

综上所述,运用相似性指数(表 3)本区与东山岛、戴云山、茫荡山和武夷山的植物区系进行比较,离心皮类、茱萸花序类和重要科的相似系数均与戴云山较大,除了个别数据外,本区随纬度南移(东山岛)或北移(武夷山)的距离越远,离心皮类、茱萸花序类和重要科科属种数的相似系数均下降。

4 讨论与结论

4.1 三明格氏栲保护区及其周边地区在福建区系中的意义

从 1931 年(Hadnel-Mazzetti, 1931)起至今,国内外学者由于各自的依据与划分标准差异,对福建植物区系归属问题,看法和划分不尽相同。Hadnel-Mazzetti(1931)把福建列入华中—日本樟科植物区中的亚热带和南温带区,与福建实际情况不符(何景, 1951),因为亚热带和南温带区的分区、并非靠地势的高低;何景(1951)在“福建植物区域和植物群落”一文中,简略地讨论了福建植物的分区,并将福建划为 4 个区;何景(1955)将福建南亚热带林区从沿海伸入内地 50 km 以内延伸到距海 100 km 的内地。张宏达(1962)将福建南部相当 $26^{\circ} N$ 以南地带,划为华南亚区,属于古热带植物区;吴征镒(1979)也将福建南部划入华南区,但属泛北极植物区、中国—日本森林植物亚区。曾文彬(1983)在总结前人工作的基础上,认为福建属于泛北极植物区、中国—日本森林植物亚区,将福建植物地理划分为两个区:大致在连江黄歧—福州—福清—永寿—华安—永定下洋一线以南属华南区;此线以北属华东区,北部地区(华东区)再划分为两个亚地区,即闽北亚地区和闽中亚地区。游水生等(2011)研究福建沿海防护林中发现南部地区(华南区)由于地理位置(距离台湾海峡远近)、地质、气候等因素,从沿海伸入内地植物区系成份差异较大,还可以再划分为两个小区,即内陆小区和近海小区,至于具体划分的区域有待于今后进一步研究。吴征镒等(2016)提出福建属于东亚植物区、中国—日本森林植物亚区,其中福建北部属于华东地区、浙南山地亚地区,其余大部分地区属于岭南山地区,此地区由于范围较大、植物区系成分南北有所差异,再划分三个亚地区,即闽北山地亚地区、粤北亚地区和南岭东段亚地区。文中南岭东段亚地区描写甚为简略,现补充曾文彬(1983)的描写。其认为华南区(南岭东段亚地区)以南亚热带成分为主,并有许多古热带成分渗入,与粤、桂等地联接成为由向古热带过渡的华南

地区。在福建漳浦发现热带雨林龙脑香科化石, 这一发现为福建植物区系古热带成分渗入提供了很有价值的证据。据此, 作者认为, 吴征镒等 (2016) 提出的中国植物区系分区系统从几个方面都是可接受的, 即三明格氏栲保护区在中国植物区系中属于东亚植物区、中国—日本森林植物亚区属、岭南山地区、粤北亚地区。

4.2 三明格氏栲保护区及其周边地区在岭南植物地理中的意义

保护区虽然属于岭南山地区、粤北亚地区, 但其实是处于粤北亚地区、闽北山地亚地区和南岭东段亚地区三个亚区的过渡区上。由于保护区处于岭南山地区与华东地区过渡区上, 土壤分布发育在晚古生代泥盆纪南靖系地层 (福建省地质矿产局, 1985), 在地貌区划上处于闽西南上古生代覆盖层低山与丘陵地貌区, 北面高山峻岭的武夷山脉阻挡北方寒冷气团的侵入、南面戴云山脉阻挡夏季的台风风力, 因此, 其具有特殊的地理位置以及复杂多样的自然环境, 为保护区植物区系的产生和发展提供了有利的条件。由于内外营力的作用, 区系地理成分以热带分布型为主、泛热带比例最大, 并由它们分化出一些属种。在地史上, 这里是华夏古陆的所在地, 从晚古生代以来孕育有许多苏铁纲 (*Chiropteris reniformis*), 银杏纲类, 特别是在闽西的龙岩出土有许多近似原始有花植物的大羽羊齿的化石 (张宏达, 1995), 福建长汀下侏罗纪都找到种子蕨 (斯行健, 1942), 被认为有可能是有花植物的远祖, 这一事实暗示着本地区的有花植物和裸子植物都是当地发展起来的。这地区从第三纪以来, 由于第四纪冰期对其影响很微弱, 始终保持着比较优越的气候条件, 加上面对太平洋湿润的季风, 是有花植物繁衍发展最理想场所, 因此这里中新世以来, 不仅保存有古老的孑遗种系, 而且不断孕育出进化种系, 一直保持着其原有的物种组成, 构成了完整种子植物进化系列; 经过统计共有 149 科 603 属 1303 种; 除了各种环境都能适应禾本科 (Gramineae)、菊科 (Compositae) 等 6 个优势科外, 森林中多建群乔灌木的樟科 (Lauraceae) 和壳斗科 (Fagaceae) 占明显优势类群, 樟科 (Lauraceae) 具有明显东亚特色 (吴征镒等,

2011); 壳斗科 (Fagaceae) 在中国亚热带常绿阔叶林占主要地位, 特别是栲属 (*Castanopsis*) 的种类常为乔木层的建群种或优势种, 为世界上罕见植被类型。但也有典型的温带分布型, 温带分布型中科属以北温带分布占首位。

通过统计分析比较本区与岭南山地区种相似系数为 73.58%, 如建立新属——*Nothotsuga* Hu, 改长苞铁杉名为 *N. longibracteata*、长尾半枫荷 (*Semiliquidambar caudata*)、观光木 (*Michelia odora*)、南方铁杉 (*Tuga chinensis* var. *tchekiangensis*); 植被类型中优势植物的区系成分中近 700 hm^2 (林鹏等, 1986) 格氏栲占绝对优势的老林龄——格氏栲 (*Castanopsis kawakamii*) 和第二大群落米楮 (*C. carlesii*) 沿南岭走廊的迁移路线。林鹏等 (1986) 认为第三纪孑遗植物格氏栲 (*C. kawakamii*) 以南岭山地 (杨远攸, 1985; 陈锡沐和于保平, 1999) 为其分布中心, 而分布福建三明小湖一带则属于边缘区, 但本区未见南岭东段亚地区植被类型中占优势植物的区系成分红锥 (*C. hystrix*)、而马尾松 (*Pinus massoniana*) 和杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 在本区生长旺盛、在闽南地区已渐不能适应, 白桂木 (*Artocarpus hypargyreus*) 混生于林中, 小叶买麻藤 (*Gnetum parvifolium*) 混生于林中藤本植物, 厚壳桂 (*Cryptocarya chinensis*) 在沟谷中可见。这些都是南岭东段亚地区与粤北亚地区区别点之一。

本区与华东地区种的相似系数为 60.35%, 如蕺菜 (*Houttuynia cordata*)、大血藤 (*Sargentodoxa cuneata*), 植被类型中华东地区优势植物的区系成分苦楮 (*Castanopsis sclerophylla*) 在本区不占优势、仅零星分布, 甜楮 (*C. eyrei*) 也不占优势, 仅分布在瞭望塔山脊附近。这些是华东地区、浙南山地亚地区与岭南山地区、粤北亚地区区别点之一。

本区与华中地区种的相似性为 50.15%, 如闽楠 (*Phoebe bournei*)、而冷杉属 (*Abies*)、云杉属 (*Picea*)、落叶松属 (*Larix*) 等均未见到。本区与滇桂 (西南地区) 种的相似性为 43.35%, 亮叶桦 (*Betula luminifera*)、檫木 (*Loropetalum chinensis*)、细柄阿丁枫 (*Altingia gracilipes*), 还有一些替代种类, 如秃杉 (*Taiwanria flousiana*) 替代台湾杉 (*T. cryptomeri-*

oides)、云南松 (*Pinus yunnanensis*) 替代马尾松 (*P. massoniana*)、滇青冈 (*Cyclobalanopsis glaucooides*) 代替了青冈 (*C. glauca*)。区内有许多古热带成分延伸到这里,如棕榈科 (Arecaceae) 的毛鳞省藤 (*Calamus thysanolepis*) 成为格氏栲林林下主要种类,而芭蕉科 (Musaceae) 的华山姜 (*Alpinia oblongifolia*) 成为格氏栲林草本层优势种。

本区无特有属,但有福建准特有树种或特有种,如福建含笑 (*Michelia fujianensis*) 是郑清芳教授模式标本采自福建三明 1981 年发表一新种 (郑清芳, 1979); 其树干高大通直,亦是一种优良的珍贵阔叶树种或福建准特有树种。三明苦竹 (*Pleioblastus sanmingensis*) 是陈守良和盛国英模式采自福建三明 1991 年发表一新种 (陈守良和盛国英, 1991), 被郑清芳教授定福建特有植物。长尾半枫荷 (*Semiliquidambar caudata*) 是张宏达教授 1962 年发表一新种 (张宏达, 1962), 产于三明沙县生于杂木林中。福建特有种福建冬青 (*Ilex fukienensis*) 产于三明永安等地。

从以上分析可看出,三明格氏栲保护区种子植物区系成分与岭南山区种相似性最大,其成分是南岭走廊迁移路线到本区,可认为中国—日本森林植物亚区属、岭南山区、粤北亚地区的一部分。

致谢 感谢河南大学环境与规划学院付旭东博士对本论文提出的建设性建议。

参考文献:

CHANG HT, 1962. Guangdong flora characteristics [J]. Acta Sci Nat Univ Sunyatseni, 1:1-34. [张宏达, 1962. 广东植物区系特点 [J]. 中山大学学报, 1:1-34.]

CHANG HT, 1962. *Semiliquidambar*, Novum Hamamelidaceatum Genus Simcum [J]. Acta Sci Nat Univ Sunyatseni, 1: 35-45. [张宏达, 1962. 中国金缕梅科一新属 [J]. 中山大学学报, 1:35-45.]

CHANG HT, 1995. An analysis on the subtropical flora of South China (Lingnan Region) [M]. //CHANG HT. Corpus of CHANG HT. Guangzhou: Sun Yat-sen University Press: 72-99. [张宏达, 1995. 岭南亚热带 (南亚热带) 种子植物区系研究分析 // [M]. 张宏达文集. 广州: 中山大学出版社: 72-99.]

CHANG YT, 1981. A discussion on the floristic character of the Wuyishan Natural Reserve basing on the distribution of Fagaceae plant [J]. Wuyi Sci J, 1:47-56. [张永田, 1981. 从壳斗科植物的分布试谈武夷山自然保护区植物区系特点 [J]. 武夷科学, 1:47-56.]

CHEN LZ, SUN H, GUO K, 2014. China flora and vegetation geography [M]. Beijing: Science Press: 163-254. [陈灵芝, 孙航, 郭柯, 2014. 中国植物区系与植被地理 [M]. 北京: 科学出版社: 163-254.]

CHENG WC, FU LK, 1978. Flora reipublicae popularis sinicae (Tomus 7), Gymnospermae [M]. Beijing: Science Press: 1-504. [郑万钧, 傅立国, 1978. 中国植物志 (第七卷), 裸子植物门 [M]. 北京: 科学出版社: 1-504.]

CHEN XM, YU BP, 1991. A review of the genus of *Castanopsis* in Guangdong and Hainan [J]. J S Chin Agric Univ, 12(2): 87-95. [陈锡沐, 于保平, 1991. 广东、海南锥属植物的整理 [J]. 华南农业大学学报, 12(2): 87-95.]

CHEN XM, LI ZK, FENG ZJ, et al, 1999. Floristic analysis on the seed plants of Nanling National Nature Reserve [J]. J S Chin Agric Univ, 20 (1): 97-102. [陈锡沐, 李镇魁, 冯志坚, 等, 1999. 南岭国家级自然保护区种子植物区系分析 [J]. 华南农业大学学报, 20 (1): 97-102.]

CHEN SL, SHENG GY, 1991. New taxa and a new combination in Chinese bamboos [J]. Bull Bot Res, 11(4): 41-48. [陈守良, 盛国英, 1991. 中国竹类中的新分类等级及一新组合 [J]. 植物研究, 11(4): 41-48.]

CHEN T, CHANG HT, 1995. The floristic geography of Nanling Mountain Range, China III. Florogeographic affinities and floristic division [J]. Guihaia, 15(2): 131-138. [陈涛, 张宏达, 1995. 南岭植物区系地理学研究 III. 植物区系地理亲缘与区划 [J]. 广西植物, 15(2): 131-138.]

CRONQUST A, 1981. An integrated system of classification of flowering plants [M]. New York: Columbia University: 1-1242.

Fujian Vegetation Editorial Board, 1985-1995. Fujian flora [M]. Fuzhou: Fujian Science and Technology Press. [福建植物志编辑委员会, 1985-1995. 福建植物志 [M]. 福州: 福建科学技术出版社.]

FU LG, JIN JM, 1991. China plant red data book [M]. Beijing: Science Press: 294-296. [傅立国, 金鉴明, 1991. 中国植物红皮书 [M]. 北京: 科学出版社: 294-296.]

Geology and Mineral, Exploration Development Authority of Fujian Province, 1985. Regional geology of Fujian Province [M]. Beijing: Geological Publishing Press: 7-180. [福建省地质矿产局, 1985. 福建省区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社: 7-180.]

HADNELL-MAZZETTI H, 1933. Die Pflanzengeographie der Gliederung und Stellung Chines [J]. Botanische Jahrbuecher, 64: 309.

- HE ZS, LIU JF, WU CT, et al, 2012. Effects of forest gaps on some microclimate variables in *Castanopsis kawakamii* Natural Forest [J]. J Mount Sci, 9:706-714.
- HE J, 1951. Plant distribution region and community of Fujian Province [J]. Sci Sin, 2(2):193-213. [何景, 1951. 福建的植物区域和植物群落 [J]. 中国科学, 2(2):193-213.]
- HE J, 1955. From the Nanjing county of Fujian and the rainforest stream town of found that when it comes to southeast Asian tropical rain forest area in our country [J]. J Xiamen Univ, 5:31-41. [何景, 1955. 从福建南靖县和溪镇雨林的发现说到我国东南亚热带雨林区 [J]. 厦门大学学报, 5:31-41.]
- JIANG BL, ZHANG HD, 2000. Floristic study of seed plant of Fujian Province [J]. Guihaia, 20(2):117-125. [姜必亮, 张宏达, 2000. 福建种子植物区系地理研究 [J]. 广西植物, 20(2):117-125.]
- LIN JC, 1980. Sanming lake regions *Castanopsis kawakamii* forest origin and the analysis of the development trend of succession [J]. J Fujian Coll For, 1(1):29-35. [林竞成, 1980. 三明小湖地区格氏栲天然林起源与演替发展趋势的分析 [J]. 福建林学院学报, 1(1):29-35.]
- LIN JF, 2004. Studies on structure and dynamics characteristics of a *Castanopsis kawakamii* Hayata population [D]. Beijing: Beijing Forestry University: 23-78. [刘金福, 2004. 格氏栲 *Castanopsis kawakamii* Hayata 种群结构与动态规律研究 [D]. 北京:北京林业大学:23-78.]
- LIN P, QIU XZ, 1986. Study of the *Castanopsis kawakamii* forests in Wakeng area of Sanming City, Fujian Province [J]. Acta Phytoecol Geobot Sin, 10(4):241-253. [林鹏, 丘喜昭, 1986. 福建三明瓦坑的赤枝栲林 [J]. 植物生态学与地植物学学报, 10(4):241-253.]
- LIN P, 1990. Vegetation of Fujian [M]. Fuzhou: Fujian Science and Technology Press: 1-350. [林鹏, 1990. 福建植被 [M]. 福州:福建科技出版社:1-350.]
- LIN P, 2003. Integrated science investigation report in Dai Yunshan Nature Reserve in Fujian [M]. Xiamen: Xiamen University Press: 47-108. [林鹏, 2003. 福建戴云山自然保护区综合科学考察报告 [M]. 厦门:厦门大学出版社, 2003: 47-108.]
- LIN Y, 1985. The characterize of Nanling mountain vegetation and its position in the Chinese vegetation regionalization [J]. Acta Phytoecol Geobot Sin, 3(1):50-74. [林英, 1985. 论南岭山地植被的性质及其在中国植被区划中的位置问题 [J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 3(1):50-74.]
- LIN LG, LIN YR, CHANG YT. 1981. List of vascular plant from Wuyishan, North Fujian [J]. Wuyi Sci J, 17-78. [林来官, 林有润, 张永田, 1981. 武夷山自然保护区维管束植物名录 [J]. 武夷科学: 17-78.]
- LIU JF, HONG W, LI JQ, et al, 2003. Study on competition relationship and predictive dynamics of dominant species in natural forest of *Castanopsis kawakamii* [J]. J Trop Subtrop Bot, 11(3):211-216. [刘金福, 洪伟, 李俊清, 等, 2004. 格氏栲林优势种竞争关系及其预测动态的研究 [J]. 热带亚热带植物学报, 11(3):211-216.]
- LIU SE, 1985. The history of plant geography [M]// LIU SE. Corpus of LIU SE. Beijing: Science Press: 229-290. [刘慎谔, 1985. 历史植物地理学// [M]. 刘慎谔, 刘慎谔文集. 北京:科学出版社:229-290.]
- LIU JF, HONG W, PAN DM, et al, 2009. A study on multidimensional time series of individual age's measurement in *Castanopsis kawakamii* population [J]. Acta Ecol Sin, 29(4):232-236.
- LI XW, 1996. Floristic statistics and analyses of seed plants from China [J]. Acta Bot Yunnan, 18(4):363-384. [李锡文, 1996. 中国种子植物区系统计分析 [J]. 云南植物研究, 18(4):363-384.]
- LU SJ, 1999. Fujian climate [M]. Beijing: China Meteorological Press: 269-272. [鹿世瑾, 1999. 福建气候 [M]. 北京:气象出版社:269-272.]
- SI XJ, 1942. Study of fossil plants in Fujian [J]. Geol Soil Surv Rep Fujian Prov, 2:9-18. [斯行健, 1942. 福建植物化石之研究 [J]. 福建省地质土壤调查所年报, 2:9-18.]
- WU DR, SU ZY, LIT, et al. 20002. Preliminary study on structure and spatial pattern dynamic of *Castanopsis kawakamii* population in Xinkou Nature Reserve, Sanming of Fujian [J]. Sci Sil Sin, 36(3):27-32. [吴大荣, 苏志尧, 李秉滔, 等, 20002. 福建三明莘口青钩栲种群结构和空间分布格局动态初步研究 [J]. 林业科学, 36(3):27-32.]
- WU XJ, CHEN XL, 2006. Analysis of the flora of the family of the seed plants in Kongtong Mountain of Gansu Province [J]. Guihaia, 23(3):203-210. [吴晓菊, 陈学林, 2006. 甘肃崆峒山种子植物区系科的分析 [J]. 广西植物, 23(3):203-210.]
- WU ZY, ZHOU ZK, LI DZ, et al, 2003. The area types of the world families of seed plants [J]. Acta Bot Yunnan, 25(3):245-257. [吴征镒, 周浙昆, 李德铎, 等, 2003. 世界种子植物科的分布区类型系统 [J]. 云南植物研究, 25(3):245-257.]
- WU ZY, 1979. On China flora partition problem [J]. Acta Bot Yunnan, 1(1):1-22. [吴征镒, 1979. 论中国植物区系的分区问题 [J]. 云南植物研究, 1(1):1-22.]
- WU ZY, 1991. The areal-types of Chinese genera of seed plants [J]. Acta Bot Yunnan, Suppl. IV:1-139. [吴征镒, 1991. 中国种子植物属的分布区类型 [J]. 云南植物研究, Suppl. IV:1-139.]
- WU ZY, SUN H, ZHOU ZK, et al, 2016. Floristics of seed plants from China [M]. Beijing: Science Press:1-376. [吴征镒, 孙航, 周浙昆, 等, 2016. 中国种子植物区系地理 [M]. 北京:科学出版社:1-376.]

- YANG YA, 1985. Guangdong south Asian tropical mountain foothills of the main type of evergreen broad-leaved forest [J]. *J S Chin Agric Univ*, 6 (1): 1- 11. [杨远攸, 1985. 广东南亚热带低山丘陵的主要常绿阔叶林类型 [J]. 华南农业大学学报, 6 (1): 1- 11.]
- YOU SS, 1992. The analysis of seed plant flora on Mengtongyang Nature Reserve in Fujian Manping [J]. *J Fujian Coll For*, (1): 92-97. [游水生, 1992. 福建南平矜矜洋自然保护区种子植物区系分析 [J]. 福建林学院学报, (1): 92-97.]
- YOU SS, GUO ZT, 1994. The Fuzzy cluster study on the division of Natural vegetation types of *Castanopsis kawakamii* Nature Reserve in Sanming [J]. *J Wuhan Bot Res*, 12(4): 331-340. [游水生, 郭振庭, 1994. 用模糊聚类探讨福建三明格氏栲自然保护区植被类型的划分 [J]. 武汉植物学研究, 12(4): 331-34.]
- YOU SS, YE GF, CHEN SP, et al, 2011. Family flora of spermatophyte on Dongshan Island in Fujian [J]. *Guihaia*, 31(1): 52-58. [游水生, 叶功富, 陈世品, 等, 2011. 福建东山岛种子植物区系科的分析 [J]. 广西植物, 31(1): 52-58.]
- YOU SS, LAN SR, CHEN SP, et al, 2013. Keys of woody plants in Fujian [M]. Beijing: China Forestry Press: 107-110. [游水生, 兰思仁, 陈世品, 等, 2013. 福建木本植物检索表 [M]. 北京: 中国林业出版社: 107-110.]
- ZHANG YL, 1998. Coefficient of similarity— an important parameter in floristic geography [J]. *Geogr Res*, 17(4): 429-434. [张懿铨, 1998. 植物区系地理研究中的重要参数-相似性系数 [J]. 地理研究, 17(4): 429-434.]
- ZHANG QF, 1979. Some new species of the Fagaceae from Fujian [J]. *Acta Phytotax Sin*, 17(3): 118-119. [郑清芳, 1979. 福建壳斗科新植物 [J]. 植物分类学报, 17(3): 118-119.]
- ZHENG CC, 2002. Studies on the soil conditions and fertility status of Sanming Natural Reserves of *Castanopsis kawakamii* [J]. *J Fujian For Sci Technol*, 29(3): 101-104. [郑成才, 2002. 三明格氏栲自然保护区土壤条件和肥力状况的研究 [J]. 福建林业科技, 29(3): 101-104.]
- ZHAO ZB, 1993. Geographical in Fujian Province [M]. Fuzhou: Fujian people's Education Press: 1-130. [赵昭炳, 1993. 福建省地理 [M]. 福州: 福建人民出版社: 1-130.]
- ZENG WB, 1983. The flora and phytogeographical subdivision of Fujian [J]. *J Xiamen Univ*, 22(2): 217-225. [曾文彬, 1983. 福建植物区系与植物地理区域 [J]. 厦门大学学报, 22(2): 217-225.]