



•数据论文•

罗霄山脉种子植物区系的特有现象与残遗现象

赵万义¹ 刘忠成^{1,2} 王 蕾² 凡 强^{1*} 刘 佳¹ 廖文波^{1*}¹ (中山大学生命科学院有害生物控制与资源利用国家重点实验室/广东省热带亚热带植物资源重点实验室, 广州 510275)² (首都师范大学资源环境与旅游学院, 北京 100048)

摘要: 罗霄山脉种子植物区系非常丰富, 是连接华东、华南、华中植物区系的重要通道, 区系组成具有明显的古老性和过渡性特征。本文针对该区域种子植物的特有现象和残遗现象, 分析了其组成特点及形成原因。结果表明: (1) 罗霄山脉共有中国特有科3科, 特有属55属, 特有种1,624种, 罗霄山脉区域特有种43种7变种; 特有属中以古特有属为主, 并以温带成分占优势(达55.91%), 体现出明显的古老性和子遗性。(2) 罗霄山脉共有子遗属165属, 以热带亚洲分布、东亚–北美间断分布、东亚特有及中国特有成分为主, 包括木本属132属。(3) 受中新世气候波动以及第四纪冰期的影响, 许多北方热带植物群的常绿成分、北极–第三纪的落叶成分, 在罗霄山脉得以保存下来成为古特有和子遗成分。特有现象、残遗现象的分析结果表明罗霄山脉是一个重要的生物避难所, 其对中国东部植物区系的保存和重新扩散具有重要意义。

关键词: 罗霄山脉; 特有现象; 残遗现象; 子遗属; 生物避难所

The endemism and relict property of spermatophyte flora of the Luoxiao Mountains

Wanyi Zhao¹, Zhongcheng Liu^{1,2}, Lei Wang², Qiang Fan^{1*}, Jia Liu¹, Wenbo Liao^{1*}¹ State Key Laboratory of Biocontrol, Guangdong Provincial Key Laboratory of Plant Resources, School of Life Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275² College of Resource Environment and Tourism, Capital Normal University, Beijing 100048

Abstract: The Luoxiao Mountains with a bundant spermatophyte flora, which is an important channel connecting the flora of East, South and Centre of China, and was characterized by an prominent antiquity and relict property. This study focuses on endemic and relict genera or species in the Luoxiao Mountains by analyzing their composition, geographical structure and formation. (1) The results show that 3 families, 55 genera and 1,624 species are endemic to China within the Luoxiao Mountains; and 43 species and 7 varieties are endemic to the Luoxiao Mountains. Among the endemic genera, the palaeoendemic and relict genera account for a large proportion, which was dominated by temperate elements (account for 55.91% of total of endemic genera). (2) There are 165 relict genera in the Luoxiao Mountains, including 132 woody genera, and they mainly dominated by a tropics Asia dirtribution genera, East Asian-North American disjuncted distribution genera, East Asian endemic genera and Chinese endemic genera. (3) Additionally, due to climate fluctuations after the Miocene Epoch and during the Quaternary glacial period, the Luoxiao Mountains appears to have inherited a abundant evergreen northern tropical flora and deciduous Arctic or Northern-Tertiary flora. The analysis of endemic and relict characteristic implies that the Luoxiao Mountains is an important biological refuge, which is important to preserve and rediffusion of the flora of eastern China.

Key words: the Luoxiao Mountains; endemism; relict property; relict genus; biological refuge

植物区系地理学是研究一个大陆、一个国家或地区植物区系组成和特点的分支学科(吴征镒等,

2006), 其最主要的目标是揭示植物区系的地理成分、发生成分、迁移成分、历史成分及生态成分的

收稿日期: 2019-08-20; 接受日期: 2020-02-20

基金项目: 国家科技基础性工作专项(2013FY111500)和中山大学2014–2019年度广东省高等学校教学质量和教学改革工程项目

* 共同通讯作者 Co-authors for correspondence. E-mail: lsslbw@mail.sysu.edu.cn; fanqiang@mail.sysu.edu.cn

组成和分化(王荷生, 1992)。特有现象及残遗现象的形成具有明显的区域性, 与地质变迁及古气候波动密切相关, 对于揭示区域生物群历史地理演化途径有着重要作用(Kier et al, 2009; Feng et al, 2016), 是植物区系研究中的重要内容(张光富, 2001)。

特有现象的研究对于植物区系区划和植被区划具有重要价值(应俊生和陈梦玲, 2011)。根据特有现象形成的历史, 可将其分为古特有及新特有(Engler, 1882; Wulff & Brissenden, 1943)。很显然古特有在追溯区域植物的区系发生历史时可作为一个重要的指标(Wulff & Brissenden, 1943; 应俊生和张玉龙, 1994)。应俊生和张玉龙(1994)对中国特有属进行了系统的研究, 提出了确认古特有属的4个要点, 即: 可靠的化石证据、系统发生上的相对古老性、属内间断分布现象的存在、木本生活型。

孑遗种(relict species)是指在地质时期的生物类群, 经历地质历史变迁之后几乎灭绝而仅残留个别类群的现象(Lomolino et al, 2006)。孑遗种体现了区系发生与古地理、古环境有密切关系; 孑遗种(属)的组成可在一定程度上揭示一个地区植物区系的整体发生历史。孑遗种(属)常被划分为两个类型, 即分类学孑遗种和地理学孑遗种, 分类学孑遗种指那些系统发生古老、现代种系极为孤立的类群(Lomolino et al, 2006; 廖文波等, 2014), 而地理学孑遗种通常指那些在历史上有着广泛分布, 而现在分布区仅局限于狭窄范围、具有较长演化历史的类群或其后裔(Wulff & Brissenden, 1943; Lomolino et al, 2006; Habel & Assmann, 2010; 廖文波等, 2014)。

罗霄山脉位于江西、湖南、湖北三省交界处, 地理范围为 $113^{\circ}17'-116^{\circ}09' E$; $25^{\circ}30'-29^{\circ}59' N$, 北抵长江, 南部与南岭山脉相接, 南北纵长达516 km, 为湘江流域、赣江流域上游集水区, 气候带跨越中亚热带及北亚热带(图1), 特殊的地理位置及多样化的生境, 使得罗霄山脉成为重要的物种迁徙和交流通道, 造就了区域内丰富的植物多样性, 其种子植物数量达179科1,107属4,314种(廖文波等, 2014; 赵万义, 2017)。针对罗霄山脉地区各独立山地植物区系的性质(Wang et al, 2013)和特有现象(谢国文等, 1995; 廖铅生等, 2008; 季春峰等, 2010), 曾有零星的研究报道, 然而有关特有成分、残遗成分的系统研究仍属空白。本文以特有现象、残遗现象为研究对象, 探讨罗霄山脉的区系性质及发生历史, 以期



图1 罗霄山脉地理位置

Fig. 1 The geography location of the Luoxiao Mountains

为研究该地区的生物地理学史以及生态保护和管理提供参考。

1 种子植物区系数据收集及处理

罗霄山脉种子植物区系数据是在赵万义(2017)研究的基础上根据本次综合科学考察结果进一步补充完善。并且参考近期出版的《中国生物物种名录(第一卷 植物 总名录I-III)》(王利松等, 2018)及《中国维管植物科属词典》(李德铎等, 2018)两部专著所采用的科、属概念统一拉丁名。中国特有科、属的确定参考应俊生和张玉龙(1994)及吴征镒等(2006)的原则, 即包括分布区主体在中国但可延伸至国境外不远的一些科、属。中国特有种依据《中国特有种植物的多样性及其地理分布》(黄继红等, 2014)。罗霄山脉地区特有种依据《江西植物志》(江西植物志编委会, 2004, 2014)、《湖南植物志》(刘克明, 2000; 李丙贵和刘林翰, 2010)、《江西种子植物名录》(刘仁林等, 2010)以及本次科考进行校订。孑遗属的确定主要参考廖文波等(2014)及Tang等(2018)的研究成果, 具体标准为: (1)历史时期广泛分布, 在新近纪及更早的地层中已出现化石记录; (2)化石记录缺失, 但属内种系不丰富, 分类地位孤立, 且表现出明显的洲际间断现象。种子植物属的地理成分按照吴征镒等(2006)及李德铎等(2018)。

2 罗霄山脉种子植物区系特有成分

2.1 科的特有现象

罗霄山脉共分布有3个中国特有科, 均为单型科。其中银杏科是东亚植物区系的重要表征科, 被

认为是东亚起源的,并在第四纪之后成为中国特有科(周浙昆和Momohara, 2005)。杜仲科化石记录广布于北半球(周浙昆和Momohara, 2005),目前其现存野生种群多见于华中地区,在罗霄山脉野生种群见于江西武宁县和井冈山自然保护区境内。伯乐树科在APG IV系统中归并入叠珠树科(APG IV, 2016),但科内两个属的形态特征及演化历史均差异巨大(王伟等, 2017),因此仅包含伯乐树(*Bretschneidera sinensis*) 1种的原伯乐树科仍旧是罗霄山脉种子植物区系的重要表征科。

2.2 属的特有现象

罗霄山脉共分布有中国特有属55属,包含74种(表1, 附录1),单型属达29属。古特有属数量较多,共32属,包括银杉属(*Cathaya*)、白豆杉属

(*Pseudotaxus*)、大血藤属(*Sargentodoxa*)、杜仲属(*Eucommia*)、青檀属(*Pteroceltis*)、伞花树属(*Eurycorymbus*)、伯乐树属(*Bretschneidera*)、青钱柳属(*Cyclocarya*)、杉木属(*Cunninghamia*)、瘿椒树属(*Tapiscia*)、半枫荷属(*Semiliquidambar*)、喜树属(*Camptotheca*)等,其系统发育地位均较孤立,但在地质时期曾存在丰富的化石种。新特有属23属,多为草本植物,如阴山芥属(*Yinshania*)、小花苣苔属(*Chiritopsis*)、秦岭藤属(*Biondia*)所包含的种系呈现一定程度分化,且属内各种分布区均较为狭窄。

罗霄山脉地区的各中国特有属在地理分布上主要跨华东、华南、华中、西南等4个地理区,根据韦恩图分析可以看出其大部分集中分布于华东、华南、华中,有21属的分布区可扩展至西南(图2)。55

表1 罗霄山脉地区的中国特有属及其所含种数(罗霄山脉/中国)
Table 1 Genera endemic to China and its species number (Luoxiao Mountains/China) in the Luoxiao Mountains

序号科 No. Family	中国特有属 Genera endemic to China	种数 No. of species	地理分布 Geographical distribution
1 银杏科 Ginkgoaceae	银杏属 <i>Ginkgo</i>	1/1	华东、华中 East China, Central China
2 松科 Pinaceae	银杉属 <i>Cathaya</i>	1/1	华东、华中、华南 East China, Central China, South China
3 松科 Pinaceae	金钱松属 <i>Pseudolarix</i>	1/1	华东、华中 East China, Central China
4 柏科 Cupressaceae	杉木属 <i>Cunninghamia</i>	1/2	华东、华中、华南、西南 East China, Central China, South China, Southwest China
5 柏科 Cupressaceae	水松属 <i>Glyptostrobus</i>	1/1	华南 South China
6 红豆杉科 Taxaceae	白豆杉属 <i>Pseudotaxus</i>	1/1	华东、华中 East China, Central China
7 马兜铃科 Aristolochiaceae	马蹄香属 <i>Saruma</i>	1/1	华东、华中 East China, Central China
8 木兰科 Magnoliaceae	拟单性木兰属 <i>Parakmeria</i>	1/5	华东、华南、西南 East China, South China, Southwest China
9 蜡梅科 Calycanthaceae	蜡梅属 <i>Chimonanthus</i>	3/6	华东、华中、西南 East China, Central China, Southwest China
10 兰科 Orchidaceae	独花兰属 <i>Changnienia</i>	1/2	华东、华中 East China, Central China
11 兰科 Orchidaceae	丹霞兰属 <i>Danxiaorchis</i>	2/2	华东、华南 East China, South China
12 天门冬科 Asparagaceae	异黄精属 <i>Heteropolygonatum</i>	1/7	华东、华中、华南、西南 East China, Central China, South China, Southwest China
13 天门冬科 Asparagaceae	白穗花属 <i>Speirantha</i>	1/1	华东 East China
14 禾本科 Poaceae	短枝竹属 <i>Gelidocalamus</i>	1/9	华东、华中 East China, Central China
15 禾本科 Poaceae	少穗竹属 <i>Oligostachyum</i>	2/15	华东、华南 East China, South China
16 罂粟科 Papaveraceae	血水草属 <i>Eomecon</i>	1/1	华东、华中、西南 East China, Central China, Southwest China
17 木通科 Lardizabalaceae	大血藤属 <i>Sargentodoxa</i>	1/1	华东、华中、华南、西南 East China, Central China, South China, Southwest China
18 木通科 Lardizabalaceae	串果藤属 <i>Sinofranchetia</i>	1/1	华中、华南 Central China, South China
19 蕁树科 Altingiaceae	半枫荷属 <i>Semiliquidambar</i>	1/3	华东、华南 East China, South China
20 金缕梅科 Hamamelidaceae	牛鼻栓属 <i>Fortunearia</i>	1/1	华东、华中 East China, Central China
21 大麻科 Cannabaceae	青檀属 <i>Pteroceltis</i>	1/1	华东、华中 East China, Central China
22 胡桃科 Juglandaceae	青钱柳属 <i>Cyclocarya</i>	1/1	华东、华中、华南 East China, Central China, South China
23 卫矛科 Celastraceae	永瓣藤属 <i>Monimopetalum</i>	1/1	华东 East China
24 杨柳科 Salicaceae	山拐枣属 <i>Poliothyrsis</i>	1/1	华东、华中、华南、西南 East China, Central China, South China, Southwest China
25 大戟科 Euphorbiaceae	地构叶属 <i>Speranskia</i>	2/2	华东、华中、华南、西南、华北 East China, Central China, South China, Southwest China, North China
26 野牡丹科 Melastomataceae	棱果花属 <i>Barthea</i>	1/1	华南 South China

表1 (续) Table 1 (continued)

序号 科 No. Family	中国特有属 Genera endemic to China	种数 No. of species	地理分布 Geographical distribution
27 瘿椒树科 Tapisciaceae	瘿椒树属 <i>Tapiscia</i>	1/2	华东、华中、华南、西南 East China, Central China, South China, Southwest China
28 无患子科 Sapindaceae	伞花木属 <i>Eurycorymbus</i>	1/1	华东、华南、西南 East China, South China, Southwest China
29 叠珠树科 Akaniaceae	伯乐树属 <i>Bretschneidera</i>	1/1	华东、华中、华南、西南 East China, Central China, South China, Southwest China
30 十字花科 Brassicaceae	阴山芥属 <i>Yinshania</i>	7/13	华东、华中、西南、西北 East China, Central China, Southwest China, Northwest China
31 蓝果树科 Nyssaceae	喜树属 <i>Camptotheca</i>	1/2	华东、华中、华南 East China, Central China, South China
32 安息香科 Styracaceae	陀螺果属 <i>Meliodendron</i>	1/1	华东、华中、华南 East China, Central China, South China
33 安息香科 Styracaceae	银钟花属 <i>Perkinsiodendron</i>	1/1	华东、华中、华南 East China, Central China, South China
34 安息香科 Styracaceae	秤锤树属 <i>Sinojackia</i>	2/5	华东、华中、华南 East China, Central China, South China
35 猕猴桃科 Actinidiaceae	藤山柳属 <i>Clematoclethra</i>	1/1	华东、华中、西南、西北 East China, Central China, Southwest China, Northwest China
36 杜仲科 Eucommiaceae	杜仲属 <i>Eucommia</i>	1/1	华东、华中 East China, Central China
37 龙胆科 Gentianaceae	匙叶草属 <i>Latouchea</i>	1/1	华东、华南、西南 East China, South China, Southwest China
38 夹竹桃科 Apocynaceae	秦岭藤属 <i>Biondia</i>	2/13	华东、华中、西南、西北 East China, Central China, Southwest China, Northwest China
39 夹竹桃科 Apocynaceae	毛药藤属 <i>Sindechites</i>	1/1	华东、华中、华南 East China, Central China, South China
40 紫草科 Boraginaceae	皿果草属 <i>Omphalotrigonotis</i>	1/2	华东、华中、华南 East China, Central China, South China
41 紫草科 Boraginaceae	车前紫草属 <i>Sinojohnstonia</i>	1/3	华东、华中、华北、西北 East China, Central China, North China, Northwest China
42 紫草科 Boraginaceae	盾果草属 <i>Thyrocarpus</i>	2/2	华东、华中 East China, Central China
43 苦苣苔科 Gesneriaceae	小花苣苔属 <i>Chiritopsis</i>	2/7	华东、华南 East China, South China
44 苦苣苔科 Gesneriaceae	报春苣苔属 <i>Primulina</i>	1/1	华南 South China
45 唇形科 Lamiaceae	毛药花属 <i>Bostrychanthera</i>	1/2	华东、华中、华南 East China, Central China, South China
46 唇形科 Lamiaceae	四轮香属 <i>Hanceola</i>	2/8	华东、华中、西南 East China, Central China, Southwest China
47 唇形科 Lamiaceae	动蕊花属 <i>Kinostemon</i>	2/3	华中、华南、西南 Central China, South China, Southwest China
48 唇形科 Lamiaceae	四棱草属 <i>Schnabelia</i>	2/5	华东、华中、华南 East China, Central China, South China
49 列当科 Orobanchaceae	地黄属 <i>Rehmannia</i>	2/5	华东、华中、华北、东北 East China, Central China, North China, Northeast China
50 菊科 Asteraceae	紫菊属 <i>Notoseris</i>	2/6	华东、华中、华南、西南 East China, Central China, South China, Southwest China
51 菊科 Asteraceae	虾须草属 <i>Sheareria</i>	1/1	华东、华中、华南 East China, Central China, South China
52 忍冬科 Caprifoliaceae	双盾木属 <i>Dipelta</i>	1/3	华东、华中、华南、西南、华北 East China, Central China, South China, Southwest China, North China
53 忍冬科 Caprifoliaceae	猬实属 <i>Kolkwitzia</i>	1/1	华东、华中、华北 East China, Central China, North China
54 五加科 Araliaceae	通脱木属 <i>Tetrapanax</i>	1/1	华东、华中、华南、西南 East China, Central China, South China, Southwest China
55 伞形科 Apiaceae	明党参属 <i>Changium</i>	1/1	华东 East China

个特有属中, 有11属呈华东-华中-华南-西南分布(图2), 如杉木属、瘿椒树属、大血藤属、山拐枣属(*Poliothyrsis*)、伯乐树属、通脱木属(*Tetrapanax*)、异黄精属(*Heteropolygonatum*)、地构叶属(*Speranskia*)等, 它们主产秦岭以南、横断山脉以东的广大地区, 体现出东亚植物区系是以中国大陆东部为主要核心区的属性。有10属呈华东-华中-华南分布(表1, 图2), 广布于武夷山脉、罗霄山脉、南岭山脉及武陵山脉, 分别是四棱草属(*Schnabelia*)、喜树属、皿果草属(*Omphalotrigonotis*)、银杉属、青钱柳属、陀螺果属(*Meliodendron*)、银钟花属(*Perkinsiodendron*)、秤锤树属(*Sinojackia*)、毛药藤

属(*Sindechites*)和虾须草属(*Sheareria*)。

13属呈华东-华中分布(表1, 图2), 即主产南岭以北至秦岭以南地区, 部分可向北延伸至西北、华北地区, 分别是短枝竹属(*Gelidocalamus*)、独花兰属(*Changnienia*)、盾果草属(*Thyrocarpus*)、银杏属(*Ginkgo*)、金钱松属(*Pseudolarix*)、白豆杉属、马蹄香属(*Saruma*)、牛鼻栓属(*Fortunearia*)、青檀属、杜仲属、猬实属(*Kolkwitzia*)、地黄属(*Rehmannia*)和车前紫草属(*Sinojohnstonia*)。

3属呈华东-华南-西南分布(表1, 图2), 分别是少穗竹属(*Oligostachyum*)、小花苣苔属、半枫荷属。4属为华东-华南分布(表1, 图2), 分别是丹霞兰属

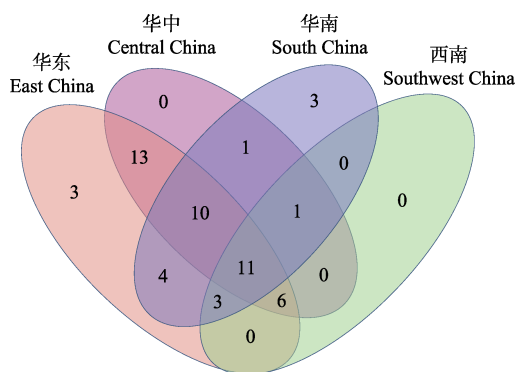


图2 罗霄山脉中国特有属分布韦恩图

Fig. 2 Venn diagram of Chinese endemic genera in the Luoxiao Mountains

(*Danxiaorchis*)、水松属(*Glyptostrobus*)、棱果花属(*Barthea*)和报春苣苔属(*Primulina*)，以上各属主要分布于长江流域及以南。

有3属为华东区系特有属(表1, 图2)，其中白穗花属(*Speirantha*)和明党参属(*Changium*)以浙皖山地为分布中心，向南延伸至罗霄山脉中部，永瓣藤属(*Monimopetalum*)分布于罗霄山脉北段及武夷山脉北段，为华东植物区系的典型代表(Wu & Wu, 1996; 吴征镒等, 2010)。

2.3 种的特有现象

罗霄山脉种子植物特有种共计1,624种(附录2)，占中国特有种总数的10.76%，包括裸子植物4科14属18种，被子植物128科505属1,606种。从特有种所属科的数量结构来看，罗霄山脉含20个以上中国特有种的科有25个，包括唇形科(87种)、蔷薇科(83种)、樟科(62种)、杜鹃花科(49种)、壳斗科(45种)、豆科(39种)、报春花科(38种)、兰科(36种)、冬青科(34种)、毛茛科(34种)、葡萄科(31种)、苦苣苔科(28种)、山茶科(27种)、绣球科(26种)、五列木科(24种)、五福花科(23种)、小檗科(23种)、天门冬科(22种)等。这些包含中国特有种较丰富的科中，大部分也是罗霄山脉植物区系的优势科或表征科，如蔷薇科、杜鹃花科、冬青科、葡萄科等(赵万义, 2017)。

整体上，罗霄山脉包含中国特有种比例在50.00%及以上的科有56科，除杜仲科、伯乐树科、旌节花科等单型科或其种系在中国较稀少的科之外，凤仙花科(特有化比例90.00%)、苦苣苔科(87.50%)、小檗科(85.19%)、黄杨科(80.00%)、杜鹃花科(76.56%)、马兜铃科(72.73%)、绣球花科(70.27%)、安息香科(69.57%)、猕猴桃科(68.57%)、

金缕梅科(66.67%)等包含种系较为丰富，其特有化程度的比例远高于中国种子植物特有率52.1%(Huang et al, 2011)，反映出罗霄山脉地区植物区系得到一定程度的分化。

2.4 罗霄山脉地区本地特有种

罗霄山脉共分布有本地特有种43种7变种，分别是江西小檗(*Berberis jiangxiensis*)、庐山景天(*Sedum lushanense*)、细枝绣球(*Hydrangea gracilis*)、多脉凤仙花(*Impatiens polyneura*)、封怀凤仙花(*I. fenghwaiana*)、井冈山木莲(*Manglietia jinggangshanensis*)、井冈栝楼(*Trichosanthes jinggangshanica*)、厚叶红山茶(*Camellia crassissima*)、汝城毛叶茶(*C. pubescens*)、井冈山厚皮香(*Ternstroemia aubrotundifolia*)、尖叶猕猴桃(*Actinidia callosa* var. *acuminata*)、井冈山猕猴桃(*A. chinensis* var. *jinggangshanensis*)、井冈山绣线梅(*Neillia jinggangshanensis*)、膜叶椴(*Tilia membranacea*)、腺果悬钩子(*Rubus glandulosocarpus*)、庐山山黑豆(*Dumasia ovatifolia*)、武功山冬青(*Ilex wugongshanensis*)、江西羊奶子(*Elaeagnus jiangxiensis*)、井冈葡萄(*Vitis jinggangensis*)、小果吴茱萸(*Euodia rutaecarpa* var. *microcarpa*)、九江三角槭(*Acer buergerianum* var. *jiujiangense*)、粗柱杜鹃(*Rhododendron crassistylum*)、井冈山杜鹃(*R. jinggangshanicum*)、上犹杜鹃(*R. seniavinii* var. *shangyoumicum*)、伏毛杜鹃(*R. strigosum*)、庐山紫金牛(*Ardisia ushanensis*)、江西蒲儿根(*Sinosenecio jiangxiensis*)、庐山疏节过路黄(*Lysimachia remota* var. *lushanensis*)、江西半蒴苣苔(*Hemiboea subacaulis* var. *jiangxiensis*)、永兴小花苣苔(*Chiritopsis yongxingensis*)、花箴唐竹(*Sinobambusa striata*)、井冈寒竹(*Gelidocalamus stellatus*)、井冈唐竹(*Sinobambusa anaurita*)、庐山玉山竹(*Yushania varians*)、九宫山细辛(*Asarum campaniflorum*)和井冈山堇菜(*Viola jinggangshanensis*)，以及2013–2019年间发表的新种，如桂东锦香草(*Phyllagathis guidongensis*)、遂川报春苣苔(*Primulina suichuanensis*)、衡山报春苣苔(*P. hengshanensis*)、张氏野海棠(*Bredia changii*)、罗霄虎耳草(*Saxifraga luoxiaoensis*)、神农虎耳草(*S. shennongii*)、纤秀冬青(*Ilex venusta*)、小果马银花(*Rhododendron microcarpum*)、湖北羽叶毛茛(*Primula hubeiensis*)、九宫山羽叶毛茛(*P. jiugongshanensis*)、绿花白丝草

(*Chamaelirium viridiflorum*)、杨氏丹霞兰(*Danxiaorchis yangii*)、武功山春蓼(*Persicaria wugongshanensis*)和武功山异黄精(*Heteropolygonatum wugongshanensis*)。生境的异质性和多样化可能是罗霄山脉地区特有现象较为丰富的重要原因。特有种江西蒲儿根、小果马银花等均产海拔1,200 m以上山坡;桂东锦香草、神农虎耳草、罗霄虎耳草仅见于山谷溪边的阴湿石壁上;而永兴小花苣苔、遂川报春苣苔、衡山报春苣苔等则仅分布于丹霞地貌中。罗霄山脉分布的各类区域特有种,充分体现出保护该地区自然环境的重要性,而近年来不断发现的新物种,也说明进一步加强该地区生物多样性考察的必要性。

3 罗霄山脉种子植物区系残遗成分

3.1 子遗属的组成

根据子遗种、子遗属的概念和甄别原则(Lomolino et al, 2006; 廖文波等, 2014; Tang et al, 2018),统计得出罗霄山脉地区共有子遗属165属289种,其中裸子植物19属27种,被子植物147属262种(表2, 附录3)。从生态型上来看,罗霄山脉地区子遗属以木本属为主,达132属,草本属有33属。

此外,单型属达46属,寡种属(世界仅分布2–5种) 52属,表明本区子遗属具有明显的分类学子遗特征,反映出罗霄山脉植物区系的古老性。

3.2 子遗属的地理分布格局

罗霄山脉地区的子遗属地理分布区类型组成有:世界广布属4属,其中有3属为原始的水生植物,即莼菜属(*Brasenia*)、荇菜属(*Nymphoides*)和睡莲属(*Nymphaea*),另有杠柳属(*Periploca*)广布于亚洲、欧洲及热带非洲。热带性分布属32属,除去以美洲、大洋洲为分布中心的罗汉松属(*Podocarpus*)、古柯属(*Erythroxylum*)、芭蕉属(*Musa*)、无患子属(*Sapindus*)外,均为单型属或寡种属,其中热带亚洲分布属占25属。温带性分布属相当丰富,共129属,其中以东亚–北美间断分布属(31属)、东亚特有属(50属)、中国特有属(30属)为主。

属的分布区类型、空间地理分布格局的分析结果表明,子遗属在罗霄山脉地区以及与中国子遗属整体上的地理分布格局相一致(廖文波等, 2014),即以东亚–北美间断分布属、东亚特有属、中国特有属、热带亚洲分布属占优势,主要以东亚大陆东部、南部为分布中心,是为典型的东亚植物区系成分(吴征镒等, 2006)。

表2 罗霄山脉地区种子植物区系子遗属及其种数组成(罗霄山脉/中国/世界)
Table 2 Relict genera of spermatophyte flora and its species number (Luoxiao Mountains/China/world) in the Luoxiao Mountains

序号 No.	科 Family	属 Genus	种数 No. of species	子遗属类型 Relict type	属分布区类型 Genera areal type
1	银杏科 Ginkgoaceae	银杏属 <i>Ginkgo</i>	1/1/1	活化石 Living fossil	中国特有 Endemic to China
2	松科 Pinaceae	冷杉属 <i>Abies</i>	1/20/47	地理子遗 Geo-relict	北温带分布 North Temperate
3	松科 Pinaceae	银杉属 <i>Cathaya</i>	1/1/1	活化石 Living fossil	中国特有 Endemic to China
4	松科 Pinaceae	油杉属 <i>Keteleeria</i>	2/3/3	地理子遗 Geo-relict	东亚分布 East Asia
5	松科 Pinaceae	长苞铁杉属 <i>Nothotsuga</i>	1/1/1	分类子遗 Tax-relict	东亚分布 East Asia
6	松科 Pinaceae	金钱松属 <i>Pseudolarix</i>	1/1/1	地理子遗 Geo-relict	中国特有 Endemic to China
7	松科 Pinaceae	铁杉属 <i>Tsuga</i>	1/4/9	地理子遗 Geo-relict	东亚及北美间断分布 East Asia & North America Disjuncted
8	罗汉松科 Podocarpaceae	竹柏属 <i>Nageia</i>	1/3/5	分类子遗 Tax-relict	热带亚洲分布 Tropics Asia
9	罗汉松科 Podocarpaceae	罗汉松属 <i>Podocarpus</i>	2/7/97	地理子遗 Geo-relict	泛热带分布 Pantropic
10	柏科 Cupressaceae	柳杉属 <i>Cryptomeria</i>	1/1/1	地理子遗 Geo-relict	东亚分布 East Asia
11	柏科 Cupressaceae	杉木属 <i>Cunninghamia</i>	1/2/2	地理子遗 Geo-relict	中国特有 Endemic to China
12	柏科 Cupressaceae	福建柏属 <i>Fokienia</i>	1/1/1	分类子遗 Tax-relict	热带亚洲分布 Tropics Asia
13	柏科 Cupressaceae	水松属 <i>Glyptostrobus</i>	1/1/1	活化石 Living fossil	东亚分布 East Asia
14	柏科 Cupressaceae	刺柏属 <i>Juniperus</i>	2/23/67	分类子遗 Tax-relict	北温带分布 North Temperate
15	红豆杉科 Taxaceae	穗花杉属 <i>Amentotaxus</i>	1/3/6	地理子遗 Geo-relict	东亚分布 East Asia
16	红豆杉科 Taxaceae	三尖杉属 <i>Cephalotaxus</i>	4/6/11	地理子遗 Geo-relict	东亚分布 East Asia

表2 (续) Table 2 (continued)

序号 科 No. Family	属 Genus	种数 No. of species	孑遗属类型 Relict type	属分布区类型 Genera areal type
17 红豆杉科 Taxaceae	白豆杉属 <i>Pseudotaxus</i>	1/1/1	地理孑遗	Geo-relict 中国特有 Endemic to China
18 红豆杉科 Taxaceae	红豆杉属 <i>Taxus</i>	1/7/12	地理孑遗	Geo-relict 北温带分布 North Temperate
19 红豆杉科 Taxaceae	榧树属 <i>Torreya</i>	1/4/6	地理孑遗	Geo-relict 东亚及北美间断分布 East Asia & North America Disjuncted
20 莼菜科 Cabombaceae	莼菜属 <i>Brasenia</i>	1/1/1	地理孑遗	Geo-relict 世界广布 Cosmopolitan
21 睡莲科 Nymphaeaceae	芡属 <i>Euryale</i>	1/1/1	分类孑遗	Tax-relict 东亚分布 East Asia
22 睡莲科 Nymphaeaceae	睡莲属 <i>Nymphaea</i>	1/5/50	分类孑遗	Tax-relict 世界广布 Cosmopolitan
23 五味子科 Schisandraceae	八角属 <i>Illicium</i>	6/27/40	分类孑遗	Tax-relict 东亚及北美间断分布 East Asia & North America Disjuncted
24 五味子科 Schisandraceae	五味子属 <i>Schisandra</i>	6/19/22	分类孑遗	Tax-relict 东亚及北美间断分布 East Asia & North America Disjuncted
25 三白草科 Saururaceae	三白草属 <i>Saururus</i>	1/1/2	分类孑遗	Tax-relict 东亚及北美间断分布 East Asia & North America Disjuncted
26 马兜铃科 Aristolochiaceae	马蹄香属 <i>Saruma</i>	1/1/1	地理孑遗	Geo-relict 中国特有 Endemic to China
27 木兰科 Magnoliaceae	鹅掌楸属 <i>Liriodendron</i>	1/1/2	分类孑遗	Tax-relict 东亚及北美间断分布 East Asia & North America Disjuncted
28 木兰科 Magnoliaceae	厚朴属 <i>Houpoëa</i>	1/3/9	分类孑遗	Tax-relict 东亚及北美间断分布 East Asia & North America Disjuncted
29 木兰科 Magnoliaceae	木莲属 <i>Manglietia</i>	4/29/40	地理孑遗	Geo-relict 热带亚洲分布 Tropics Asia
30 木兰科 Magnoliaceae	天女花属 <i>Oyama</i>	1/4/4	分类孑遗	Tax-relict 东亚分布 East Asia
31 木兰科 Magnoliaceae	拟单性木兰属 <i>Parakmeria</i>	1/5/5	分类孑遗	Tax-relict 中国特有 Endemic to China
32 木兰科 Magnoliaceae	玉兰属 <i>Yulania</i>	6/18/25	地理孑遗	Geo-relict 东亚及北美间断分布 East Asia & North America Disjuncted
33 蜡梅科 Calycanthaceae	蜡梅属 <i>Chimonanthus</i>	3/6/6	地理孑遗	Geo-relict 中国特有 Endemic to China
34 樟科 Lauraceae	檫木属 <i>Sassafras</i>	1/2/3	地理孑遗	Geo-relict 东亚及北美间断分布 East Asia & North America Disjuncted
35 金粟兰科 Chloranthaceae	草珊瑚属 <i>Sarcandra</i>	1/2/3	分类孑遗	Tax-relict 热带亚洲分布 Tropics Asia
36 菖蒲科 Acoraceae	菖蒲属 <i>Acorus</i>	2/2/2	分类孑遗	Tax-relict 东亚及北美间断分布 East Asia & North America Disjuncted
37 泽泻科 Alismataceae	毛茛泽泻属 <i>Ranalisma</i>	1/1/2	分类孑遗	Tax-relict 热带亚洲至热带非洲分布 Tropics Asia to Tropics Africa
38 无叶莲科 Petrosaviaceae	无叶莲属 <i>Petrosavia</i>	1/2/3	地理孑遗	Geo-relict 热带亚洲分布 Tropics Asia
39 薯蓣科 Dioscoreaceae	裂果薯属 <i>Schizocapsa</i>	1/2/2	分类孑遗	Tax-relict 热带亚洲分布 Tropics Asia
40 藜芦科 Melanthiaceae	丫蕊花属 <i>Ypsilandra</i>	1/4/5	地理孑遗	Geo-relict 东亚分布 East Asia
41 秋水仙科 Colchicaceae	万寿竹属 <i>Disporum</i>	7/15/21	地理孑遗	Geo-relict 东亚分布 East Asia
42 天门冬科 Asparagaceae	绵枣儿属 <i>Barnardia</i>	1/1/2	地理孑遗	Geo-relict 旧世界温带分布 Old World Temperate
43 棕榈科 Areaceae	棕榈属 <i>Trachycarpus</i>	1/3/8	分类孑遗	Tax-relict 东亚分布 East Asia
44 鸭跖草科 Commelinaceae	竹叶吉祥草属 <i>Spatholirion</i>	1/2/3	地理孑遗	Geo-relict 热带亚洲分布 Tropics Asia
45 芭蕉科 Musaceae	芭蕉属 <i>Musa</i>	1/11/30	地理孑遗	Geo-relict 旧世界热带分布 Old World Tropics
46 领春木科 Eupteleaceae	领春木属 <i>Euptelea</i>	1/1/2	分类孑遗	Tax-relict 东亚分布 East Asia
47 罂粟科 Papaveraceae	血水草属 <i>Eomecon</i>	1/1/1	地理孑遗	Geo-relict 中国特有 Endemic to China
48 罂粟科 Papaveraceae	荷青花属 <i>Hylomecon</i>	1/1/1	地理孑遗	Geo-relict 东亚分布 East Asia
49 木通科 Lardizabalaceae	木通属 <i>Akebia</i>	4/5/6	分类孑遗	Tax-relict 东亚分布 East Asia
50 木通科 Lardizabalaceae	猫儿屎属 <i>Decaisnea</i>	1/1/1	地理孑遗	Geo-relict 东亚分布 East Asia
51 木通科 Lardizabalaceae	大血藤属 <i>Sargentodoxa</i>	1/1/1	分类孑遗	Tax-relict 热带亚洲分布 Tropics Asia
52 木通科 Lardizabalaceae	串果藤属 <i>Sinofranchetia</i>	1/1/1	地理孑遗	Geo-relict 中国特有 Endemic to China
53 防己科 Menispermaceae	蝙蝠葛属 <i>Menispermum</i>	1/1/4	分类孑遗	Tax-relict 东亚及北美间断分布 East Asia & North America Disjuncted
54 防己科 Menispermaceae	风龙属 <i>Sinomenium</i>	1/1/2	分类孑遗	Tax-relict 东亚分布 East Asia
55 小檗科 Berberidaceae	鬼臼属 <i>Dysosma</i>	2/7/7	地理孑遗	Geo-relict 东亚分布 East Asia
56 小檗科 Berberidaceae	南天竹属 <i>Nandina</i>	1/1/1	地理孑遗	Geo-relict 东亚分布 East Asia
57 小檗科 Berberidaceae	桃儿七属 <i>Sinopodophyllum</i>	1/1/2	地理孑遗	Geo-relict 东亚分布 East Asia
58 毛茛科 Ranunculaceae	天葵属 <i>Semiaquilegia</i>	1/2/2	分类孑遗	Tax-relict 东亚分布 East Asia

表2 (续) Table 2 (continued)

序号 科 No. Family	属 Genus	种数 No. of species	子遗属类型 Relict type	属分布区类型 Genera areal type
59 黄杨科 Buxaceae	板凳果属 <i>Pachysandra</i>	2/2/3	地理子遗 Geo-relict	东亚及北美间断分布 East Asia & North America Disjuncted
60 蕁树科 Altingiaceae	蕁树属 <i>Altingia</i>	2/8/11	分类子遗 Tax-relict	热带亚洲分布 Tropics Asia
61 蕁树科 Altingiaceae	枫香树属 <i>Liquidambar</i>	2/2/5	分类子遗 Tax-relict	东亚及北美间断分布 East Asia & North America Disjuncted
62 蕁树科 Altingiaceae	半枫荷属 <i>Semiliquidambar</i>	1/3/3	分类子遗 Tax-relict	中国特有 Endemic to China
63 金缕梅科 Hamamelidaceae	蜡瓣花属 <i>Corylopsis</i>	4/20/29	分类子遗 Tax-relict	东亚分布 East Asia
64 金缕梅科 Hamamelidaceae	双花木属 <i>Disanthus</i>	1/1/2	分类子遗 Tax-relict	东亚分布 East Asia
65 金缕梅科 Hamamelidaceae	蚊母树属 <i>Distylium</i>	4/12/18	分类子遗 Tax-relict	热带亚洲分布 Tropics Asia
66 金缕梅科 Hamamelidaceae	秀柱花属 <i>Eustigma</i>	1/3/3	分类子遗 Tax-relict	热带亚洲分布 Tropics Asia
67 金缕梅科 Hamamelidaceae	马蹄荷属 <i>Exbucklandia</i>	1/3/4	分类子遗 Tax-relict	热带亚洲分布 Tropics Asia
68 金缕梅科 Hamamelidaceae	牛鼻栓属 <i>Fortunearia</i>	1/1/1	分类子遗 Tax-relict	中国特有 Endemic to China
69 金缕梅科 Hamamelidaceae	金缕梅属 <i>Hamamelis</i>	1/1/6	分类子遗 Tax-relict	东亚及北美间断分布 East Asia & North America Disjuncted
70 金缕梅科 Hamamelidaceae	榿木属 <i>Loropetalum</i>	1/3/3	分类子遗 Tax-relict	东亚分布 East Asia
71 金缕梅科 Hamamelidaceae	水丝梨属 <i>Sycopsis</i>	2/2/3	分类子遗 Tax-relict	热带亚洲分布 Tropics Asia
72 连香树科 Cercidiphyllaceae	连香树属 <i>Cercidiphyllum</i>	1/1/2	分类子遗 Tax-relict	东亚分布 East Asia
73 扯根菜科 Penthoraceae	扯根菜属 <i>Penthorum</i>	1/1/2	分类子遗 Tax-relict	东亚及北美间断分布 East Asia & North America Disjuncted
74 葡萄科 Vitaceae	地锦属 <i>Parthenocissus</i>	7/9/13	地理子遗 Geo-relict	东亚及北美间断分布 East Asia & North America Disjuncted
75 豆科 Fabaceae	紫荆属 <i>Cercis</i>	3/5/9	地理子遗 Geo-relict	北温带分布 North Temperate
76 豆科 Fabaceae	香槐属 <i>Cladrastis</i>	2/6/8	地理子遗 Geo-relict	东亚及北美间断分布 East Asia & North America Disjuncted
77 豆科 Fabaceae	皂荚属 <i>Gleditsia</i>	3/6/16	地理子遗 Geo-relict	东亚及北美间断分布 East Asia & North America Disjuncted
78 豆科 Fabaceae	肥皂荚属 <i>Gymnocladus</i>	1/1/5	地理子遗 Geo-relict	东亚及北美间断分布 East Asia & North America Disjuncted
79 豆科 Fabaceae	紫藤属 <i>Wisteria</i>	1/4/6	地理子遗 Geo-relict	东亚及北美间断分布 East Asia & North America Disjuncted
80 鼠李科 Rhamnaceae	枳椇属 <i>Hovenia</i>	3/3/3	地理子遗 Geo-relict	东亚分布 East Asia
81 鼠李科 Rhamnaceae	马甲子属 <i>Paliurus</i>	3/5/5	地理子遗 Geo-relict	10. 旧世界温带分布 Old World Temperate
82 榆科 Ulmaceae	刺榆属 <i>Hemiptelea</i>	1/1/1	分类子遗 Tax-relict	东亚分布 East Asia
83 榆科 Ulmaceae	榆属 <i>Ulmus</i>	9/21/40	分类子遗 Tax-relict	北温带分布 North Temperate
84 榆科 Ulmaceae	榉属 <i>Zelkova</i>	3/3/5	分类子遗 Tax-relict	10. 旧世界温带分布 Old World Temperate
85 大麻科 Cannabaceae	青檀属 <i>Pteroceltis</i>	1/1/1	分类子遗 Tax-relict	中国特有 Endemic to China
86 壳斗科 Fagaceae	栗属 <i>Castanea</i>	3/4/12	地理子遗 Geo-relict	北温带分布 North Temperate
87 壳斗科 Fagaceae	水青冈属 <i>Fagus</i>	3/4/10	分类子遗 Tax-relict	北温带分布 North Temperate
88 胡桃科 Juglandaceae	山核桃属 <i>Carya</i>	1/4/15	分类子遗 Tax-relict	东亚及北美间断分布 East Asia & North America Disjuncted
89 胡桃科 Juglandaceae	青钱柳属 <i>Cyclocarya</i>	1/1/1	分类子遗 Tax-relict	中国特有 Endemic to China
90 胡桃科 Juglandaceae	黄杞属 <i>Engelhardia</i>	2/6/8	地理子遗 Geo-relict	热带亚洲分布 Tropics Asia
91 胡桃科 Juglandaceae	胡桃属 <i>Juglans</i>	4/5/20	地理子遗 Geo-relict	北温带分布 North Temperate
92 胡桃科 Juglandaceae	化香树属 <i>Platycarya</i>	1/2/2	分类子遗 Tax-relict	东亚分布 East Asia
93 胡桃科 Juglandaceae	枫杨属 <i>Pterocarya</i>	2/7/8	地理子遗 Geo-relict	1温带亚洲分布 Temperate Asia
94 桦木科 Betulaceae	榛属 <i>Corylus</i>	2/7/20	地理子遗 Geo-relict	北温带分布 North Temperate
95 马桑科 Coriariaceae	马桑属 <i>Coriaria</i>	1/3/15	地理子遗 Geo-relict	北温带分布 North Temperate
96 卫矛科 Celastraceae	永瓣藤属 <i>Monimopetalum</i>	1/1/1	分类子遗 Tax-relict	中国特有 Endemic to China
97 卫矛科 Celastraceae	雷公藤属 <i>Tripterygium</i>	2/3/4	分类子遗 Tax-relict	东亚分布 East Asia
98 古柯科 Erythroxylaceae	古柯属 <i>Erythroxylum</i>	1/2/200	分类子遗 Tax-relict	泛热带分布 Pantropic
99 金丝桃科 Hypericaceae	三腺金丝桃属 <i>Triadenum</i>	1/2/6	地理子遗 Geo-relict	东亚及北美间断分布 East Asia & North America Disjuncted
100 杨柳科 Salicaceae	山桂花属 <i>Bennettiodendron</i>	1/4/6	分类子遗 Tax-relict	热带亚洲分布 Tropics Asia
101 杨柳科 Salicaceae	山桐子属 <i>Idesia</i>	1/1/1	分类子遗 Tax-relict	东亚分布 East Asia
102 杨柳科 Salicaceae	山拐枣属 <i>Poliothyrsis</i>	1/1/1	分类子遗 Tax-relict	中国特有 Endemic to China

表2 (续) Table 2 (continued)

序号 No.	科 Family	属 Genus	种数 No. of species	子遗属类型 Relict type	属分布区类型 Genera areal type
103	叶下珠科 Phyllanthaceae	秋枫属 <i>Bischofia</i>	1/2/2	分类子遗 Tax-relict	热带亚洲分布 Tropics Asia
104	野牡丹科 Melastomataceae	棱果属 <i>Barthea</i>	1/1/1	地理子遗 Geo-relict	中国特有 Endemic to China
105	省沽油科 Staphyleaceae	野鸦椿属 <i>Euscaphis</i>	2/1/1	地理子遗 Geo-relict	东亚分布 East Asia
106	省沽油科 Staphyleaceae	省沽油属 <i>Staphylea</i>	2/6/13	地理子遗 Geo-relict	北温带分布 North Temperate
107	旌节花科 Stachyuraceae	旌节花属 <i>Stachyurus</i>	2/7/8	地理子遗 Geo-relict	东亚分布 East Asia
108	瘦椒树科 Tapisciaceae	瘦椒树属 <i>Tapiscia</i>	1/2/6	地理子遗 Geo-relict	中国特有 Endemic to China
109	漆树科 Anacardiaceae	南酸枣属 <i>Choerospondias</i>	1/1/1	分类子遗 Tax-relict	东亚分布 East Asia
110	无患子科 Sapindaceae	七叶树属 <i>Aesculus</i>	1/4/13	分类子遗 Tax-relict	北温带分布 North Temperate
111	无患子科 Sapindaceae	伞花木属 <i>Eurycorymbus</i>	1/1/1	地理子遗 Geo-relict	中国特有 Endemic to China
112	无患子科 Sapindaceae	栾属 <i>Koelreuteria</i>	1/3/4	分类子遗 Tax-relict	东亚分布 East Asia
113	无患子科 Sapindaceae	无患子属 <i>Sapindus</i>	1/4/10	地理子遗 Geo-relict	东亚(热带、亚热带)和热带南美间断分布 Tropics & Subtropics East Asia & Tropical America Disjuncted
114	芸香科 Rutaceae	臭常山属 <i>Orixa</i>	1/1/1	地理子遗 Geo-relict	东亚分布 East Asia
115	芸香科 Rutaceae	黄檗属 <i>Phellodendron</i>	2/2/4	地理子遗 Geo-relict	东亚分布 East Asia
116	芸香科 Rutaceae	茵芋属 <i>Skimmia</i>	1/5/6	地理子遗 Geo-relict	东亚分布 East Asia
117	芸香科 Rutaceae	飞龙掌血属 <i>Toddalia</i>	1/1/1	地理子遗 Geo-relict	热带亚洲至热带非洲分布 Tropics Asia to Tropics Africa
118	苦木科 Simaroubaceae	苦木属 <i>Picrasma</i>	1/2/9	地理子遗 Geo-relict	东亚(热带、亚热带)和热带南美间断分布 Tropics & Subtropics East Asia & Tropical America Disjuncted
119	锦葵科 Malvaceae	梧桐属 <i>Firmiana</i>	1/7/16	分类子遗 Tax-relict	东亚分布 East Asia
120	锦葵科 Malvaceae	梭罗树属 <i>Reevesia</i>	2/15/25	地理子遗 Geo-relict	热带亚洲分布 Tropics Asia
121	叠珠树科 Akaniaceae	伯乐树属 <i>Bretschneidera</i>	1/1/1	分类子遗 Tax-relict	热带亚洲分布 Tropics Asia
122	檀香科 Santalaceae	檀梨属 <i>Pyrularia</i>	1/1/2	地理子遗 Geo-relict	东亚及北美间断分布 East Asia & North America Disjuncted
123	蓝果树科 Nyssaceae	喜树属 <i>Camptotheca</i>	1/2/2	分类子遗 Tax-relict	中国特有 Endemic to China
124	蓝果树科 Nyssaceae	蓝果树属 <i>Nyssa</i>	1/3/7	地理子遗 Geo-relict	东亚及北美间断分布 East Asia & North America Disjuncted
125	绣球科 Hydrangeaceae	草绣球属 <i>Cardiandra</i>	1/2/3	地理子遗 Geo-relict	东亚分布 East Asia
126	绣球科 Hydrangeaceae	蛛网萼属 <i>Platycrater</i>	1/1/1	分类子遗 Tax-relict	东亚分布 East Asia
127	绣球科 Hydrangeaceae	钻地风属 <i>Schizophragma</i>	4/6/7	地理子遗 Geo-relict	东亚分布 East Asia
128	山茱萸科 Cornaceae	山茱萸属 <i>Cornus</i>	12/25/55	分类子遗 Tax-relict	北温带分布 North Temperate
129	五列木科 Pentaphylacaceae	茶梨属 <i>Anneslea</i>	1/1/3	分类子遗 Tax-relict	热带亚洲分布 Tropics Asia
130	五列木科 Pentaphylacaceae	五列木属 <i>Pentaphyllax</i>	1/1/1	分类子遗 Tax-relict	热带亚洲分布 Tropics Asia
131	山茶科 Theaceae	紫茎属 <i>Stewartia</i>	5/15/20	地理子遗 Geo-relict	东亚及北美间断分布 East Asia & North America Disjuncted
132	安息香科 Styracaceae	赤杨叶属 <i>Alniphyllum</i>	1/3/3	地理子遗 Geo-relict	热带亚洲分布 Tropics Asia
133	安息香科 Styracaceae	山茱萸属 <i>Huodendron</i>	1/3/4	分类子遗 Tax-relict	热带亚洲分布 Tropics Asia
134	安息香科 Styracaceae	陀螺果属 <i>Melliiodendron</i>	1/1/1	地理子遗 Geo-relict	中国特有 Endemic to China
135	安息香科 Styracaceae	银钟花属 <i>Perkinsiodendron</i>	1/1/1	分类子遗 Tax-relict	中国特有 Endemic to China
136	安息香科 Styracaceae	白辛树属 <i>Pterostyrax</i>	2/2/3	地理子遗 Geo-relict	东亚分布 East Asia
137	安息香科 Styracaceae	木瓜红属 <i>Rehderodendron</i>	1/5/6	地理子遗 Geo-relict	东亚分布 East Asia
138	安息香科 Styracaceae	秤锤树属 <i>Sinojackia</i>	2/5/5	地理子遗 Geo-relict	中国特有 Endemic to China
139	猕猴桃科 Actinidiaceae	藤山柳属 <i>Clematoclethra</i>	1/1/1	分类子遗 Tax-relict	中国特有 Endemic to China
140	杜鹃花科 Ericaceae	吊钟花属 <i>Enkianthus</i>	3/7/12	分类子遗 Tax-relict	东亚分布 East Asia
141	杜鹃花科 Ericaceae	珍珠花属 <i>Lyonia</i>	1/5/6	分类子遗 Tax-relict	东亚及北美间断分布 East Asia & North America Disjuncted
142	杜鹃花科 Ericaceae	假沙晶兰属 <i>Monotropastrum</i>	1/2/2	分类子遗 Tax-relict	热带亚洲分布 Tropics Asia
143	杜仲科 Eucommiaceae	杜仲属 <i>Eucommia</i>	1/1/1	分类子遗 Tax-relict	中国特有 Endemic to China
144	丝缨花科 Garryaceae	桃叶珊瑚属 <i>Aucuba</i>	4/10/10	地理子遗 Geo-relict	东亚分布 East Asia
145	茜草科 Rubiaceae	香果树属 <i>Emmenopterys</i>	1/1/1	地理子遗 Geo-relict	热带亚洲分布 Tropics Asia
146	钩吻科 Gelsemiaceae	钩吻属 <i>Gelsemium</i>	1/1/3	地理子遗 Geo-relict	东亚及北美间断分布 East Asia & North America Disjuncted
147	夹竹桃科 Apocynaceae	杠柳属 <i>Periploca</i>	1/6/10	地理子遗 Geo-relict	世界广布 Cosmopolitan
148	夹竹桃科 Apocynaceae	毛药藤属 <i>Sindecchites</i>	1/1/1	地理子遗 Geo-relict	中国特有 Endemic to China
149	木犀科 Oleaceae	流苏树属 <i>Chionanthus</i>	2/7/80	地理子遗 Geo-relict	东亚及北美间断分布 East Asia & North America Disjuncted
150	车前科 Plantaginaceae	幌菊属 <i>Ellisiophyllum</i>	1/1/1	地理子遗 Geo-relict	热带亚洲分布 Tropics Asia

表2 (续) Table 2 (continued)

序号 科 No. Family	属 Genus	种数 No. of species	孑遗属类型 Relict type	属分布区类型 Genera areal type
151 车前科 Plantaginaceae	茶菱属 <i>Trapella</i>	1/1/2	地理孑遗 Geo-relict	东亚分布 East Asia
152 紫葳科 Bignoniaceae	梓属 <i>Catalpa</i>	1/4/13	分类孑遗 Tax-relict	东亚及北美间断分布 East Asia & North America Disjuncted
153 唇形科 Lamiaceae	毛药花属 <i>Bostrychanthera</i>	1/2/2	地理孑遗 Geo-relict	中国特有 Endemic to China
154 透骨草科 Phrymaceae	透骨草属 <i>Phryma</i>	1/1/1	地理孑遗 Geo-relict	东亚及北美间断分布 East Asia & North America Disjuncted
155 泡桐科 Paulowniaceae	泡桐属 <i>Paulownia</i>	4/6/7	地理孑遗 Geo-relict	东亚分布 East Asia
156 青菜叶科 Helwingiaceae	青菜叶属 <i>Helwingia</i>	2/4/4	分类孑遗 Tax-relict	东亚分布 East Asia
157 五福花科 Adoxaceae	接骨木属 <i>Sambucus</i>	2/4/10	地理孑遗 Geo-relict	北温带分布 North Temperate
158 桔梗科 Campanulaceae	袋果草属 <i>Peracarpa</i>	1/1/1	分类孑遗 Tax-relict	东亚分布 East Asia
159 睡菜科 Menyanthaceae	苳菜属 <i>Nymphoides</i>	3/6/57	分类孑遗 Tax-relict	世界广布 Cosmopolitan
160 忍冬科 Caprifoliaceae	双盾木属 <i>Dipelta</i>	1/3/3	地理孑遗 Geo-relict	中国特有 Endemic to China
161 忍冬科 Caprifoliaceae	猬实属 <i>Kolkwitzia</i>	1/1/1	分类孑遗 Tax-relict	中国特有 Endemic to China
162 忍冬科 Caprifoliaceae	锦带花属 <i>Weigela</i>	2/2/10	分类孑遗 Tax-relict	东亚分布 East Asia
163 五加科 Araliaceae	刺楸属 <i>Kalopanax</i>	1/1/1	分类孑遗 Tax-relict	东亚分布 East Asia
164 五加科 Araliaceae	人参属 <i>Panax</i>	2/8/11	分类孑遗 Tax-relict	东亚及北美间断分布 East Asia & North America Disjuncted
165 五加科 Araliaceae	通脱木属 <i>Tetrapanax</i>	1/1/1	地理孑遗 Geo-relict	中国特有 Endemic to China

4 罗霄山脉植物区系的残遗性

以中国大陆为主体的东亚地区,尤其是东南部亚热带季风区,是第三纪孑遗属、特有属的重要保存中心(Milne & Abbott, 2002; Qian & Ricklefs, 2004; Tang et al, 2018),那些特征属是中国东南部亚热带植物区系的重要特征(沈泽昊和张新时, 2000)。罗霄山脉分布有孑遗属 165 属,占罗霄山脉总属数的 14.90%,充分体现了其区系的古老性、残遗性。本地区分布的 55 个中国特有属,同样以具有木本生态型的古特有属占优势,如银杉属、银杏属、青檀属、伯乐树属等,在地质时期均具有丰富而广泛的化石记录,无疑地处中国东南部季风区的罗霄山脉是重要的第三纪孑遗植物群重要的保存地之一。

罗霄山脉地区所分布的孑遗属、古特有属是第三纪时期的北方热带植物群(boreotropical flora) (Wolfe, 1975)及北极-第三纪植物群(Arcto-Tertiary flora) (Engler, 1879; Mai, 1991)的残遗成分,在地质时期气候波动的影响下进一步演化、变迁形成了现代分布格局。古近纪古植物群研究表明,罗霄山脉北段曾受干旱气候带的严重影响,发展成为副热带干旱植物区,而南段则孕育出常绿-落叶阔叶林植被型(陶君容,1992)。这里所指的常绿-落叶阔叶林植被型,与Wolfe (1975)提出的第三纪北方热带植物群中温植物(mesotherms flora),以及现代亚热带起源性质的华夏植物区系(张宏达, 1962)是相一致的。以现代分布中心在南岭、云贵高原地区的常绿植物为代表,如蕈树属(*Altingia*)、水丝梨属(*Sycopsis*)、

秀柱花属(*Eustigma*)、茶梨属(*Anneslea*)、五列木属(*Pentaphylax*)、马蹄荷属(*Exbucklandia*)、木莲属(*Manglietia*)、棱果花属、油杉属(*Keteleeria*)等,属于热带亚洲分布的孑遗属,这可能是第三纪时期的北方热带植物区系成分向罗霄山脉渗入的结果。

青藏高原抬升之后,东亚季风气候逐步形成(An et al, 2001, Sun & Wang, 2005),中国中部的干旱带范围西移(陶君容, 2000),使得罗霄山脉地区进一步成为北极-第三纪成分和北热带成分的交汇、保存中心。北极-第三纪植物群是晚白垩纪和古近纪时期分布于泛北极地区的落叶阔叶林植被(Engler, 1879; Chaney, 1947; Mai, 1991),在中新世以来的气候波动的影响下逐渐破碎化,其现代分布区类型呈现出泛北极、东亚-欧洲-北美间断分布、东亚北美间断分布、东亚分布、北美分布、欧亚分布等模式(Mai, 1991)。罗霄山脉分布的孑遗属中,如胡桃属(*Juglans*)、七叶树属(*Aesculus*)、山茱萸属(*Cornus*)、冷杉属(*Abies*)、鹅掌楸属(*Liriodendron*)、紫茎属(*Stewartia*)、银钟花属、金钱松属、蓝果树属(*Nyssa*)、檫木属(*Sassafras*)、枳椇属(*Hovenia*)、刺楸属(*Kalopanax*)、金缕梅属(*Hamamelis*)等均是北极-第三纪植物群的特征性成分(Engler, 1882; Chaney, 1947; 孙航, 2002; 周浙昆和Momohara, 2005),其中中新世以来的全球气候整体降温的影响下,因分布区逐渐缩减而残存至罗霄山脉地区。

第四纪的气候波动造成大陆东南部植被带向南迁移,大量古老孑遗属、特有属的分布区在冰期的影响下,不断退缩至中国亚热带山地避难所(Harrison

et al, 2001; Manchester et al, 2009; Wang et al, 2009)。子遗种、古特有种的丰富程度是判断一个地区是否为生物避难所的参考指标(胡忠俊, 2013), 廖文波等(2014)针对井冈山、武夷山、峨眉山等地区子遗种的丰富程度进行了比较, 认为地处罗霄山脉中段的井冈山地区是重要的生物避难所。近年来针对银杉(*Cathaya argyrophylla*) (Wang & Ge, 2006)、大血藤(*Sargentodoxa cuneata*) (Tian et al, 2015)、青钱柳属(Kou et al, 2016)、槲木(*Loropetalum chinense*) (Gong et al, 2016)、血水草(*Eomecon chionantha*) (Tian et al, 2018)、福建柏(Yin et al, 2020)等子遗种的谱系地理学研究, 亦证实罗霄山脉在冰期-间冰期是重要的生物保存地及重新扩散的源头。

罗霄山脉地区植物区系的特有及残遗现象形成受到了历史时期气候带变迁的强烈影响, 既保存有丰富的北方热带植物群子遗成分, 同时也有丰富的北极-第三纪子遗成分。这使得本地区种子植物古特有属和子遗现象非常明显, 包括丰富的系统地位孤立、古老的裸子植物、被子植物类群。尤其是许多特征性的子遗植物群落, 如在低海拔地区保存有大果马蹄荷(*Exbucklandia tonkinensis*)、蕈树(*Altingia chinensis*)、木莲(*Manglietia fordiana*)等季雨林性质的常绿阔叶林群落; 中海拔分布有蓝果树(*Nyssa sinensis*)、檫木(*Sassafras tzumu*)、伯乐树、银钟花(*Perkinsiodendron macgregorii*)等落叶性阔叶林群落; 以及温性、暖温性的福建柏(*Fokienia hodginsii*)、穗花杉(*Amentotaxus argotaenia*)、资源冷杉、银杉、长苞铁杉(*Nothotsuga longibracteata*)等占优势的针叶林、针阔叶混交林群落。毫无疑问, 罗霄山脉尤其是其中、南段是一个典型避难所性质的第三纪子遗植物群, 具有重要的生物多样性研究和保护价值。

参考文献

- An Z, Kutzbach JE, Prell WL, Porter SC (2001) Evolution of Asian monsoon and phased uplift of the Himalaya-Tibetan Plateau since late Miocene time. *Nature*, 411, 62–66.
- APG IV (2016) An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181, 1–20.
- Chaney RW (1947) Tertiary centers and migration routes. *Ecological Monographs*, 17, 139–148.
- Chang HD (1962) Floristic characteristics of Guangdong Province. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 7(1), 1–34. (in Chinese with English abstract) [张宏达 (1962) 广东植物区系的特点. 中山大学学报(自然科学版), 7(1), 1–34.]
- Editorial Committee of Flora of Jiangxi (2004) *Flora of Jiangxi* (Vol. 2). China Science and Technology Press, Beijing. (in Chinese) [江西植物志编委会 (2004) 江西植物志 (第2卷). 中国科学技术出版社, 北京.]
- Editorial Committee of Flora of Jiangxi (2014) *Flora of Jiangxi* (Vol. 3). Jiangxi Science and Technology Press, Nanchang. (in Chinese) [江西植物志编委会 (2014) 江西植物志 (第3卷). 江西科学技术出版社, 南昌.]
- Engler A (1879) Versuch einer Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt, insbesondere der Florengebiete seit der Tertiärperiode, 1. die extratropischen Gebiete der nördlichen Hemisphäre. Leipzig, W. Engelmann.
- Engler A (1882) Versuch einer Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt, insbesondere der Florengebiete seit der Tertiärperiode, Vol. Leipzig, W. Engelmann.
- Feng G, Mao LF, Sandel B, Swenson N, Svenning J (2016) High plant endemism in China is partially linked to reduced glacial-interglacial climate change. *Journal of Biogeography*, 43, 145–154.
- Gong Q, Liu WZ, Gu L, Kaneko S, Koch MA, Zhang DX (2016) From glacial refugia to wide distribution range: Demographic expansion of *Loropetalum chinense* (Hamamelidaceae) in Chinese subtropical evergreen broadleaved forest. *Organisms Diversity and Evolution*, 16, 23–38.
- Habel JC, Assmann T (2010) *Relict Species: Phylogeography and Conservation Biology*. Springer-Verlag, New York.
- Harrison SP, Yu G, Takahara H, Prentice IC (2001) Diversity of temperate plants in East Asia. *Nature*, 413, 129–130.
- Hu ZJ, Zhang YL, Liu LS, Yu HB (2013) Refugia and their identification methods: A review. *Chinese Journal of Ecology*, 32, 3397–3406. (in Chinese with English abstract) [胡忠俊, 张懿理, 刘林山, 于海彬 (2013) 生物避难所及其识别方法评述. 生态学杂志, 32, 3397–3406.]
- Huang JH, Chen JH, Ying JS, Ma KP (2011) Features and distribution patterns of Chinese endemic seed plant species. *Journal of Systematics and Evolution*, 49, 81–94.
- Huang JH, Ma KP, Chen B (2014) *Diversity and Geographical Distributions of Chinese Endemic Seed Plants*. Higher Education Press, Beijing. (in Chinese) [黄继红, 马克平, 陈彬 (2014) 中国特有种子植物的多样性及其地理分布. 高等教育出版社, 北京.]
- Ji CF, Qian P, Yang QP, Yang GY, Qiu LH, Yu F, Jie ZP (2010) Research on floristic characteristics, geographical distributions and life-forms of plants endemic to Jiangxi Province. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 28, 153–160. (in Chinese with English abstract) [季春峰, 钱萍, 杨清培, 杨光耀, 裘利洪, 于芬, 揭正平 (2010) 江西特有植物区系、地理分布及生活型研究. 武汉植物研究, 28, 153–160.]
- Kier G, Kreft H, Lee TM, Jetz W, Ibsch PL, Nowicki C,

- Mutke J, Barthlott W (2009) A global assessment of endemism and species richness across island and mainland regions. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 106, 9322–9327.
- Kou YX, Cheng SM, Tian S, Li B, Fan DM, Chen YJ, Soltis DE, Soltis PS, Zhang ZY (2016) The antiquity of *Cyclocarya paliurus* (Juglandaceae) provides new insights into the evolution of relict plants in subtropical China since the late Early Miocene. *Journal of Biogeography*, 43, 351–360.
- Li BG, Liu LH (2010) *Flora of Hunan* (Vol. 3). Hunan Science and Technology Press, Changsha. (in Chinese) [李丙贵, 刘林翰 (2010) 湖南植物志 (第3卷). 湖南科学技术出版社, 长沙.]
- Li DZ, Chen ZD, Wang H, Lu AM (2018) *A Dictionary of the Families and Genera of Chinese Vascular Plants*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [李德铎, 陈之端, 王红, 路安民 (2018) 中国维管植物科属词典. 科学出版社, 北京.]
- Liao QS, Liu JH, Xiong MZ (2008) The diversity and protection of the rare and endangered endemic plant species in Wugong Mountain. *Journal of Pingxiang College*, 25(3), 79–83. (in Chinese with English abstract) [廖铅生, 刘江华, 熊美珍 (2008) 萍乡市武功山稀有濒危、特有植物的多样性及其保护. 萍乡高等专科学校学报, 25(3), 79–83.]
- Liao WB, Wang YY, Li Z, Peng SL, Chen CC, Fan Q, Jia FL, Wang L, Liu WQ, Yin GS, Shi XG, Zhang DD (2014) *Integrated Study on Biodiversity of Mount Jinggangshan Regions in China*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [廖文波, 王英永, 李贞, 彭少麟, 陈春泉, 凡强, 贾凤龙, 王蕾, 刘蔚秋, 尹国胜, 石祥刚, 张丹丹 (2014) 中国井冈山地区生物多样性综合科学考察. 科学出版社, 北京.]
- Liu KM (2000) *Flora of Hunan* (Vol. 2). Hunan Science and Technology Press, Changsha. (in Chinese) [刘克明 (2000) 湖南植物志 (第2卷). 湖南科学技术出版社, 长沙.]
- Liu RL, Zhang ZX, Liao WM (2010) *Plant List of Jiangxi Seed Plants*. China Forestry Publishing House, Beijing. (in Chinese) [刘仁林, 张志翔, 廖为明 (2010) 江西种子植物名录. 中国林业出版社, 北京.]
- Lomolino MV, Riddle BR, Brown JH (2006) *Biogeography*. Sinauer Associates, Sunderland.
- Mai DH (1991) Paleofloristic changes in Europe and the confirmation of the Arctotertiary-Paleotropical geofloral concept. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 68, 29–36.
- Manchester SR, Chen ZD, Lu AM, Uemura K (2009) Eastern Asian endemic seed plant genera and their paleogeographic history throughout the Northern Hemisphere. *Journal of Systematics and Evolution*, 47, 1–42.
- Milne RL, Abbott RJ (2002) The origin and evolution of Tertiary relict flora. *Advances in Botanical Research*, 38, 281–314.
- Qian H, Ricklefs RE (2004) Geographical distribution and ecological conservatism of disjunct genera of vascular plants in eastern Asia and eastern North America. *Journal of Ecology*, 92, 253–265.
- Shen ZH, Zhang XS (2000) A quantitative analysis on the floristic elements of the Chinese subtropical region and their spatial patterns. *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 38, 366–380. (in Chinese with English abstract) [沈泽昊, 张新时 (2000) 中国亚热带地区植物区系地理成分及其空间格局的数量分析. 植物分类学报, 38, 366–380.]
- Sun H (2002) Evolution of Arctic-Tertiary flora in Himalayan-Hengduan Mountains. *Acta Botanica Yunnanica*, 24, 671–688. (in Chinese with English abstract) [孙航 (2002) 北极-第三纪成分在喜马拉雅-横断山的发展及演化. 云南植物研究, 24, 671–688.]
- Sun XJ, Wang PX (2005) How old is the Asian monsoon system? *Palaeobotanical records from China*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 222, 181–222.
- Tang CQ, Matsui T, Ohashi H, Dong YF, Momohara A, Herrando-Moraira Sonia, Qian SQ, Yang YC, Ohsawa M, Luu HT, Grote PJ, Krestov PV, LePage B, Werger M, Robertson K, Hobohm C, Wang CY, Peng MC, Chen X, Wang HC, Su WH, Zhou R, Li SF, He LY, Yan K, Zhu MY, Hu J, Yang RH, Li WJ, Tomita M, Wu ZL, Yan HZ, Zhang GF, He H, Yi SR, Gong HD, Song K, Song D, Li XS, Zhang ZY, Han PB, Shen LQ, Huang DS, Luo K, López-Pujol J (2018) Identifying long-term stable refugia for relict plant species in East Asia. *Nature Communications*, 9, 4488.
- Tao JR (1992) The Tertiary vegetation and flora and floristic regions in China. *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 30, 25–43. (in Chinese with English abstract) [陶君容 (1992) 中国第三纪植被和植物区系历史及分区. 植物分类学报, 30, 25–43.]
- Tao JR (2000) *The Evolution of the Late Cretaceous-Cenozoic Floras in China*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [陶君容 (2000) 中国晚白垩世至新生代植物区系发展演变. 科学出版社, 北京.]
- Tian L, Kou YX, Zhang Z, Yuan L, Li DR, López-Pujol J, Fan DM, Zhang ZY (2018) Phylogeography of *Eomeconchionantha* in subtropical China: The dual roles of the Nanling Mountains as a glacial refugium and a dispersal corridor. *BMC Evolutionary Biology*, 18, 20.
- Tian S, Lei SQ, Hu W, Deng LL, Meng QL, Soltis DE, Soltis PS, Fan DM, Zhang ZY (2015) Repeated range expansions and inter-/postglacial recolonization routes of *Sargentodoxa cuneata* (Oliv.) Rehd. et Wils. (Lardizabalaceae) in subtropical China revealed by chloroplast phylogeography. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 85, 238–246.
- Wang HS (1992) *Floristic Geography*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [王荷生 (1992) 植物区系地理. 科学出版社, 北京.]
- Wang HW, Ge S (2006) Phylogeography of the endangered *Cathaya argyrophylla* (Pinaceae) inferred from sequence variation of mitochondrial and nuclear DNA. *Molecular Ecology*, 15, 4109–4122.
- Wang J, Gao PX, Kang M, Lowe AJ, Huang HW (2009) Refugia within refugia: The case study of a canopy tree (*Eurycorymbus cavaleriei*) in subtropical China. *Journal of*

- Biogeography, 336, 2156–2164.
- Wang L, Liao WB, Chen CQ, Fan Q (2013) The seed plant flora of the Mount Jinggangshan region, Southeastern China. *PLoS ONE*, 8, e75834.
- Wang LS, Jia Y, Zhang XC, Qin HN (2018) Species Catalogue of China (Vol. 1: Plants, A Synoptic Checklist I–III). Science Press, Beijing. (in Chinese) [王利松, 贾渝, 张宪春, 覃海宁 (2018) 中国生物物种名录 (第一卷 植物 总名录 I–III) 科学出版社, 北京.]
- Wang W, Zhang XX, Chen ZD, Lu AM (2017) Comments on the APG's classification of angiosperms. *Biodiversity Science*, 25, 418–426. (in Chinese with English abstract) [王伟, 张晓霞, 陈之端, 路安民 (2017) 被子植物APG分类系统评论. 生物多样性, 25, 418–426.]
- Wolfe JA (1975) Some aspects of plant geography of the Northern Hemisphere during the late Cretaceous and Tertiary. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 62, 264–279.
- Wu ZY, Sun H, Zhou ZK, Li DZ, Peng H (2010) Floristics of Seed Plants from China. Science Press, Beijing. (in Chinese) [吴征镒, 孙航, 周浙昆, 李德铎, 彭华 (2010) 中国种子植物区系地理. 科学出版社, 北京.]
- Wu ZY, Wu SG (1996) A proposal for a new floristic kingdom (realm)—The E. Asiatic kingdom, its delineation and characteristics. In: *Floristic Characteristics and Diversity of East Asian Plants* (eds Zhang AL, Wu SG), pp. 3–4. Higher Education Press, Beijing, and Springer Verlag, Berlin.
- Wu ZY, Zhou ZK, Sun H, Li DZ, Peng H (2006) The Areal-types of Seed Plants and Their Origin and Differentiation. Yunnan Science & Technology Press, Kunming. (in Chinese) [吴征镒, 周浙昆, 孙航, 李德铎, 彭华 (2006) 种子植物分布区类型及其起源和分化. 云南科技出版社, 昆明.]
- Wulff EV, Brissenden E (1943) An Introduction to Historical Plant Geography. *Chronica Botanica*, Waltham.
- Xie GW, Wang HY, Lai XR, Tan CM, Nong ZL (1995) Diversity and conservation of Chinese endemic genera of the flora in Jiuling-Mufu Mountains. *Chinese Bulletin of Botany*, 12, 90–95. (in Chinese with English abstract) [谢国文, 汪红燕, 赖小荣, 谭策铭, 农植林 (1995) 九岭幕阜山植物区系中的特有属的多样性及其保护. 植物学通报, 12, 90–95.]
- Yin QY, Fan Q, Li P, Truong DV, Zhao WY, Zhou RC, Chen SF, Liao WB (2020) Neogene and Quaternary climate changes shaped the lineage differentiation and demographic history of *Fokienia hodginsii* (Cupressaceae s.l.), a Tertiary relict in East Asia. *Journal of Systematics and Evolution*, doi.org/10.1111/jse.12582.
- Ying JS, Chen ML (2011) *Plant Geography of China*. Shanghai Science and Technology Press, Shanghai. (in Chinese) [应俊生, 陈梦玲 (2011) 中国植物地理. 上海科学技术出版社, 上海.]
- Ying JS, Zhang YL (1994) *Endemic Genus to Chinese Seed Plants*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [应俊生, 张玉龙 (1994) 中国种子植物特有属. 科学出版社, 北京.]
- Zhang GF (2001) Some notable questions of studies on flora—to discuss with Mr. Sun Ye-gen. *Bulletin of Botanical Research*, 21, 31–33. (in Chinese with English abstract) [张光富 (2001) 植物区系研究中值得注意的几个问题——兼与孙叶根先生商榷. 植物研究, 21, 31–33.]
- Zhao WY (2017) *The Floristic Phytogeography of Spermatophyte Flora in Luoxiao Range*. PhD dissertation, Sun Yat-sen University, Guangzhou. (in Chinese with English abstract) [赵万义 (2017) 罗霄山脉种子植物区系地理学研究. 博士学位论文, 中山大学, 广州.]
- Zhou ZK, Momohara A (2005) Fossil history of some endemic seed plants of East Asia and its phytogeographical significance. *Acta Botanica Yunnanica*, 27, 449–470. (in Chinese with English abstract) [周浙昆, Momohara A (2005) 一些东亚特有种子植物的化石历史及其植物地理学意义. 云南植物研究, 27, 449–470.]

(责任编辑: 王志恒 责任编辑: 黄祥忠)

附录 Supplementary Material

附录1 罗霄山脉种子植物区系的中国特有属

Appendix 1 Chinese endemic genera of seed plants in the Luoxiao Mountains
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019263-1.pdf>

附录2 罗霄山脉种子植物区系的中国特有种

Appendix 2 Chinese endemic species of seed plants in the Luoxiao Mountains
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019263-2.pdf>

附录3 罗霄山脉种子植物区系的子遗种

Appendix 3 Relict species of seed plants in the Luoxiao Mountains
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019263-3.pdf>