

秦新生, 张荣京, 邢福武. 海南石灰岩地区的种子植物区系[J]. 华南农业大学学报, 2014, 35(3):90-99.

海南石灰岩地区的种子植物区系

秦新生^{1,2}, 张荣京^{2,3}, 邢福武²

(1 华南农业大学 林学院, 广东 广州 510642; 2 中国科学院 华南植物园, 广东 广州 510650;
3 华南农业大学 生命科学学院, 广东 广州 510642)

摘要:【目的】了解海南石灰岩地区种子植物区系组成、性质等基本特征。【方法】野外实地调查、标本采集与鉴定, 数据统计分析。【结果和结论】海南石灰岩地区现共记录种子植物 1 176 种 58 变种 1 变型, 隶属于 142 科 645 属, 其中裸子植物 5 科 5 属 7 种, 被子植物 137 科 640 属 1 169 种 58 变种 1 变型。具有明显的热带性质, 以热带、亚热带成分尤其是热带亚洲成分为主, 热带、亚热带成分分别占总科数和总属数的 73.24% 和 87.75%; 温带成分在海南石灰岩地区得到一定的发展, 温带性质科占总科数的 11.97%, 属占总属数的 7.29%。该地区物种丰富, 以占不到全岛 2% 的面积, 分布高达 27.26% 的种类, 但属内种类较为贫乏, 以单种科和寡种科为主, 共计 113 科, 占总科数的 79.58%; 中国特有属有 2 属。

关键词:海南; 种子植物; 区系; 石灰岩

中图分类号: Q948

文献标志码: A

文章编号: 1001-411X(2014)03-0090-10

Flora of seed plants in the limestone areas of Hainan

QIN Xinsheng^{1,2}, ZHANG Rongjing^{2,3}, XING Fuwu²

(1 College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;
2 South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China;
3 College of Life Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract:【Objective】The purpose of this study was to reveal the floristic composition and characteristics of seed plants in limestone areas in Hainan. 【Method】Extensive field work, specimens collection and identification were conducted to collect data for the analysis. 【Result and conclusion】A total of 1 176 species, 58 varieties and 1 forma belonging to 645 genera and 142 families were recorded. The tropical and subtropical distribution elements, especially tropical Asia ones, were dominant in the limestone flora in Hainan. The tropical and subtropical distribution families accounted for 73.24% of the total and the genera accounted for 87.75%. The proportions of temperate distribution families and genera accounted for 11.97% and 7.29%, respectively. The limestone areas contributed about 27.26% to the total number of species with less than 2% land area of the whole island. However, many genera include only one or very few species. There are 113 single and few species families, accounting for 79.58% of the total families. There are 2 genera endemic to China.

Key words: Hainan; seed plants; flora; limestone

收稿日期: 2013-07-26 优先出版时间: 2014-03-31

优先出版网址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.7671/j.issn.1001-411X.2014.03.017.html>

作者简介: 秦新生(1979—), 男, 副教授, 博士, E-mail: qinxinsheng@scau.edu.cn; 通信作者: 邢福武(1956—), 男, 研究员, E-mail: xinfw@scbg.ac.cn

基金项目: 国家自然科学基金(30270122); 国家科技基础性工作专项(2008FY110400)

<http://xuebao.scau.edu.cn>

全球岩溶地貌分布广泛,主要集中分布在欧洲地中海沿岸、美国东部和中国西南部,总面积达 $2.2 \times 10^7 \text{ km}^2$,占陆地面积的15%;中国岩溶地貌面积达 $3.34 \times 10^6 \text{ km}^2$,约占国土面积的30%,主要分布在贵州、广西、云南、四川、湖南、湖北等省份^[1-3]。中国石灰岩植物研究起步较晚,直到20世纪50年代初期才有侯学煜^[4]开始研究中国境内钙质土的指示植物及钙质土上的植物群落。梁畴芬等^[5]是国内进行石灰岩植物区系研究的开创者,20世纪70年代他们对广西弄岗石灰岩地区进行了较为详尽的植物区系和植被研究工作。

海南植物种类丰富,植物采集、研究的历史悠久,但海南石灰岩地区由于大部分地处偏远山区,交通、食宿不便,在20世纪80年代以前仍鲜为人知,植物标本采集也少人涉猎。作者自2002—2006年在海南石灰岩地区进行植物区系和植被调查,2007—2012年陆续有补充调查,采集植物标本累计3 000余份,全部存放在中国科学院华南植物园标本馆(IBSC),在此基础上对海南石灰岩地区植物区系组成、性质进行统计分析,以期为海南植物区系及中国石灰岩植物区系的起源、形成和演化等研究提供基础依据。

1 自然概况

海南岛位于中国南端,面积约3.4万km²,是中国仅次于台湾的第二大岛。全岛气候温和,年平均气温22~26℃,终年无霜雪,雨量充沛,年平均降雨量为1 500~2 000 mm,具有我国最为典型的热带季风气候^[6]。根据笔者近年来实地考察,现已发现海南6个县(市)有石灰岩分布,总面积约达400 km²(图1)。

2 研究方法

在资料收集的基础上,分不同的季节进行植物标本采集,从不同的海拔高度、坡向、生境等选取不同的采集路线,做到所列名录均有凭证标本。裸子植物和被子植物分类分别采用郑万钧系统^[7]和Hutchinson J^[8]系统。科、属的分布区类型参考吴征镒等^[9-11]的划分方法。

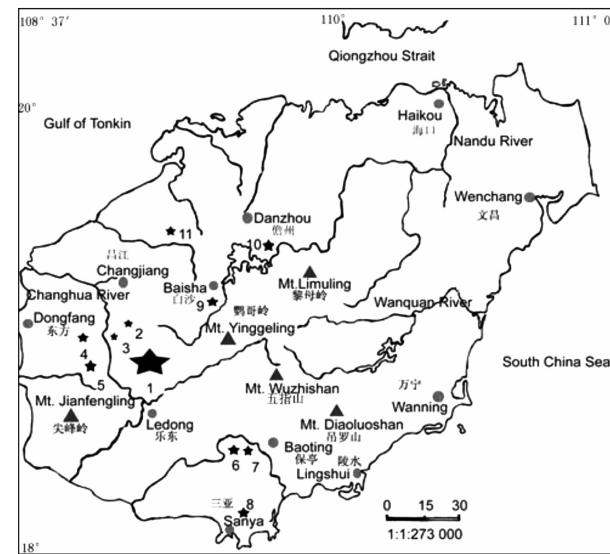
科、属的相似性系数^[12](S)=[共有的科数(属数)/甲乙两地总科数(属数)]×100。

3 结果与分析

3.1 种子植物区系组成

3.1.1 数量特征 根据实地调查,并参考现有的研究资料^[13-16],海南石灰岩地区共统计有野生种子植

物1 176种58变种1变型,隶属于142科645属,其中裸子植物5科5属7种,被子植物137科640属1 169种58变种1变型(表1)。



“●”表示县(市);“▲”表示山岭;“★”表示石灰岩地区,其中,1为昌江县王下乡与东方市东河镇南浪村交界处(俄贤岭),2为昌江县霸王岭泥下村机报山(燕窝岭),3为东方市东河镇红村,4为东方市天安乡雅隆村小桂林,5为东方市江边乡白查村和东河镇报白苗村猕猴洞,6、7为保亭县毛感乡仙安石林和千龙洞,8为三亚市荔枝沟镇落笔洞,9为白沙县白沙镇向民蝙蝠洞,10为儋州市南洋镇观音洞,11为儋州市雅星镇英岛山溶洞。

图1 海南石灰岩地区分布图

Fig. 1 The distribution map of the limestone areas in Hainan

表1 海南石灰岩地区种子植物数量组成统计

Tab. 1 The number of seed plants in the limestone areas in Hainan

分类单位	种子植物数量		占海南 比例/%	占中国 比例/%
	海南	海南 ^[17-18]		
裸子植物				
科	5	6	83.33	50.00
属	5	10	50.00	14.71
种	7	28	25.00	2.80
被子植物				
科	137	220	62.27	41.90
属	640	1 320	48.48	19.72
种及种下单位	1 228	4 502	约2.6万	27.28
				4.72

海南石灰岩地区裸子植物种类较为贫乏,仅占该地区种子植物总数的0.57%,以热带、亚热带成分为主。被子植物约占种子植物总数的99.43%,是该地区植物区系的主要组成部分。种子植物以单种科和寡种科(2~10种)为主,单种科和寡种科共计113科,占总科数的79.58%。

3.1.2 优势科和表征科 在植被或植物群落中占优势或所含种类相对较多的科,常被称为某一地区植物区系的优势科^[22-23].该地区所含种类10种以上

的科有40科(表2),单属单种科有32科.兰科、大戟科、茜草科、蝶形花科、桑科等所含种类均在10种以上,且在群落中占优势.而禾本科、莎草科、菊科、旋

表2 海南石灰岩地区种子植物的科(10种以上)大小排列

Tab. 2 The families(≥ 10 species) of seed plants in the limestone areas in Hainan

科名	海南石灰岩地区		世界区系 ^[24-25]		海南石灰岩占世界比例/%	
	属数	种数	属数	种数	属数	种数
兰科 Orchidaceae	36	92	869	18 500	4.14	0.50
大戟科 Euphorbiaceae	39	88	320	8 000	12.19	1.10
茜草科 Rubiaceae	38	81	606	10 200	5.52	0.79
禾本科 Poaceae	39	55	688	9 500	5.67	0.58
蝶形花科 Papilionaceae	26	51	634	17 275	4.10	0.30
莎草科 Cyperaceae	9	39	80	4 300	11.25	0.91
桑科 Moraceae	8	36	37	1 100	21.62	3.27
樟科 Lauraceae	12	31	45	2 500	21.67	1.24
菊科 Compositae	18	28	1 509	22 750	1.19	0.12
番荔枝科 Annonaceae	12	28	120	2 150	10.00	1.30
紫金牛科 Myrsinaceae	4	24	42	1 600	9.52	1.50
芸香科 Rutaceae	10	23	156	1 650	6.41	1.39
爵床科 Acanthaceae	17	19	228	3 925	7.46	0.48
荨麻科 Urticaceae	9	19	45	1 000	20.00	1.90
棟科 Meliaceae	9	18	50	600	18.00	3.00
梧桐科 Sterculiaceae	9	17	67	1 500	13.43	1.13
旋花科 Convolvulaceae	10	16	56	1 600	17.86	1.00
苦苣苔科 Gesneriaceae	10	16	133	2 600	7.52	0.62
马鞭草科 Verbenaceae	7	15	31	1 070	22.58	1.40
无患子科 Sapindaceae	12	14	131	1 350	9.16	1.04
天南星科 Araceae	11	14	105	2 550	10.48	0.55
葫芦科 Cucurbitaceae	11	14	110	868	10.00	1.61
唇形科 Labiatae	9	14	294	5 600	3.06	0.25
防己科 Menispermaceae	9	14	72	450	12.50	3.11
夹竹桃科 Apocynaceae	11	13	165	1 900	6.67	0.68
野牡丹科 Melastomataceae	4	13	182	4 200	2.20	0.31
葡萄科 Vitaceae	5	13	74	800	6.76	1.63
萝藦科 Asclepiadaceae	8	12	260	3 000	3.08	0.40
锦葵科 Malvaceae	6	12	116	1 600	5.17	0.75
桃金娘科 Myrtaceae	5	12	130	4 200	3.85	0.29
榆科 Ulmaceae	4	12	15	180	26.67	6.67
姜科 Zingiberaceae	4	12	50	1 300	8.00	0.92
鸭跖草科 Commelinaceae	6	11	40	640	15.00	1.72
五加科 Araliaceae	6	10	50	1 200	12.00	0.83
百合科 Liliaceae	6	10	11	560	54.55	1.79
棕榈科 Palmaceae	6	10	190	2 325	3.16	0.43
苏木科 Caesalpiniaceae	5	10	153	2 175	3.27	0.46
椴树科 Tiliaceae	5	10	46	450	10.87	2.22
白花菜科 Capparidaceae	4	10	35	540	11.43	1.85
壳斗科 Fagaceae	4	10	7	790	57.14	1.27

花科、唇形科、锦葵科等所含种类虽也在 10 种以上,但其多为世界广布种,且多分布在石灰岩山区农田、坡耕地和植被被破坏后的灌丛、林缘空旷处,在植被保存较好的林内并不多见。使君子科 Combretaceae、千屈菜科 Lythraceae、紫葳科 Bignoniaceae、天料木科 Samydaceae、大风子科 Flacourtiaceae 和清风藤科 Sabiaceae 等科所含种类虽然在 10 种以下,但这些种类在群落中出现的频率相对较高。按各科所含属数占世界属数的百分比排序,排在前面的科在一定程度上能反映该地区植物区系的发生特征,可视为该植物区系起源意义上的代表科^[22-23]。该地区被子植物优势科中,按其所含属数占世界属数的比例从大到小排序依次为壳斗科、百合科、榆科、马鞭草科、樟科、桑科、荨麻科、棟科、旋花科、梧桐科、防己科、大戟科、五加科、白花菜科、莎草科、椴树科、番荔枝科、紫金牛科、天南星科等,而按所含种占世界种数的比例排序,排在前面的为榆科、桑科、防己科、棟科、椴树科、荨麻科、白花菜科、百合科、葡萄科和紫金牛科等。

3.1.3 属的大小统计 种子植物含 5 种以上的属有 48 属(表 3),占种子植物总属数的 7.44%;该地区主要由单种属组成,有 387 属,占总属数的 60%。

被子植物中以榕属(24 种)所含种类最多,从海拔 100 m 以下的山脚、密林一直到海拔 1 000~1 200 m 的裸露山顶均有分布;其次是紫金牛属(14 种),多分布在密林中,仅肉根紫金牛 *Ardisia crassinervosa* 分布在近裸露山顶灌丛;莎草属 *Cyperus*(13 种)虽然所含种类较多,但多生长在石灰岩山脚荒地、田野等潮湿生境,且多为广布种;石斛属(11 种)从密林到裸露山顶石上、树上均有分布,且数量较多;野桐属(9 种)为季雨林中常见的灌木至小乔木,林缘、密林和山顶均有分布;耳草属(9 种)植物多分布在林缘、荒坡;木姜子属(8 种)多分布在中海拔密林中,且少数种类数量较多;蒲桃属(8 种)从低海拔到高海拔均有,其中海南蒲桃 *Syzygium hainanense*、红鳞蒲桃 *S. hancei* 和短药蒲桃 *S. brachyantherum* 等数量较多;兰科植物在该地区分布较为广泛,其中很多分布于干燥的石灰岩山顶,如毛兰属(8 种)和羊耳蒜属(8 种)等。

除了以上属含种数量较多外,紫薇属 *Lagerstroemia*、青梅属 *Vatica*、榄仁属 *Terminalia*、翅子树属 *Pterospermum*、轮叶戟属 *Lasiococca*、厚皮树属 *Lannea*、猫尾木属 *Dolichandrone*、菜豆树属 *Radermachera* 以及桄榔属 *Arenga* 等虽然所含种类不多,但多为乔木层优势树种。扁担杆属 *Grewia*、破布叶属 *Microcos*、喜光花属 *Actephila*、留萼木属 *Blachia* 及仔榄树属 *Hunteria*

表 3 海南石灰岩地区种子植物含 5 种以上的属

Tab. 3 The genera (≥ 5 species) of seed plants in the limestone areas in Hainan

属名	种数	占总种数的比例/%
榕属 <i>Ficus</i>	24	1.94
紫金牛属 <i>Ardisia</i>	14	1.13
莎草属 <i>Cyperus</i>	13	1.05
石斛属 <i>Dendrobium</i>	11	0.89
野桐属 <i>Mallotus</i>	9	0.73
耳草属 <i>Hedysarum</i>	9	0.73
木姜子属 <i>Litsea</i>	8	0.65
蒲桃属 <i>Syzygium</i>	8	0.65
毛兰属 <i>Eria</i>	8	0.65
羊耳蒜属 <i>Liparis</i>	8	0.65
暗罗属 <i>Polyalthia</i>	7	0.57
叶下珠属 <i>Phyllanthus</i>	7	0.57
柿树属 <i>Diospyros</i>	7	0.57
茄属 <i>Solanum</i>	7	0.57
石豆兰属 <i>Bulbophyllum</i>	7	0.57
隔距兰属 <i>Cleisostoma</i>	7	0.57
兰属 <i>Cymbidium</i>	7	0.57
飘拂草属 <i>Fimbristylis</i>	7	0.57
樟属 <i>Cinnamomum</i>	6	0.49
梔果藤属 <i>Capparis</i>	6	0.49
五月茶属 <i>Antidesma</i>	6	0.49
粗叶木属 <i>Lasianthus</i>	6	0.49
山姜属 <i>Alpinia</i>	6	0.49
薯蓣属 <i>Dioscorea</i>	6	0.49
苔草属 <i>Carex</i>	6	0.49
丁香蓼属 <i>Ludwigia</i>	5	0.40
山龙眼属 <i>Helicia</i>	5	0.40
野牡丹属 <i>Melastoma</i>	5	0.40
谷木属 <i>Memecylon</i>	5	0.40
黄花稔属 <i>Sida</i>	5	0.40
土蜜树属 <i>Bridelia</i>	5	0.40
巴豆属 <i>Croton</i>	5	0.40
核果木属 <i>Drypetes</i>	5	0.40
羊蹄甲属 <i>Bauhinia</i>	5	0.40
黄檀属 <i>Dalbergia</i>	5	0.40
鱼藤属 <i>Derris</i>	5	0.40
崖豆藤属 <i>Millettia</i>	5	0.40
朴属 <i>Celtis</i>	5	0.40
杜茎山属 <i>Maesa</i>	5	0.40
球兰属 <i>Hoya</i>	5	0.40
龙船花属 <i>Ixora</i>	5	0.40
斑鸠菊属 <i>Vernonia</i>	5	0.40
厚壳树属 <i>Ehretia</i>	5	0.40
母草属 <i>Lindernia</i>	5	0.40
菝葜属 <i>Smilax</i>	5	0.40
扁莎属 <i>Pycreus</i>	5	0.40
黍属 <i>Panicum</i>	5	0.40
狗尾草属 <i>Setaria</i>	5	0.40
合计	325	26.32

等属所含种类也不多,但其种类多为灌木至小乔木层主要成分。草胡椒属 *Peperomia*、感应草属 *Biophytum*、唇柱苣苔属 *Chirita*、杜若属 *Pollia*、山麦冬属 *Liriope* 及球子草属 *Peliosanthes* 所含种类在草本层中较为常见。瓜馥木属 *Fissistigma*、钩枝藤属 *Ancistroladus*、翼核果属 *Ventilago*、崖爬藤属 *Tetrastigma* 及崖角藤属 *Raphidophora* 则是构成藤本层的重要成分。

3.2 海南石灰岩地区种子植物区系性质分析

3.2.1 科的分布区类型 根据科的地理分布特征,并参照前人的观点^[9-11],对海南石灰岩地区种子植物进行科的分布区类型划分(表4)。

表4 海南石灰岩地区种子植物科的分布区类型

Tab. 4 The distribution types of families of seed plants in the limestone areas in Hainan

分布区类型	科数	占除世界分布外 总科数的比例/%
世界分布	21	
泛热带分布	83	68.60
热带亚洲至热带美洲间断分布	4	3.31
旧世界热带分布	6	4.96
热带亚洲至热带大洋洲分布	1	0.83
热带亚洲至热带非洲分布	5	4.13
热带亚洲分布	5	4.13
温带分布	15	12.40
东亚和北美间断分布	2	1.65
合计	142	100

海南石灰岩地区以热带、亚热带分布科为主,占除世界分布外总科数的 85.95%,其中泛热带分布占 68.60%。该地区中包括典型的热带科,如龙脑香科 Dipterocarpaceae、毒鼠子科 Dichapetalaceae、五桠果科 Dilleniaceae 及金虎尾科 Malpighiaceae 等。种类较多的兰科、大戟科、茜草科、蝶形花科、桑科、番荔枝科等所含的属种均以热带、亚热带分布为主。

世界分布科有 21 科,除了马齿苋科 Portulacaceae、苋科 Amaranthaceae、菊科、车前草科 Plantaginaceae、旋花科、玄参科 Scrophulariaceae、唇形科、禾本科、莎草科等的多数种类常见于山间林缘、荒坡、田野外,其余世界分布科多见于林内。海南石灰岩地区的世界分布科多数虽然可以延伸分布到温带地区,但仍以热带、亚热带分布为主,并且较多属种是我国华南特别是海南和中南半岛、马来群岛甚至热带澳大利亚共有,如酢浆草科 Oxalidaceae 主产南美,其所含的分枝感应草 *Biophytum fruticosum* 分布于我国南部至中南半岛、马来西亚,感应草 *B. sensitivum* 则热带亚洲广布,这 2 种在海南石灰岩地区均较为常见。

温带分布科有 17 科,占除世界分布外总科数的

14.05%,但温带性科在该地区分布的各科所含属种数较少,如榛科 Corylaceae、胡颓子科 Elaeagnaceae、山茱萸科 Cornaceae、桔梗科 Campanulaceae、绣球花科 Hydrangeaceae 都仅含 1 属 1 种,毛茛科 Ranunculaceae、槭树科 Aceraceae 含 1 属 2 种,忍冬科 Caprifoliaceae 含 2 属 3 种,金缕梅科 Hamamelidaceae 含 3 属 4 种,这些成分在森林群落中出现的几率也较小。3.2.2 属的分布区类型 根据吴征镒等^[9-11]对中国种子植物属的分布区类型划分,该地区种子植物所含的 645 属可划分为 14 个分布区类型和 9 个变型(表 5)。

表5 海南石灰岩地区种子植物属的分布区类型

Tab. 5 The distribution types of genera of seed plants in the limestone areas in Hainan

分布区类型	属数	占除世界分布外 总属数的比例/%
世界分布	25	
泛热带分布	171	27.58
热带亚洲、大洋洲和南美洲(或墨西哥)间断	2	0.32
热带亚洲、非洲和南美洲间断	6	0.97
热带亚洲和热带美洲间断	14	2.26
旧世界热带分布	76	12.26
热带亚洲、非洲和大洋洲间断分布	8	1.29
热带亚洲至热带大洋洲	66	10.65
热带亚洲至热带非洲	56	9.03
热带亚洲和东非间断	2	0.32
热带亚洲(印度—马来西亚)分布	151	24.35
瓜哇、喜马拉雅和华南、西南星散	8	1.29
热带印度至华南	3	0.48
缅甸、泰国至华西南	2	0.32
越南(或东南半岛)至华南(或西南)	6	0.97
北温带分布	13	2.10
北温带和南温带间断分布	3	0.48
东亚和北美洲间断分布	13	2.10
旧世界温带分布	1	0.16
温带亚洲分布	1	0.16
地中海区、西亚至中亚分布	2	0.32
东亚(东喜马拉雅—日本)分布	14	2.26
中国特有分布	2	0.32
合计	645	100

世界分布的属有 25 属,如铁线莲属 *Clematis*、远志属 *Polygala*、蓼属 *Polygonum*、酢浆草属 *Oxalis*、悬钩子属 *Rubus*、白花丹属 *Plumbago* 等,其中木本属仅 3 属,即悬钩子属 *Rubus*、鼠李属 *Rhamnus* 和茄属 *Solanum* 部分种类;草本共有 22 属,占世界分布属的 88%,多分布在荒坡、水边、田野或山顶裸露处。

泛热带及其亚型分布的属共有 179 属,占非世界分布属数的 28.87%,所占比例最大,这些属所含的种类在植物群落中起着重要的作用,有的是群落中的优势类群。如榕属、厚壳桂属 *Cryptocarya*、核果木属 *Drypetes*、黄檀属 *Dalbergia*、榄仁属 *Terminalia* 等在乔木层起重要作用。灌木层常见的有巴豆属 *Croton*、风车子属 *Combretum*、铁苋菜属 *Acalypha*、山麻杆属 *Alchornea*、粗叶木属 *Lasianthus* 及棒柄花属 *Cleidion* 等。而牛膝属 *Achyranthes*、感应草属、凤仙花属 *Impatiens*、黄花稔属 *Sida*、草胡椒属 *Peperomia* 等则在林下或山顶草本层中占重要地位。藤本植物中常见的有锡叶藤属 *Tetracera*、羊蹄甲属 *Bauhinia*、鱼藤属 *Derris* 及崖豆藤属等。

热带亚洲和热带美洲间断分布的属有 14 属,占非世界分布属数的 2.26%。除了木姜子属在森林群落中占据重要地位,种类较多外,其余如雀梅藤属 *Sageretia*、水东哥属 *Saurauia*、山香圆属 *Turpinia*、槟榔青属 *Spondias* 以及竹茎兰属 *Tropidia* 等多为单种属或寡种属,它们在群落中不起主要作用,多分布在山脚、裸露石灰岩山顶、水边或海拔 200 m 以上的密林。

旧世界热带及其亚型分布的属有 84 属,占非世界分布属数的 13.55%。属于旧世界热带分布在乔木层占优势的有蒲桃属、暗罗属及猫尾木属等。灌木至小乔木层种类较多、分布较广的有野桐属、五月茶属及杜茎山属等。草本层主要有山姜属和杜若属。

热带亚洲至热带大洋洲分布的属有 66 属,占非世界分布属数的 10.65%。乔木层起重要作用的有樟属、山龙眼属、紫薇属、五桠果属 *Dillenia* 及桄榔属等。喜光花属以及赤才属 *Erioglossum* 等在灌木层中较常见。而毛兰属、隔距兰属等多分布在山顶裸露石灰岩岩石和树干上。藤本植物中以崖爬藤属、眼树莲属 *Dischidia* 及球兰属等常见。

热带亚洲至热带非洲分布的属有 56 属,占非世界分布属数的 9.03%。厚皮树属和仔榄树属虽然在海南石灰岩地区均仅 1 种,即厚皮树 *Lannea coromandelica* 和仔榄树 *Hunteria zeylanica*,但这 2 种在乔木层常见,是群落中的优势种,厚皮树也是该地区季雨林中的主要落叶树种之一。灌木至小乔木层以海漆属 *Excoecaria*、土蜜树属及龙船花属多见。藤本植物则以钩枝藤属、微花藤属 *Iodes* 居多,其中钩枝藤 *Ancistroladus tectorius* 是我国海南季雨林与东南亚、马来共有的热带植物种类。

热带亚洲及其变型分布共有 170 属,占非世界分布属数的 27.42%,是该地区除泛热带分布外的第 2 大分布类型。藤春属 *Alphonsea*、莲桂属 *Dehaasia*、轮廓

叶戟属、割舌树属 *Walsura* 及菜豆树属等在乔木层占据重要地位,东南亚热带雨林优势科龙脑香科也有分布。灌木至小乔木层中常见的有染木树属 *Saprosma*、草珊瑚属 *Sarcandra* 及破布叶属。壳斗科在热带亚洲分布广泛,该地区仅青冈属 *Cyclobalanopsis* 3 种,其中 1 种仅见于海拔 1 000 m 以上的裸露山顶,另外 2 种则分布于石灰岩与非石灰岩交界处,并非典型的石灰岩植物。鸡仔木属 *Sinoadina* 在我国南方、日本、泰国和缅甸均有分布,但在海南现仅发现在昌江王下石灰岩 900 m 以上山顶有少量分布。草本层中石斛属、贝母兰属 *Coelogyne*、野扇花属 *Sarcococca* 及唇柱苣苔属较为常见。

北温带及其亚型分布的属有 16 属,占非世界分布属数的 2.58%。该地区植物区系以热带、亚热带为主,但仍有一定比例的温带分布属,如鹅耳枥属 *Carpinus*、榆属 *Ulmus*、胡颓子属 *Elaeagnus*、槭树属 *Acer*、桦属 *Fraxinus*、忍冬属 *Lonicera* 及接骨木属 *Sambucus* 等,这些属多为单种属或寡种属,且多分布在生境较为特殊的地方,如鹅耳枥属、槭树属、桦属等均在山顶或近山顶干燥处才有分布。北美、中美和中南半岛均有分布的栎属 *Quercus* 在该地区海拔 1 200 m 以上山顶有一特有种,即坝王栎 *Q. bawanglingensis*。

东亚和北美洲间断分布有 13 属,占非世界分布属数的 2.10%。属于这一分布类型的属所含种类较少,多为单种属,在群落中也不起重要作用,如十大功劳属 *Mahonia*、皂莢属 *Gleditsia*、山蚂蝗属 *Desmodium*、锥属 *Castanopsis*、柯属 *Lithocarpus*、勾儿茶属 *Berchemia* 及木犀属 *Osmanthus* 等,其中壳斗科的锥属和柯属分布于石灰岩与非石灰岩交界处。木兰科 *Magnoliaceae* 植物被公认为是最原始的被子植物,在该地区分布非常少,仅有长叶木兰 *Magnolia paenalauma* 1 种。

旧世界温带分布的属仅有水芹属 *Oenanthe* 1 属,仅见于石灰岩山脚水边,不是典型的石灰岩植物。

温带亚洲分布的属仅有杭子梢属 *Campylotropis* 1 属,该属从印尼、中南半岛热带地区直到我国华南北部均有。

地中海区、西亚至中亚分布的属有 2 属,即黄连木属 *Pistacia* 和木犀榄属 *Olea*。黄连木属我国有 3 种,除东北和内蒙古外广布,其中黄连木 *Pistacia chinensis* 广布于我国长江以南、华北、西北及菲律宾,多生长在石灰岩地区,在海南石灰岩也有分布。印度—马来至东亚被认为是木犀榄属的分化中心,在海南石灰岩地区分布有该属 2 种。

东亚(东喜马拉雅—日本)分布的属有 14 属,占非世界分布属数的 2.26%。属于这一类型的除了梧

桐属 *Firmiana*、南酸枣属 *Choerospondias* 在乔木层分布较为广泛外,其余的如野鸦椿属 *Euscaphis*、石斑木属 *Raphiolepis* 和桃叶珊瑚属 *Aucuba* 等分布范围较小,其中石斑木属仅分布在山顶裸露处。吊石苣苔属 *Lysionotus*、黄猄草属 *Championella*、蜘蛛抱蛋属 *Aspidistra*、沿阶草属 *Ophiopogon* 及金发草属 *Pogonatherum* 等在密林、裸露石上、路旁较为常见。

中国特有属仅有 2 属,即海南椴属 *Diplodiscus* 和盾叶苣苔属 *Metapetrocosmea*。其中盾叶苣苔属也是海南特有属,生长环境较为特殊;海南椴 *Diplodiscus trichospermus* 是我国海南和广西共同特有的属,在海南昌江、东方石灰岩地区有少量分布。

3.3 与邻近地区植物区系的比较

海南石灰岩地区植物区系与周围邻近地区有着紧密的联系,为了进一步探讨分析该地区区系性质及其起源等,选取邻近石灰岩地区与非石灰岩地区从各自植物区系组成特点以及科、属的相似性系数等方面进行比较。

3.3.1 与海南邻近非石灰岩地区植物区系的比较

1) 与海南霸王岭植物区系的比较。霸王岭林区位于海南西部($19^{\circ}02' \sim 19^{\circ}10' N, 109^{\circ}02' \sim 109^{\circ}14' E$),该林区与海南石灰岩集中分布的俄贤岭相距约 20 km,自然地理条件相似。霸王岭林区现记录野生种子植物 110 科 368 属 572 种^[26-29],这一数据将随着调查的深入而增加。两地种子植物共同的科有 101 科,科的相似性系数为 40.08%。两地都包括一些世界分布科,如远志科 *Polygalaceae*、苋科、千屈菜科、瑞香科 *Thymelaeaceae*、金丝桃科 *Hypericaceae* 等;一些热带、亚热带分布为主的科,如番荔枝科、樟科、白花菜科、使君子科、山龙眼科 *Proteaceae*、五桠果科、大风子科、天料木科、金莲木科 *Ochnaceae*、钩枝藤科 *Ancistrocladaceae*、藤黄科 *Clusiaceae*、杜英科 *Elaeocarpaceae*、梧桐科、蝶形花科、黄杨科 *Buxaceae*、芸香科等,以及典型的热带科如龙脑香科、毒鼠子科等两地都有分布。一些温带科如金缕梅科、胡颓子科、胡桃科 *Juglandaceae* 等也两地共有。不同的是霸王岭林区中山茶科 *Theaceae* 植物明显增多,这可能与两地的土壤基质有关;霸王岭地区种子植物分布种类数量较多的山矾科 *Symplocaceae*、冬青科 *Aquifoliaceae*、木兰科在石灰岩地区分布种类较少;壳斗科、蔷薇科 *Rosaceae* 等在霸王岭分布较多,但在石灰岩地区则数量较少。石灰岩地区分布较多的苦苣苔科、楝科等在霸王岭分布较少。泛热带性科粘木科 *Ixonanthaceae* 和杨梅科 *Myricaceae*、热带亚洲性科五列木科 *Pentaphylacaceae* 以及温带性科杜鹃花科 *Ericaceae* 和世界性科越橘科 *Vacciniaceae* 在霸王岭有分布,但在邻

近的石灰岩地区不见有分布。同样,石灰岩有分布的泛热带性科肉豆蔻科 *Myristicaceae*、蒟蒻薯科 *Taccaceae*,温带性科山茱萸科、列当科 *Orobanchaceae*,以及东亚和北美间断分布性科小檗科 *Berberidaceae* 在霸王岭也未见有记录。

两地共有的属有 325 属,属的相似性系数为 32.08%,一些在石灰岩地区广泛分布的热带属如五月茶属、土蜜树属、巴豆属、核果木属、野桐属、羊蹄甲属、鱼藤属等在霸王岭种类数量不多。霸王岭分布的拟单性木兰属 *Parakmeria*、含笑属 *Michelia*、木莲属 *Manglietia*、八角属 *Illicium* 等原始类群在石灰岩地区没有分布。在种级水平上,在霸王岭分布广泛的陆均松 *Dacrydium pierrei*、鸡毛松 *Podocarpus imbricatus*、五列木 *Pentaphylax euryoides*、臀形果 *Pygeum topengii*、榕叶冬青 *Ilex ficoidea* 等在海南石灰岩地区未见分布。海南石灰岩地区同样分布有很多不见于霸王岭的特有种,如霸王远志 *Polygala bawanglingensis*、海南凤仙花 *Impatiens hainanensis*、盾叶秋海棠 *Begonia peltatifolia*、海南大戟 *Euphorbia hainanensis*、霸王栎 *Quercus bawanglingensis* 及昌江厚壳树 *Ehretia changjiangensis* 等。

2) 与海南尖峰岭植物区系的比较。尖峰岭位于海南西南部($18^{\circ}23' \sim 18^{\circ}50' N, 108^{\circ}36' \sim 109^{\circ}05' E$),总面积约 470 km²,现记录有野生种子植物 202 科 1 139 属 2 684 种^[30-31],以樟科、壳斗科、桃金娘科、山茶科、大戟科、金缕梅科、榆科、山矾科、木犀科 *Oleaceae*、无患子科、蝶形花科等热带性科为主,这和海南石灰岩地区的植物区系性质是一致的。两地种子植物共有科为 141 个,科的相似性系数为 40.99%,共有属为 512 属,属的相似性系数为 28.70%。

两地共有的科包括一些世界性科,如远志科、景天科 *Crassulaceae*、酢浆草科、千屈菜科、瑞香科及金丝桃科等;一些热带性科如番荔枝科、樟科、钩枝藤科、龙脑香科、桑科、紫金牛科、茜草科在两地群落中均占优势;少数温带性科如蓼科 *Polygonaceae*、胡颓子科和列当科也两地共有。但尖峰岭有分布的鸡毛松、陆均松、竹柏 *Nageia nagi*、长叶竹柏 *N. fleuryi* 等在石灰岩地区未见有分布。茅膏菜科 *Droseraceae*、五列木科、猕猴桃科 *Actinidiaceae*、粘木科、古柯科 *Erythroxylaceae*、鼠刺科 *Iteaceae*、杠柳科 *Periplocaceae*、龙胆科 *Gentianaceae*、狸藻科 *Lentibulariaceae*、假兰科 *Apostrasiaceae*、水玉簪科 *Burmanniaceae*、越橘科等,以及一些温带科如报春花科 *Primulaceae*、桦木科 *Betulaceae* 和杜鹃花科在尖峰岭有分布,但在石灰岩地区没有。木兰科、山茶科、蔷薇科、壳斗科和冬青科等在尖峰岭发现有较多的属种,石灰岩地区仅有少

数属种分布。尖峰岭占优势的蒲桃属、榕属、琼楠属 *Beilschmiedia*、木姜子属、润楠属 *Machilus*、紫金牛属、粗叶木属、韶子属 *Nephelium* 等在石灰岩地区分布也较广泛。而山矾属 *Symplocos*、冬青属 *Ilex*、柯属、锥属、青冈属等仅在尖峰岭占优势,在石灰岩地区种类较少。尖峰岭的优势种海南蕈树 *Altingia chinensis* 在石灰岩未见分布,而海南韶子 *Nephelium topengii*、白颜树 *Gironniera subaequalis* 在尖峰岭和石灰岩都较常见。

以上海南石灰岩地区与非石灰岩地区植物区系比较可以看出,海南石灰岩地区与非石灰岩地区的

植物区系性质相似,具有很强的热带性质,很多科属相互共有。然而,一些嫌钙性的种类和亚热带、温带分布为主的科属在石灰岩地区分布较少。海南石灰岩地区植物区系相对非石灰岩地区而言具有较强的岩溶性质,分布有一些石灰岩地区的特有种。

3.3.2 与邻近石灰岩地区植物区系比较 为了解海南石灰岩地区植物区系与邻近石灰岩地区植物区系的关系,选取与海南邻近的广西弄岗^[5]、云南西双版纳^[23]、越南 Cuc Phuong^[32]、马来半岛等^[33]石灰岩地区进行植物区系组成的比较(表6)。

表 6 海南石灰岩地区与被比较地区种子植物区系比较¹⁾

Tab. 6 Comparison of floristic similarities between Hainan and the neighbouring limestone areas

地点	面积/ km ²	各级分类单位数量			与海南石灰岩共有科属数及各自占比 ¹⁾ /%					相似性系数	
		科	属	种	科	A	B	属	C	科	属
海南石灰岩	400	142	645	1 235							
广西弄岗 ^[5]	101	146	656	1 340	124	84.93	87.32	319	48.63	49.46	43.06
云南西双版纳 ^[23]	3 600	129	558	1 269	112	86.82	78.87	348	62.37	53.95	41.33
越南 Cuc Phuong ^[32]	250	160	778	1 679	120	75.00	84.51	393	50.51	60.93	41.38
马来半岛 ^[33]	260	117	539	1 119	69	87.34	48.59	177	61.67	27.44	44.44

1) 表中 A、C 分别表示共有科、属数占被比较地科、属数比例,B、D 分别表示共有科、属数占海南石灰岩地区科、属数比例。

1) 与广西弄岗石灰岩地区植物区系的比较。弄岗自然保护区位于广西西南部($22^{\circ}13' \sim 22^{\circ}33'$ N, $106^{\circ}42' \sim 107^{\circ}04'$ E),面积约 101 km^2 ^[34],现记录有种子植物 146 科 656 属 1 340 种^[5]。通过比较可看出海南石灰岩地区和弄岗植物区系具有较强的相似性。两地种子植物共有的科有 124 科,科的相似性系数为 43.06%,共有的属有 319 属,属的相似性系数为 24.52%。弄岗植物区系也具有明显的热带性,如防己科、葡萄科、梧桐科、姜科、番荔枝科等占优势;其优势科大戟科、蝶形花科、茜草科、桑科、紫金牛科、菊科、芸香科、樟科、兰科、萝藦科、番荔枝科、楝科、苦苣苔科等在海南石灰岩地区也占优势。

一些亚热带分布为主的科在广西弄岗也有较多分布,如金缕梅科、茶科、冬青科、木兰科、壳斗科、山矾科、杜英科、樟科等。两地科的属种组成也有不同,如弄岗石灰岩龙脑香科植物擎天树 *Parashorea chinensis* 在海南石灰岩不见分布,而海南石灰岩分布的青梅 *Vatica mangachapoi* 同样也不见于广西弄岗。大戟科的肥牛树 *Cephalomappa sinensis*、桂林乌柏 *Tridica chihsinianum*、广西马兜铃 *Aristolochia kwangsiensis* 等广西特有植物均不见于海南石灰岩。广西弄岗分布的大血藤科 *Sargentodoxaceae*、亚麻科 *Linaceae*、猕猴桃科、红树科 *Rhizophoraceae*、报春花科等在海南石灰岩没有分布,而海南石灰岩分布的金莲木科、钩枝藤科、肉实树科 *Sarcospermataceae*、列当科在广西弄岗未见有分布。

2) 与云南西双版纳石灰岩地区植物区系的比较。西双版纳石灰岩地区($99^{\circ}58' \sim 101^{\circ}50'$ E, $21^{\circ}09' \sim 22^{\circ}36'$ N)位于云南南部,与老挝和缅甸交界,面积约 $3 600\text{ km}^2$,现记录有维管植物 1 394 种(包括变种),隶属于 153 科 640 属,其中蕨类 24 科 82 属 125 种,种子植物 129 科 558 属 1 269 种^[23]。两地种子植物共有的科有 112 科,占西双版纳石灰岩地区种子植物总科数的 86.82%,占海南石灰岩地区种子植物总科数的 78.87%,科的相似性系数为 41.33%,共有的属有 348 属,属的相似性系数为 28.93%。可见两地植物区系具有较高的相似性。西双版纳石灰岩地区的优势科如兰科、茜草科、大戟科、蝶形花科、桑科、番荔枝科、爵床科、芸香科、楝科、荨麻科等在海南石灰岩地区也占优势,而鼠李科 *Rhamnaceae*、胡椒科 *Piperaceae*、薯蓣科 *Dioscoreaceae*、防己科、百合科、含羞草科 *Mimosaceae* 等在西双版纳石灰岩占优势,但在海南石灰岩地区并不占优势。两地共有东南亚热带成分较多,如番荔枝科、大戟科、龙舌兰科 *Agavaceae* 的一些属种。而典型热带性科金莲木科、钩枝藤科、龙脑香科、毒鼠子科等在西双版纳石灰岩地区不见有分布,可见海南石灰岩地区具有更强的热带性。印度至西、中马来特有的隐翼科 *Crypteroniaceae* 植物在西双版纳石灰岩上层乔木占优势,但在海南石灰岩地区没有分布,这可能与西双版纳与中南半岛陆地连接,植物区系更易相互渗透有关。

3) 与越南 Cuc Phuong 石灰岩地区植物区系的比

较。Cuc Phuong 国家公园位于越南北部河内西南约 120 km ($20^{\circ}14' \sim 20^{\circ}24' N$, $105^{\circ}29' \sim 105^{\circ}44' E$) , 面积约 250 km^2 , 现记录有种子植物 160 科 778 属 1 679 种, 其中裸子植物 3 科 3 属 3 种^[32] , 主要以印度至中国起源成分为主, 檫科、樟科、兰科植物较多。两地种子植物共有的科有 120 科, 占 Cuc Phuong 种子植物总科数的 75% , 占海南石灰岩地区种子植物总科数的 84.51% , 科的相似性系数为 41.38% , 共有的属有 393 属, 属的相似性系数为 27.62% 。

由于与海南地理位置相近, 仅隔着北部湾, 气候条件也相似, 两地石灰岩地区植物种类共有很多热带成分, 如热带雨林的特征成分龙脑香科植物, 以及牛栓藤科 Connaraceae 、茜草科、八角枫科 Alangiaceae 、苋科、蛇菰科 Balanophoraceae 、秋海棠科 Begoniaceae 、紫葳科、木棉科 Bombacaceae 在 Cuc Phuong 和海南石灰岩地区分布的种类数量差异不大, 但爵床科、番荔枝科、夹竹桃科、萝藦科、菊科等在 Cuc Phuong 分布的种类明显比海南石灰岩地区丰富, 榉树科、漆树科 Anacardiaceae 、冬青科、五加科在 Cuc Phuong 的种类也多于海南石灰岩地区。

4) 与马来半岛石灰岩地区植物区系的比较。马来半岛石灰岩分布广泛, 据 Chin^[33] 记载, 马来半岛石灰岩地区有维管植物 1 216 种, 隶属于 582 属 124 科, 其中蕨类植物 7 科 43 属 97 种, 种子植物 117 科 539 属 1 119 种。两地共有种子植物 116 科, 占马来半岛石灰岩地区种子植物总科数的 97.48% , 占海南石灰岩地区总科数的 81.69% , 科的相似性系数为 44.44% , 共有的属有 177 属, 属的相似性系数为 14.95% 。马来半岛石灰岩地区的绝大部分科均见于海南石灰岩地区, 仅杜鹃花科、报春花科、狸藻科、八角科 Illiciaceae 、心翼果科 Cardiopteridaceae 等不见于海南石灰岩地区。

由上可见, 海南石灰岩地区具有较强的热带石灰岩植物区系特点, 但也受地带性植物区系影响。海南石灰岩地区与邻近石灰岩地区在科级和属级水平上的相似性有所不同, 在科级水平上与马来半岛、越南和我国广西、云南等有较大的相似性, 而在属级水平上, 则与越南、我国云南具有较大的相似性, 其中与云南西双版纳石灰岩关系最近(两地科的相似性系数达 41.33% , 属的相似性系数为 28.93%), 其次是越南、我国广西和马来半岛。

4 讨论

植物区系是自然形成物, 植物区系的深入研究, 必然要涉及到植物区系的起源以及种群的演化与发展问题, 只有在现代植物分布的基础上充分结合被

研究地区的古植物、孢粉、古地理和古气候等资料, 才能很好地研究并解决这一难题。海南石灰岩地区种子植物区系具有种类丰富、物种密度高、热带性质明显、特有属贫乏等特点。相对其他石灰岩地区在特有化水平上不是很明显, 如广西 10 个特有属中, 就有 8 个苦苣苔科的属是石灰岩山地的特有属^[35] , 而在海南石灰岩地区仅 2 种为中国特有。另外, 一些在中国南部石灰岩地区广泛分布的种如圆叶乌柏 *Triadica rotundifolia* 、化香树 *Platycarya strobilacea* 等在海南石灰岩地区尚未发现。海南石灰岩特有种的比例比马来半岛和我国广西均低, 特有属的缺乏也反映了该地区植物区系分化历史相对较短, 属内种系的缺少是岛屿植物区系的重要特点, 这和海南植物区系的大环境有关, 但也可能和石灰岩与非石灰岩地区由于生境隔离形成的小环境有关, 地质历史的相对年轻性可能是造成其特有植物不甚丰富的主要因素^[36] 。

从海南石灰岩地区的地质历史可以看出, 该地区最初为中寒武世末到晚寒武世由于海退而沉积下来的石灰岩, 当时是藻类繁盛时期, 而后经历奥陶纪、晚古生代至中生代多次沉积和地壳运动, 现在海南石灰岩地区发现最老的地层为上古生界岩石。裸子植物在海南石灰岩地区现代植物区系中种类较少, 最早的化石见于东方江边和南龙晚二迭纪的苏铁纲类植物, 苏铁类植物被认为是种子植物中最原始和古老的类群, 该科在海南石灰岩地区现仅存 1 种, 且数量较少, 海南石灰岩地区裸子植物的起源时间至少应在晚二迭纪。被子植物中原始的木兰科植物在海南石灰岩地区分布有木兰属 *Magnolia* 1 种, 木兰科孢粉化石在海南见于第三纪始新世至早渐新世^[37] 。

海南石灰岩地区与邻近非石灰岩地区共有科的相似性系数均在 40% 以上, 可见海南石灰岩地区植物区系受地带性气候影响较大, 一些科属与非石灰岩地区具有起源或来源上的同一性, 只是由于石灰岩地区生境隔离作用, 在裸露石灰岩地区, 如山顶、洞口、石壁等形成与其他地区相差甚大的小生境, 在这些地区往往种系分化较为厉害, 形成一些石灰岩地区的特有种。石灰岩山地由于特殊的生境条件, 如地表水缺乏、土层浅薄、岩层淋溶、山体陡峭等, 起了一种“隔离”作用, 促进了石灰岩山地植物区系的特有化发展。海南石灰岩地区的专性种和适宜种与岩溶地貌、土壤因子以及岛屿效应密切相关。对于石灰岩地区一些温带成分的分布, 这些成分的分布中心仍在温带, 这可能是由于第三纪末期到第四纪随着冰期的出现, 全球气候变冷, 许多温带成分往南迁移至华南地区, 而后在第四纪冰期和间冰期交替出现, 植物迁移也交替进行, 冰后期气候变暖, 迁移到华南

地区的温带成分也开始回迁,但仍有一些种类遗留下来,这些种类为了适应干旱、炎热环境与温带地区的种类在外部形态、生理上有些变异,如杭子梢属主要分布在亚洲温带地区,在海南石灰岩地区山顶分布有杭子梢 *Campylotropis macrocarpa* 1 种,数量较少,但明显矮化,植株被毛多且密。

致谢:在野外工作中得到海南省林业厅野生动植物保护管理局、霸王岭国家级自然保护区管理局、昌江县王下乡政府、东方市东河镇南浪村村委会和江边乡政府、保亭县毛感乡林业站及香港嘉道理农场暨植物园吴世捷博士等单位和个人的热情帮助,中国科学院华南植物园李泽贤、张桂才高级工程师和胡启明、叶华谷研究员等在标本鉴定中给予了大力支持,在此一并致谢!

参考文献:

- [1] 李大通. 中国可溶岩类型图说明书 [M]. 北京:地图出版社,1985:14-17.
- [2] 李大通,罗雁. 中国碳酸盐岩分布面积测量 [J]. 中国岩溶,1983,2(2):147-150.
- [3] 曹建华,李先琨. 中国西南岩溶生态系统的特征、演变与生态恢复 [M] // 段昌群. 生态科学进展:第 1 卷. 北京:高等教育出版社,2004:121-133.
- [4] 侯学煜. 中国境内酸性土钙质土和盐碱土的指示植物 [M]. 北京:中国科学院,1954:132-168, 227-282.
- [5] 梁畴芬,梁健英. 弄岗自然保护区植物区系考察报告 [J]. 广西植物,1988(增刊 1):83-184.
- [6] 中国自然资源丛书编撰委员会. 中国自然资源丛书:海南卷 [M]. 北京:中国环境科学出版社,1996:1-3.
- [7] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志:第 7 卷 [M]. 北京:科学出版社,1978.
- [8] HUTCHINSON J. The families of flowering plants [M]. 3rd ed. London: Oxford University Press, 1973:1-968.
- [9] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型 [J]. 云南植物研究,1991,13(增刊 IV):1-139.
- [10] 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:云南科技出版社,2006:146-451.
- [11] 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,2011:109-319.
- [12] 武吉华,张绅,江源,等. 植物地理学 [M]. 北京:高等教育出版社,2004:47-48.
- [13] 郑希龙,王发国,田怀珍,等. 海南苦苣苔科二新记录属 [J]. 热带亚热带植物学报,2008,16(6): 571-572.
- [14] 宋希强,孟千万,罗毅波. 海南兰科植物新资料 (Ⅲ) [J]. 武汉植物学研究,2009,27(4): 365-366.
- [15] 王清隆,黄明忠,杨虎彪,等. 海南被子植物分布新资料 [J]. 热带作物学报,2012,33(4): 709-714.
- [16] 黄明忠,黄少华,徐世松,等. 海南兰科植物研究杂记 (I) [J]. 广西植物,2012,32 (6): 759 -761.
- [17] 缪汝槐. 海南岛裸子植物区系 [J]. 中山大学学报:自然科学版,1986(4):57-63.
- [18] 张宏达. 广东植物区系的特点 [J]. 中山大学学报:自然科学版,1962(1):1-34.
- [19] 傅立国,陈潭清,郎楷永,等. 中国高等植物:第 3 卷 [M]. 青岛:青岛出版社,2000:1.
- [20] 李锡文. 中国种子植物区系统计分析 [J]. 云南植物研究,1996,18(4):363-384.
- [21] 王荷生. 中国植物区系的性质和各成分间的关系 [J]. 云南植物研究,2000,22(2):119-126.
- [22] 苏志尧,刘蔚秋,廖文波,等. 广西被子植物科的区系地理成分分析 [J]. 中山大学学报:自然科学版,1996,35 (增刊 2):66-71.
- [23] 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.
- [24] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志:第 1 卷 [M]. 北京:科学出版社,2004:95-97.
- [25] 吴征镒,路安民,汤彦承,等. 中国被子植物科属综论 [M]. 北京:科学出版社,2003:57-1071.
- [26] 徐燕千,梁宝汉,梁葵,等. 海南岛霸王岭林区森林综合调查报告 [J]. 华南农业科学,1958,3:57-116.
- [27] 陆阳,李鸣光,黄雅文,等. 海南岛坝王岭长臂猿自然保护区植被 [J]. 植物生态学与地植物学报,1986,10 (2):106-113.
- [28] 余世孝,张宏达,王伯荪. 海南岛坝王岭热带山地植被研究:Ⅱ:群落结构分析 [J]. 生态科学,1994,13(1): 21-31.
- [29] 胡玉佳,丁小球. 海南岛坝王岭热带天然林植物物种多样性研究 [J]. 生物多样性,2000,8(4):370-377.
- [30] 黄世能,张宏达,王伯荪. 海南岛尖峰岭地区种子植物区系组成及地理成分研究 [J]. 广西植物,2000,20 (2):97-106.
- [31] 曾庆波,李意德,陈步峰. 海南岛尖峰岭地区生物物种名录 [M]. 北京:科学出版社,1997:1-119.
- [32] PHÙNG N L, NGUYỄN N T, NGUYỄN B T. Tính Da Dang Thuc Vat o Cuc Phuong [M]. Ha noi: Nha Xuat Ban Nong Nghiep, 1996: 56-186.
- [33] CHIN S C. The limestone hill flora of Malaya: I [J]. Garden's Bulletin, Singapore, 1977,30: 165-197.
- [34] 邓自强. 弄岗自然保护区岩溶地质考察报告 [J]. 广西植物,1988(增刊 1):1-16.
- [35] 陆益新,黄广宾,梁畴芬. 广西特有植物研究 [J]. 广西植物,1989,9(1):38-57.
- [36] 邢福武,吴德邻,李泽贤,等. 海南岛特有植物的研究 [J]. 热带亚热带植物学报,1995,3(1):1-12.
- [37] 金建华,廖文波. 海南岛地层及陆生古植物群的多样性 [M] // 蒋有绪,王伯荪,藏润国,等. 海南岛热带林生物多样性及其形成机制. 北京:科学出版社,2002:2-33.

【责任编辑 李晓卉】