

DOI: 10.5846/stxb201405291106

景慧娟, 凡强, 王蕾, 廖文波, 陈春泉, 彭少麟. 江西井冈山地区沟谷季雨林及其超地带性特征. 生态学报, 2014, 34(21): 6265-6276.

Jing H J, Fan Q, Wang L, Liao W B, Chen C Q, Peng S L. The ravine monsoon rain forest in Jinggangshan of Jiangxi Province and its super zonal characteristics. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(21): 6265-6276.

江西井冈山地区沟谷季雨林及其超地带性特征

景慧娟¹, 凡 强¹, 王 蕾^{2,*}, 廖文波¹, 陈春泉³, 彭少麟¹

(1. 广东省热带亚热带植物资源重点实验室, 中山大学生命科学学院, 广州 510275;

2. 首都师范大学资源环境与旅游学院, 北京 100048; 3. 江西井冈山国家级自然保护区管理局, 井冈山 343600)

摘要:江西井冈山地区位于中国东部中亚热带地区南缘, 属北半球湿润区。该地区地处罗霄山脉中段, 地势高耸, 沟谷深切, 生境极富多样化, 在其沟谷地区保存有典型亚热带季风常绿阔叶, 常称季雨林。选择 6 个典型沟谷季雨林群落, 开展群落生态学和生物地理学的研究, 结果表明: (1) 群落组成以典型的热带性科属为特征, 如樟科 Lauraceae、壳斗科 Fagaceae、山茶科 Theaceae、茜草科 Rubiaceae、金缕梅科 Hamamelidaceae 等; 种子植物属的地理成分以热带-亚热带成分占优势, 占总属数的 64.71%—77.94%, 高于同纬度地区其他山体, 接近甚至高于南亚热带季风常绿阔叶林中的热带性成分。(2) 群落结构具有多优势种及明显的特征性标志种, 与具单优势种或少数优势种的亚热带常绿阔叶林有明显差异。(3) Shannon-Wiener 指数为 4.44—5.46 之间, 物种多样性较丰富, 表现出明显的南亚热带植被特征。(4) 其它热带雨林性质的特征还包括: 大型木质藤本, 板根现象, 绞杀现象, 滴水叶尖, 丰富的寄生、附生植物、兰科植物、树蕨等。整体上, 井冈山地区亚热带沟谷季雨林群落具有热带雨林向亚热带常绿阔叶林过渡的明显特征, 与南亚热带季雨林性质相似, 在演替上常被称为侵入群落, 或为历史时期长期演化形成的超地带性植物群落。

关键词: 井冈山地区; 亚热带沟谷季雨林; 群落特征; 物种多样性

The ravine monsoon rain forest in Jinggangshan of Jiangxi Province and its super zonal characteristics

JING Huijuan¹, FAN Qiang¹, WANG Lei^{2,*}, LIAO Wenbo¹, CHEN Chunquan³, PENG Shaolin¹

1 Guangdong Key Laboratory of Plant Resources, School of Life Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China

2 College of Resource Environment and Tourism, Capital Normal University, Beijing 100048, China

3 Administration Bureau of Jinggangshan National Nature Reserve, Jinggangshan 343600, China

Abstract: Located in the south rim of the mid-subtropical area in East China, Mount Jinggangshan region in Jiangxi Province is a humid area of the northern hemisphere. With its location in the middle of Luoxiao Mountains, it has towering topography, deep valleys, extremely diverse habitats, and conserves typical monsoon forests in its valleys. We selected six typical ravine monsoon forest communities, aiming to investigate the characteristics of the communities' synecology and biogeography. The results show that: (1) The community composition is characterized by rich and typical tropical families, such as the Lauraceae, Fagaceae, Theaceae, Rubiaceae, Hamamelidaceae, etc.; tropical-subtropical element is dominant in the geographic component of seed plants, accounting for 64.71%—77.94% of the total genera, which is higher than in other mountains of the same latitude, close to or even higher than the monsoon evergreen broad-leaved forests in south subtropical zone. (2) The community structure has poly-dominant species and typical key-stone species, and is much different

基金项目: 中国井冈山地区生物多样性综合科学考察; 博士点基金 (20110171110032); 国家科技部基础科技专项 (2013FY111500); 国家自然科学基金青年项目 (31300401)

收稿日期: 2014-05-29; 修订日期: 2014-09-28

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lwang@cnu.edu.cn

from the subtropical evergreen broad-leaved forests which is often mono-dominant or few species dominant in structure. (3) Shannon-Wiener index for the species diversity is 4.44—5.46, the species are quite rich, showing obvious tropical vegetation features in south subtropical zone. (4) The ravine monsoon forests in Mount Jinggangshan region are indicative of obvious characteristics of tropical rain forests in ecological habit, such as typical large woody climber, buttress root, garroting phenomenon, draining point, rich parasitic plants and epiphytes, orchids and tree ferns. There is no doubt that monsoon forest communities in subtropical valleys of Mount Jinggangshan region has distinguishing characteristics of transition from tropical rain forests to the subtropical evergreen broad-leaved forests, which is often known as intrusion communities in terms of succession, or super zonal plant communities formed through long-term evolution.

Key Words: Mount Jinggangshan region in Jiangxi Province, China; ravine monsoon forests in subtropical zone; community characteristics; species diversity

井冈山地区位于北南走向的罗霄山脉的中段, 向南延伸与南岭垂直。井冈山地貌复杂, 沟壑纵横, 相对海拔差高达 1920m (全区海拔最低为 200m, 主峰南风面高达 2120.4m)。井冈山地处中国大陆东部湿润季风气候区, 中亚热带的南缘, 水、热条件充沛, 是亚洲东部生物多样性高丰度区。地带性植被以中亚热带常绿阔叶林为主^[1]。在低海拔的沟谷地段, 分布有具亚热带季风常绿林与中亚热带常绿阔叶林过渡特征的中亚热带沟谷雨林, 在植被演替和植物区系区划上具有重要意义^[2]。

亚热带沟谷雨林是随着温度条件的下降, 由热带雨林向亚热带常绿阔叶林过渡的居间类型, 是受制于温度因子的纬度地带性植被类型^[3]。属于热带雨林的超地带性扩展形成的独特类型, 体现为物种数目减少, 特别是乔木种减少, 亚热带及温带成分增加, 特有的各种热带外貌特征减弱, 但本质上又很相似的一种独立的群系类型^[4]。国际上关于亚热带的提法和研究也有报道^[5-8], 这种植被类型在我国也有出现, 主要分布在低海拔沟谷潮湿生境中。在云南称为“亚热带常绿栎林”, 在台湾^[9-11]和福建^[12-15]称为“亚热带雨林”, 在广东等亚热带地区常称为“季风常绿阔叶林”^[1], 宋永昌^[16-17]将这一植被类型称为亚热带适雨常绿阔叶林。

因此, 研究井冈山地区的季风常绿阔叶林, 对探讨植被区系沿南岭向罗霄山脉地区的扩散或退缩具有重要的生态地理学意义。

1 研究区域自然概况

井冈山地区属中亚热带湿润季风气候区。水热条件充沛, 年平均气温为 17.1℃, 最热 7 月平均气温

为 23.9℃, 7 月极端最高气温 36.7℃; 最冷 1 月平均气温为 3.4℃, 1 月极端最低气温为 -11.0℃。年平均降水量为 1889.8mm, 最大降水量为 2878.8mm。多年平均蒸发量为 978.8mm。相对湿度 85%。年辐射总量为 85—105 MJ/cm²。历年年日照时数约 1365.5h。海拔 800m 以下的土壤主要为山地红壤和山地黄壤。井冈山地貌是岭、沟纵横错节的中山地貌, 在保护区核心区, 发育有 3 条主要沟谷流域, 为向西南流的行洲河 (河西垄为其上游段)、向西流的湘洲河 (锡坪河为其支流), 以及向北流的石溪河 (龙潭为其上游河段)。

井冈山沟谷常绿阔叶林类群包括 12 个主要群系。本次研究选择分布在海拔 650m 以下的行洲河和湘洲河流域沟谷低地的 5 个群丛, 以及 1 个常绿落叶混交林——宜昌润楠群丛作为研究对象。6 个样地面积均为 1600m²。样地基本情况如表 1 所示。

2 调查与数据分析方法^[18]

(1) 样地调查

采用常规单株记帐调查法。将每块 1600m² 样地, 划成 16 个 10m×10m 方格, 进行单株记帐调查, 记录树种名称、树高、胸径数据; 在每一个 10m×10m 样方内取得一个 2m×2m 的小样方, 调查乔木幼树及灌木、草本, 记录物种、高度和盖度。统计各物种的相对多度 (RF), 相对频度 (RA), 相对显著度 (RD), 相对高度 (RH), 相对盖度 (RC)。其中乔木层重要值 (IV) = (RF + RA + RD) / 3, 灌木层重要值 (IV) = (RH + RA + RC) / 3。

(2) 群落物种多样性分析

分别采用 Shannon-Wiener 多样性指数 (SW)、

Pielou 均匀度 (J_{sw}) 和 Simpson 优势度指数 (λ), 计算式如下:

$$SW = - \sum_{i=1}^s P_i \log_2 P_i$$

$$J_{sw} = \log_2 N - \frac{1}{N} \sum Ni \log_2 Ni / \log_2 N - \frac{1}{N} [\alpha(S - \beta) \log_2 \alpha + \beta(\alpha + 1) \log_2 (\alpha + 1)]$$

$$\lambda = \sum_{i=1}^s Ni(Ni - 1) / N(N - 1)$$

式中, $P_i = N_i / N$, N_i 表示第 i 个物种的个体数, N 表示群落中所有个体数 (或重要值) 之和, S 表示样方总物种数, β 是 N 被 S 整除以外的余数 ($0 \leq \beta < N$); $\alpha = (N - \beta) / S$ 。

(3) 频度 (R) 分析

按 Raunkiaer 原理, 划分为 5 个等级, 即: 频度 1%—20% 为 A 级, 21%—40% 为 B 级, 41%—60% 为 C 级, 61%—80% 为 D 级, 81%—100% 为 E 级。

3 井冈山沟谷季雨林群落的特征

3.1 群落外貌和种类组成

表 1 是在井冈山沟谷、低地选定的群落概况, 按海拔高度从低到高。根据对 6 个低地群落的分析,

整体上可以看出井冈山沟谷群落的外貌和组成特点。

(1) 群落外貌

冠层高低起伏明显, 呈淡黄绿色、淡绿色至浓绿色, 不同季节色相也略有不同, 但四季常绿, 郁闭度为 0.75—0.90。

(2) 乔木层常为多优势种

乔木层常分为 2 亚层。第一亚层高 20—30m, 第二亚层 14—20m。优势种主要是壳斗科的鹿角锥 *Castanopsis lamontii*、钩锥 *Castanopsis tibetana*、栲 *Castanopsis fargesii*、甜槠 *Castanopsis eyrei*, 樟科的宜昌润楠 *Machilus ichangensis*、绒毛润楠 *Machilus velutina*、黄樟 *Cinnamomum parthenoxylon*, 杜英科的日本杜英 *Elaeocarpus japonicus*、杜英 *Elaeocarpus decipiens*、猴欢喜 *Sloanea sinensis*, 山茶科的厚皮香 *Ternstroemia gymnanthera*, 以及金缕梅科的大果马蹄荷 *Exbucklandia tonkinensis*、蕈树 *Altingia chinensis*, 木兰科的乐昌含笑 *Michelia chapensis*、观光木 *Tsoongiodendron odorum*, 藤黄科的多花山竹子 *Garcinia multiflora*, 漆树科的南酸枣 *Choerospondias axillaris* 等。上述树种多为泛热带性树种, 是群落的特征种, 显示一种热带沟谷林性质。

表 1 井冈山沟谷林群落的基本概况 (样地面积均为 1600m²)

Table 1 General situations of six valley forest communities in Mount Jinggangshan (Area of plot = 1600m²)

样地排序/群落名称 Running No./ Community	郁闭度 Canopy closure	海拔 Altitude/ m	蕨类植物 (科/属/种) Ferns (Family/ Genus/ Species)	种子植物 (科/属/种) Seed plants (Family/Genus/ Species)	地理位置 Geo- coordinates	样地号/地点 Plot No. /Location
P1/杨梅叶蚊母树+米槠群落 Ass. <i>Distylium myricoides</i> + <i>Castanopsis carlesii</i>	0.80	367	10/13/14	60/91/123	26°30'45.44"N 114°13'01.75"E	S5/利洲
P2/鹿角锥+蕈树群落 Ass. <i>Castanopsis lamontii</i> + <i>Altingia chinensis</i>	0.80	376	4/5/5	35/54/78	26°36'01.96"N 114°15'39.64"E	Y5/湘洲
P3/鹿角锥+观光木群落 Ass. <i>Castanopsis lamontii</i> + <i>Michelia odora</i>	0.85	384	3/3/5	34/68/95	26°36'05.93"N 114°15'37.81"E	S21/湘洲
P4/乐昌含笑+钩锥群落 Ass. <i>Michelia chapensis</i> + <i>Castanopsis tibetana</i>	0.90	495	6/12/14	49/75/104	26°35'28.25"N 114°14'34.86"E	Y4/锡坪
P5/大果马蹄荷群落 Ass. <i>Exbucklandia tonkinensis</i>	0.85	618	5/5/6	45/51/91	26°34'53.63"N 114°14'00.40"E	S20/锡坪
P6/宜昌润楠+赤杨叶群落 Ass. <i>Machilus ichangensis</i> + <i>Alniphyllum fortunei</i>	0.75	561	13/18/22	45/70/98	26°31'11.22"N 114°10'11.25"E	S10/河西垄

(3) 灌草层较丰富,盖度 30%—40%

灌木类以山茶科的山茶属、柃属、杨桐属,樟科的山胡椒属,桃金娘科的赤楠 *Syzygium buxifolium*,紫金牛科的金花树 *Blastus dunnianus* 等为常见属、种。草本层,种类较丰富,如狗脊 *Woodwardia japonica*、线蕨 *Colysis elliptica*、珍珠茅 *Scleria hebecarpa*、草珊瑚 *Sarcandra glabra*、攀援星蕨 *Microsorium buergerianum*、野苧麻 *Boehmeria siamensis*、蔓赤车 *Pellionia scabra*、无盖鳞毛蕨 *Dryopteris scottii*、狭翅铁角蕨 *Asplenium wrightii*、淡竹叶 *Lophatherum gracile* 等。

(4) 层间植物较为丰富

攀援状灌木如番荔枝科的瓜馥木 *Fissistigma oldhamii* 在多个沟谷林群落中形成优势层片;常见粗大的木质藤本还有钩藤 *Uncaria rhynchophylla*、野木瓜 *Stauntonia chinensis*、亮叶鸡血藤 *Callerya nitida* 等,其它有常春藤 *Hedera nepalensis* var. *sinensis*、链珠

藤 *Alyxia sinensis*、酸藤子 *Embelia laeta*、菝葜 *Smilax china*、流苏子 *Coptosapelta diffusa*、木通 *Akebia quinata* 等。附生小型蕨类也较丰富。林中偶见杜英科、壳斗科等老树板根现象。

3.2 优势科属与重要值分析

井冈山沟谷林群落的物种组成丰富,科属的组成复杂,其中乔木层有 60 科 105 属 222 种,从属种的丰富度来说,在 6 个群落中(表 2)含有 5 种及以上的科有 14 科,共 53 属和 150 种,占乔木层科、属、种总数的 23.33%、50.48%、67.57%。无疑,它们是各群落的优势科,又以樟科、壳斗科、山茶科、冬青科、山矾科、蔷薇科等占较大的比例,也是热带性很强的科^[19],主要为泛热带分布的科。从重要值计算看,壳斗科、樟科占较大优势,金缕梅科、山茶科、紫金牛科、安息香科、冬青科等所占比重也较大。

表 2 井冈山地区沟谷林群落重要科的属种组成

Table 2 Genus and species composition of dominant families of valley communities in Mount Jinggangshan																	
主要优势科	P1		P2		P3		P4		P5		P6		Total		个体数	重要值	
Dominant families	GN	SN	GN	SN	GN	SN	GN	SN	GN	SN	GN	SN	GN	SN	IN	IV	
壳斗科 Fagaceae	3	9	3	5	3	6	3	8	4	11	3	5	4	18	463	149.18	
樟科 Lauraceae	4	9	6	10	5	8	3	8	4	11	4	11	7	27	423	114.02	
金缕梅科 Hamamelidaceae	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	1	5	5	124	93.99	
山茶科 Theaceae	5	5	4	5	4	6	4	6	6	9	5	9	7	17	295	58.65	
紫金牛科 Myrsinaceae	2	3	2	6	3	3	1	1	3	5	2	2	3	8	106	44.31	
安息香科 Styracaceae	3	4	2	2	2	2	1	1	0	0	1	1	3	5	75	39.63	
冬青科 Aquifoliaceae	1	4	1	4	1	8	1	5	1	7	1	4	1	15	130	37.12	
木兰科 Magnoliaceae	1	2	1	3	1	2	2	4	1	3	2	2	2	7	169	36.12	
杜英科 Elaeocarpaceae	1	3	2	4	2	6	1	2	1	2	2	3	2	7	125	29.59	
茜草科 Rubiaceae	6	6	2	2	4	4	3	3	1	1	3	3	7	8	116	21.71	
杜鹃花科 Ericaceae	1	3	1	3	1	2	1	1	2	7	1	1	2	9	101	20.11	
山矾科 Symplocaceae	1	3	1	2	1	3	0	0	1	2	1	4	1	10	50	15.33	
蔷薇科 Rosaceae	3	4	2	3	1	2	2	2	1	2	1	1	5	9	65	14.95	
大戟科 Euphorbiaceae	2	2	0	0	1	1	1	1	0	0	2	2	4	5	7	2.36	
总计 Total	34	58	28	50	30	55	24	44	26	62	29	49	53	150	2249	677.07	
属种占总数的百分比/%	32.7	42.3	33	51.9	42.3	55	27.6	37.3	50.5	45.6	62.6	64.1	40.8	67.6	77.6	80.6	
% of the total genera and species																	

所选重要科为 6 样地中所含种数>5 的科,“%”表示各样地中乔木层主要科的属种之和分别占 6 样地乔木层所有属(105 属)种(222 种)的百分比,GN 为属数,SN 为种数,IN 为个体数,IV 为重要值; In the table only shows the family with more than 5 species, “%”mains the percentage of genera/ species of dominant families of every community in the total genera (105 genera) and species (222 species) of 6 communities. “GN” Number of Genera, “SN” Number of Species, “IN” Individual Number, “IV” Important Value

3.3 群落乔木层优势种与重要值分析

优势种(或建群种)对说明群落的生境、外貌、组成、演替特征有重要意义^[20]。通过对样地数据统

计,6 个样地合计有 357 种,其中乔木层有 190 种,灌草层 129 种,藤本层 39 种,分别占总种数的 53.2%、36.7%、10.1%;各层相对重要值分别为 62.4%、

29.3%、8.2%。从表 3 表明,重要值 $IV \geq 5$ 优势种(除蕈树外)很丰富,达 41 种,而主要建群种($IV \geq 10$)有 20 种。同时,可将 6 样方分为 2 组,P1、P4、P5

为第一组,P2、P3、P6 为第二组,而且第一组的建群种其泛热带性特征更强。

表 3 井冈山沟谷林群落乔木层主要种类重要值分析

Table 3 Importance value of dominant plants in tree layer of the ravine communities in Mount Jinggangshan

种类 Species	重要值 (IV) *						Total	%
	P1	P2	P3	P4	P5	P6		
杨梅叶蚊母树 <i>Distylium myricoides</i>	47.83	—	—	—	—	—	47.83	7.98
鹿角椎 <i>Castanopsis lamontii</i>	—	15.81	23.68	—	—	1.17	40.66	6.78
大果马蹄荷 <i>Exbucklandia tonkinensis</i>	—	—	—	1.08	34.75	—	35.83	5.98
赤杨叶 <i>Alniphyllum fortunei</i>	0.33	1.14	3.03	12	—	18.13	34.63	5.78
甜槠 <i>Castanopsis eyrei</i>	3.14	11.35	0.19	0.28	11.21	—	26.17	4.36
绒毛润楠 <i>Machilus velutina</i>	3.62	5.8	2.2	3.6	9.2	—	24.42	4.08
乐昌含笑 <i>Michelia chapensis</i>	—	—	—	21.82	—	—	21.82	3.64
广东山胡椒 <i>Lindera kwangtungensis</i>	—	—	3.6	—	—	18.19	21.79	3.63
细枝柃 <i>Eurya loquaiana</i>	0.6	0.65	6.59	1.91	3.28	5.63	18.66	3.12
宜昌润楠 <i>Machilus ichangensis</i>	0.41	—	—	—	—	17.97	18.38	3.06
钩锥 <i>Castanopsis tibetana</i>	—	—	—	15.49	0.33	—	15.82	2.64
日本杜英 <i>Elaeocarpus japonicus</i>	1.44	2.02	3.63	0.65	3	4.48	15.22	2.54
赤楠 <i>Syzygium buxifolium</i>	4.14	6.52	1.36	0.28	0.83	0.72	13.85	2.31
格药柃 <i>Eurya muricata</i>	—	1.97	1.34	1.94	0.87	7.1	13.22	2.20
树参 <i>Dendropanax dentiger</i>	—	—	—	—	12.65	—	12.65	2.11
黄丹木姜子 <i>Litsea elongata</i>	0.45	4.87	1.34	0.34	3.55	2.04	12.59	2.10
栲 <i>Castanopsis fargesii</i>	—	3.82	4.34	0.37	3.13	—	11.66	1.94
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	0.27	2.48	1.44	1.51	2.78	3.08	11.56	1.92
香楠 <i>Aidia canthioides</i>	2.92	1.9	0.67	4.11	1.54	—	11.14	1.86
米槠 <i>Castanopsis carlesii</i>	10.97	—	—	—	—	—	10.97	1.82
罗浮栲 <i>Castanopsis fabri</i>	—	—	0.44	2.81	3.82	2.9	9.97	1.66
密花山矾 <i>Symplocos congesta</i>	—	2.9	7.03	—	—	—	9.93	1.66
木姜叶柯 <i>Lithocarpus litseifolius</i>	0.69	1.93	2.95	4.21	—	—	9.78	1.64
毛冬青 <i>Ilex pubescens</i>	2.95	0.19	3.26	1.3	1.52	0.52	9.74	1.62
南酸枣 <i>Choerospondias axillaris</i>	—	0.34	4.1	—	—	5.23	9.67	1.61
多花山竹子 <i>Garcinia multiflora</i>	4.27	1.4	—	3.77	—	—	9.44	1.58
台湾冬青 <i>Ilex formosana</i>	0.41	2.65	3.21	—	0.57	2.24	9.08	1.52
鼠刺 <i>Itea chinensis</i>	0.38	6.05	0.52	1.05	—	—	8	1.34
深山含笑 <i>Michelia maudiae</i>	0.22	4.05	0.22	0.68	1.48	0.97	7.62	1.28
红楠 <i>Machilus thunbergii</i>	0.51	0.19	—	1.27	3.19	1.53	6.69	1.12
厚皮香 <i>Ternstroemia gymnanthera</i>	0.97	3.4	0.82	0.29	0.82	0.23	6.53	1.08
枫香 <i>Liquidambar formosana</i>	—	—	3.1	1.87	0.48	0.83	6.28	1.04
虎皮楠 <i>Daphniphyllum oldhamii</i>	1.17	1.8	2.56	—	0.25	0.29	6.07	1.02
罗浮柿 <i>Diospyros morrisiana</i>	0.69	—	4.55	—	—	0.52	5.76	0.96
密花树 <i>Myrsine seguinii</i>	0.2	4.7	0.16	—	—	0.59	5.65	0.94
杨桐 <i>Adinandra millettii</i>	0.19	1.29	1.87	0.88	—	1.36	5.59	0.93
马银花 <i>Rhododendron bachi</i>	0.45	3.08	0.5	—	1.1	0.26	5.39	0.90
杜英 <i>Elaeocarpus decipiens</i>	—	2.63	2.07	0.6	—	—	5.30	0.88
黄樟 <i>Cinnamomum parthenoxylon</i>	—	0.63	2.33	0.57	1.75	—	5.28	0.88
云山青冈 <i>Cyclobalanopsis sessilifolia</i>	1.24	—	—	—	4.03	—	5.27	0.88
桃叶石楠 <i>Photinia prunifolia</i>	1.94	1.15	0.43	0.89	0.74	—	5.15	0.86
蕈树 <i>Altingia chinensis</i>	—	3.81	—	—	—	—	3.81	0.64

* 表中所列的种类为乔木层中总重要值 ≥ 5 的树种;Total 均包括该种在 6 个样地的重要值之和;%代表某一物种重要值在 6 个样地总重要值 (600) 的比例

3.4 群落藤本植物与重要值分析

在 6 个样地中许多藤本植物属于热带、亚热带分布属(表 4),如钩藤、藤黄檀、菝葜、瓜馥木等为泛热带分布属,网脉酸藤子等为旧世界热带属,链珠藤为热带亚洲至大洋洲分布属,雀梅藤为热带亚洲至热带美洲间断分布属,常春藤为热带亚洲至热带非洲分布属^[21-22]。

统计表明,6 个样地合计藤本植物 36 种中,粗大木质藤本共 26 种,如野木瓜、木通、鸡血藤、钩藤、瓜馥木等,占 72.2%,草质藤本为 10 种,占 27.8%。整体来看,热带性的藤本植物属,与南亚热带沟谷林相当。相对而言,样地 P1、P4、P6 中,藤本的丰度、热带性较其它 3 个样地更强,又以样地 P6 的热带性最丰富,含 6 种。

表 4 井冈山沟谷林群落层间藤本植物代表种重要值分析
Table 4 Importance value of lianas in the interlayer of the ravine communities in Mount Jinggangshan

种名 Species	重要值 IV						Total	%
	P1	P2	P3	P4	P5	P6		
瓜馥木 <i>Fissistigma oldhamii</i>	3.43	1.7	7.97		—	9	22.1	3.6
链珠藤 <i>Alyxia sinensis</i>	0.62	7.5	1.03	0.7	—	—	9.85	1.6
菝葜 <i>Smilax china</i>	6.09	1.21	0.64	1.11	—	—	9.05	1.6
雀梅藤 <i>Sageretia thea</i>	—	—	—	3.85	—	4.03	7.88	1.4
常春藤 <i>Hedera nepalensis</i> var. <i>sinensis</i>	0.59	—	—	0.37	—	4.84	5.8	1
密齿酸藤子 <i>Embelia vestita</i>	3.93	—	1	—	—	0.84	5.77	1
藤黄檀 <i>Dalbergia hancei</i>	1.17	—	—	0.59	—	1.95	3.71	0.6
钩藤 <i>Uncaria rhynchophylla</i>	—	—	—	—	—	3.32	3.32	0.6
酸藤子 <i>Embelia laeta</i>	—	3.02	—	—	—	—	3.02	0.6
三叶崖爬藤 <i>Tetrastigma hemsleyanum</i>	—	—	2.56	—	—	—	2.56	0.4
流苏子 <i>Coptosapelta diffusa</i>	—	1.06	0.67	—	0.82	—	2.55	0.4
千金藤 <i>Stephania japonica</i>	—	0.19	—	1.98	—	—	2.17	0.4
木通 <i>Akebia quinata</i>	—	—	—	0.73	0.91	0.37	2.01	0.4
土茯苓 <i>Smilax glabra</i>	0.82	—	—	—	1.07		1.89	0.4
粗叶悬钩子 <i>Rubus alceifolius</i>	—	—	—	1.62	—	—	1.62	0.2
亮叶鸡血藤 <i>Callerya nitida</i>	1.6	—	—	—	—	—	1.6	0.2
圆苞杜根藤 <i>Justicia championii</i>	—	—	—	—	—	1.43	1.43	0.2
野木瓜 <i>Stauntonia chinensis</i>	—	0.19	—	—	—	1.12	1.31	0.2
崖爬藤 <i>Tetrastigma obtectum</i>	—	—	—	—	—	1.31	1.31	0.2
暗色菝葜 <i>Smilax lanceifolia</i> var. <i>opaca</i>	0.53	—	0.64	—	—	—	1.17	0.2
酸味子 <i>Antidesma japonicum</i>	0.66	—	0.39	—	—	—	1.05	0.2
玉叶金花 <i>Mussaenda pubescens</i>	0.63	—	—	—	—	0.39	1.02	0.2
清香藤 <i>Jasminum lanceolarium</i>	1.01	—	—	—	—	—	1.01	0.2
锈毛莓 <i>Rubus reflexus</i>	—	—	1	—	—	—	1	0.2

表中所列为重要值大于 1 的物种;%代表某一物种在 6 个样地重要值之和占 6 个样地中总物种重要值之和 (600)的百分比

3.5 群落草本植物与重要值分析

统计 6 个样地共有草本植物 93 种,其中蕨类植物 43 种(表 5),在多个样地中同时出现的主要种类有草珊瑚,狗脊,宽叶薑草,鳞毛蕨,淡竹叶,赤车,凤丫蕨,江南卷柏,石韦,阴地蕨,冷水花等,按草本层重要值排序,重要值最大的为狗脊(36.98),其次为草珊瑚(17.9)、鳞毛蕨(13.95)、凤丫蕨(10.37)、冷

水花(9.59)、江南卷柏(9.56)、福建观音莲座(9.23)、芒萁(8.35)、披针骨牌蕨(7.84)、攀援星蕨(6.83)、里白(6.01)、珍珠茅(5.58)、深绿卷柏(5.34)、线蕨(5.15)。其中,草本层中多为喜温喜湿种,主要为蕨类植物,其以泛热带和热带亚洲分布为多,如狗脊、凤丫蕨、福建观音莲座等,其中,粗齿黑桫欏等为热带林常见的大型树蕨,其他如鳞毛蕨、江

南卷柏等为世界广布种^[23-24]。另外,冷水花也为泛热带分布^[20]。草珊瑚、淡竹叶、赤车等为亚热带

表 5 井冈山低地雨林群落灌草本植物重要值分析

Table 5 Importance value of dominant plants in shrub and grass layer of the ravine communities in Mount Jinggangshan

种名 Species	重要值 IV						Total	%
	P1	P2	P3	P4	P5	P6		
狗脊蕨 <i>Woodwardia japonica</i>	6.03	2.2	11.6	5.2	9.71	2.24	36.98	6.2
草珊瑚 <i>Sarcandra glabra</i>	6	1.34	4.83	2.39	1.99	1.35	17.9	3
中华鳞毛蕨 <i>Dryopteris chinensis</i>	7.08	1.07	—	1.06	0.42	5.38	15.01	2.6
凤丫蕨 <i>Coniogramme japonica</i>	—	—	—	8.42	0.64	1.31	10.37	1.8
冷水花 <i>Pilea notata</i>	—	0.14	—	—	—	9.45	9.59	1.6
江南卷柏 <i>Selaginella moellendorffii</i>	0.69	—	7.89	—	—	0.98	9.56	1.6
福建莲座蕨 <i>Angiopteris fokiensis</i>	—	8.07	—	1.16	—	—	9.23	1.6
芒萁 <i>Dicranopteris pedata</i>	8.35	—	—	—	—	—	8.35	1.4
披针叶骨牌蕨 <i>Lepidogrammitis diversa</i>	—	—	—	—	—	7.84	7.84	1.4
攀援星蕨 <i>Microsorium brachylepis</i>	—	5.97	—	—	—	0.86	6.83	1.2
里白 <i>Diplazium glaucum</i>	—	—	—	—	6.01	—	6.01	1
黑鳞珍珠茅 <i>Scleria hookeriana</i>	—	0.52	—	5.06	—	—	5.58	1
深绿卷柏 <i>Selaginella doederleinii</i>	—	—	5.34	—	—	—	5.34	0.8
线蕨 <i>Colysis elliptica</i>	—	—	—	5.15	—	—	5.15	0.8
石韦 <i>Pyrrosia lingua</i>	—	2.15	—	0.99	—	1.74	4.88	0.8
扯根菜 <i>Penthorum chinense</i>	—	—	—	—	—	4.84	4.84	0.8
楼梯草 <i>Elatostema involucratum</i>	—	—	—	—	—	4.25	4.25	0.8
蔓赤车 <i>Pellionia scabra</i>	—	2.62	—	—	—	1.6	4.22	0.8
卵叶盾蕨 <i>Neolepisorus ovatus</i>	—	0.55	—	—	—	3.61	4.16	0.6
水龙骨 <i>Polypodiodes nipponica</i>	—	0.32	—	—	—	3.64	3.96	0.6
淡竹叶 <i>Lophatherum gracile</i>	—	—	—	0.25	2.57	0.73	3.55	0.6
赤车 <i>Pellionia radicans</i>	—	0.6	—	1.4	—	1.36	3.36	0.6
中华里白 <i>Diplazium chinense</i>	3.34	—	—	—	—	—	3.34	0.6
扁穗莎草 <i>Cyperus compressus</i>	—	—	0.97	—	2.34	—	3.31	0.6
星毛冠盖蕨 <i>Pileostegia tomentella</i>	—	—	—	3.09	—	—	3.09	0.6

表中所列为重要值大于 3 的物种;%代表某物种在 6 个样地中重要值之和占 6 个样地中总物种重要值之和(600)的百分比

3.6 各群落种类组成的区系地理成分特点

针对各群落的物种组成,按吴征镒所划分的 15 个分布区类型,分析种子植物属的地理成分^[21-22,25]。结果表明(表 6),井冈山沟谷林群落均以热带性成分占绝对优势,主要优势属:蚊母树属、马蹄荷属、含笑属、桫欏属、树参属、安息香属、杜英属、山矾属、紫金牛属、冷水花属等均为泛热带分布,也有部分温带区系成分的侵入^[26-27],如栲属、鼠刺属等。其热带性成分达 64.71%—77.94%,较之海南尖峰岭的 2 个热带雨林群落^[28]的热带性成分 83.15%—85.00% 稍低,但两个区域相差 8 个纬度,热带成分仅高 5.21%。而与南亚热带季风气候区的鼎湖山^[29]比较,热带性成分 76.38% 相接近,甚至略高。与三清山^[30]的典型亚热带常绿阔叶林比较,明显具有较高

的热带性成分。王希华^[31]对中国典型常绿阔叶林的分析表明,其热带性成分占 56.05%,温带性成分占 43.95%(含中国特有成分 6.37%)。从井冈山沟谷林看,具有从热带雨林向亚热带常绿阔叶林过渡的南亚热带区系特点,与亚热带地带性的典型常绿阔叶林植被有明显区别^[26]。

3.7 物种多样性

物种多样性指数、生态优势度、群落均匀度,可以从 3 个不同的角度表征群落组成和结构水平^[32]。表 7 表明,井冈山沟谷群落的 Shannon-Wiener 多样性指数为 4.44—5.46,略低于海南岛尖峰岭的 3 个典型热带山地雨林,后者为 5.02—6.05。与其它热带山地雨林群落^[28,33-34]相比,其 Shannon-Wiener 多样性指数也稍低。与鼎湖山典型的南亚热带季风常绿阔

叶林^[32,35] (4.12—4.57)、福建南靖的亚热带雨林^[36] (4.55)相比,其物种多样性指数接近,甚至更高;而比三清山典型的亚热带常绿阔叶林群落^[30,37]的物种多样性指数 (2.77—4.2)要高很多。另外,井冈山沟谷群落的生态优势度和群落均匀度数据分别为 0.04—0.102 和 0.73—0.86。整体来说,井冈山沟谷低地群落的物种多样性指数、生态优势度和群落均匀度指标,均与广东鼎湖山季风常绿林和福建南靖南亚热带雨林群落相一致,其群落的组成结构水平相似;且远超过同纬度或相近纬度中亚热带地区的其它独立山体,个别甚至与热带地区的常绿阔叶林群落相似。

表 6 井冈山地区典型群落的区系组成及与其他地区的比较

Table 6 The floristic composition of typical ravine communities in Mount Jinggangshan and the comparison with other regions											
分布区类型 Areal-types	尖峰岭 ^[28]		鼎湖山 ^[29]	井冈山,江西						三清山 ^[30]	典型常绿阔叶林 ^[31] Typical EBLF
				P1	P2	P3	P4	P5	P6		
1. 广布 Cosmopolitan	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2. 泛热带 Pan tropic	21.35	18.33	28	28.57	26.47	28.09	21.43	21.57	23.38	7.69	17.85
3. 东亚及热带南美间断 Trop. Asia & Trop. Amer. Disjuncted	6.74	6.67	4.4	3.36	8.82	10.11	6.12	3.92	6.49	15.38	2.5
4. 旧世界热带 Old world tropics	11.24	11.67	10.64	10.08	8.82	4.49	8.16	7.84	6.49	3.85	6.87
5. 热带亚洲至热带大洋洲 Trop. Asia to Trop. Australasia	8.99	8.33	8.95	4.2	2.94	13.48	6.12	1.96	6.49	3.85	4.49
6. 热带亚洲至热带非洲 Trop. Asia to Trop. Africa	4.49	5	6.74	4.2	4.41	0	4.08	1.96	7.79	0	4.74
7. 热带亚洲 Trop. Asia (Indo-Malaysia)	30.34	35	17.64	21.85	26.47	15.73	24.49	27.45	25.97	19.23	19.6
8. 北温带 North Temperate	3.25	3.33	7.9	10.08	7.35	5.62	6.12	11.76	10.39	7.69	12.73
9. 东亚及北美间断 E. Asia & N. Amer. Disjuncted	8.99	8.33	3.5	9.24	5.88	14.61	12.24	11.76	9.09	26.92	7.24
10. 旧世界北温带 Old World temperate	0	0	2.9	0	1.47	0	0	1.96	0	0	2
11. 温带非洲 Temp.	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0.75
12. 地中海区、西亚至中亚 Mediterranea W. Asia to C. Asia	1.12	1.67	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0.37
13. 中亚 C. Asia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14. 东亚 E. Asia	2.25	1.67	6.6	5.88	5.88	5.62	10.2	7.84	2.6	15.38	14.48
15. 中国特有 Endemic to China	2.25	0	2.1	2.52	1.47	2.25	1.02	1.96	1.3	0	6.37
热带分布总计 Total in Tropic	83.15	85	76.38	72.27	77.94	71.91	70.41	64.71	76.62	50	56.05
温带分布总计 Total in Temperate	16.85	15	23.62	27.73	22.06	28.09	29.59	35.29	23.38	50	43.95

—: 比例中扣除广布种

表 7 井冈山典型群落的物种多样性及与其他地区代表性群落的比较

Table 7 Species diversity index of the ravine communities in Mount Jinggangshan and comparison with representative communities of other regions						
地点 Site	群落名称 Names of association	面积 Area/ m ²	种数 Species numbers	物种多样性指数 Species diversity index	生态优势度指数 Ecological dominance index	均匀度指数 Community evenness index
尖峰岭,海南	倒卵阿丁枫+丛花厚壳桂+托盘青冈群落 Ass. <i>Altingia chinensis</i> + <i>Cryptocarya densiflora</i> + <i>Cyclobalanopsis patelliformis</i>	2500	125	5.92	0.025	0.85
	小叶白椎+海南黄叶树+紫树群落 Ass. <i>Castanopsis fabri</i> + <i>Xanthophyllum hainanense</i> + <i>Nyssa sinensis</i>	2500	120	6.05	0.044	0.88

续表

地点 Site	群落名称 Names of association	面积 Area/ m ²	种数 Species numbers	物种多样 性指数 Species diversity index	生态优势 度指数 Ecological dominance index	均匀度指数 Community evenness index
鼎湖山,广东	藜蒴+米花木+灰木群落 Ass. <i>Castanopsis fissa</i> + <i>Saurauia tristyla</i> + <i>Symplocos sumuntia</i>	2500	71	5.02	0.082	0.82
	锥栗+黄果厚壳桂群落 Ass. <i>Castanea</i> <i>enryi</i> + <i>Cryptocarya concinna</i>	1200	71	4.57	0.078	0.79
	藜蒴+厚壳桂群落 Ass. <i>Castanopsis fissa</i> + <i>Cryptocarya chinensis</i>	1200	61	4.12	0.086	0.69
南靖,福建	红栲群落 Ass. <i>Castanopsis fargesii</i>	3000	—	4.55	—	0.81
井冈山,江西	P1	1600	137	5.46	0.102	0.83
	P2	1600	83	5.2	0.040	0.86
	P3	1600	100	4.86	0.043	0.81
	P4	1600	118	4.48	0.076	0.74
	P5	1600	97	4.92	0.096	0.82
	P6	1600	120	4.44	0.066	0.73
三清山,江西	钩锥+山腊梅群落 Ass. <i>Castanopsis</i> <i>tibetana</i> + <i>Chimonanthus nitens</i>	1200	82	2.77	—	0.86
	长柄双花木群落 Ass. <i>Disanthus</i> <i>cercidifolius</i> subsp. <i>longipes</i>	1200	56	4.2	—	0.79

3.8 频度分析

频度 (Frequency) 表示某一种群的个体在群落中水平分布的均匀程度^[18]。按照 Raunkiaer 的 5 个频度等级对井冈山沟谷低地群落进行频度分析 (图 1)。

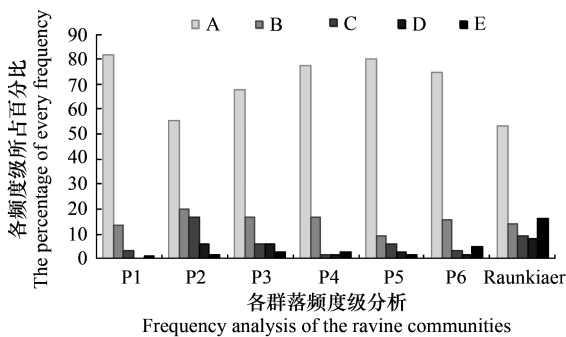


图 1 井冈山典型群落的频度分析

Fig.1 Frequency analysis of the ravine communities in Mount Jinggangshan

(1) 各频度级关系为: A>B>C>D<E

由图 1 可知, 群落 P1、P4、P6 的频度级关系与 Raunkiaer 频度规律 (A>B>C>D<E) 相似。由于群落中组成种群较多, 大量偶见种的出现使 A 级物种比例明显增大, D、E 两级比例显著缩小, 甚至接近于 0。与尖峰岭热带山地雨林的原始林群落的频度级

关系相似^[28]。

(2) 各频度级关系为: A>B>C>D>E

由图 1 可知, 群落 P2、P3、P5 的频度级关系与 Raunkiaer 频度规律 A>B>C>D<E 有所不同, 但与海南岛热带雨林的频度分布规律 A>B>C>D>E^[38] 仍相似。在群落中频度级为 A 级的物种所占比例很大, 这一现象与单种属及扩散种较丰富有关, 说明群落中偶见种较多, 来源丰富。E 级物种数少则从一定程度上反映了群落的物种分布不甚均匀, 优势种与建群种相对较明显。

3.9 其它生态特征

在井冈山沟谷林群落中, 层间植物较丰富。主要有附生的兰花、小型的蕨类和藤本, 其中藤本以灌木状藤本占优势, 如藤黄檀、瓜馥木、酒饼叶等; 也有部分中、大型木质藤本, 如木通、野木瓜、钩藤、鸡血藤、拓树、秤钩风等, 高达 10m 以上, 径可达 15cm, 木质茎在层间弯曲盘绕, 总长度可达 30m 以上。

群落中的板根现象常有出现。主要见于栲、杜英、木莲等高大乔木, 通常为长、高均小于 1.5m 的中小型板根。偶见较大的板根可在地面延伸 2—3m, 高达 1.5m。

群落种类组成显示着起源上的古老性。建群种大果马蹄荷起源于第三纪, 山胡椒属 (山柃)、樟属

(香桂、辣汁樟)、柯属(东南石栎、滑皮柯、甜茶稠)、山茶属(野茶树)、槭属(青榨槭、长柄槭、五裂槭)等也是第三纪残遗成分。

4 结论与讨论

(1) 井冈山亚热带沟谷季雨林群落形成的原因

井冈山沟谷、低地季雨林各群落的物种组成丰富,各群落间随海拔高度的上升,物种丰富度稍有减少。热带性的优势科属、物种多样性指数、生态优势度、群落均匀度等,均远超同纬度或相近纬度地区的独立山体,而与南亚热带地区(北回归线地区)相似,甚至更丰富,还有其他一些重要的热带性雨林特征,如:群落区系起源古老,大型木质藤本、板根现象、寄生、附生以及兰科植物均较丰富。

井冈山地处中亚热带南缘,地质地貌复杂多样,相对海拔高差近 1900m,导致热能和水在时空上有明显差异,形成了中-南亚热带,中亚热带,北亚热带和暖温带等 4 个垂直气候亚带,发育出丰富的土壤和植被类型。受地貌和水文条件等的影响,在井冈山西南流向的湘洲河和行洲河的低海拔沟谷地段形成了温暖潮湿的沟谷环境,具有避风、湿度大和热量足的特点,土壤为具有丰富有机质的山地红壤或黄壤,为某些热带区系成分的生存提供了有利条件,从而发育形成了具有南亚热带性质的亚热带沟谷季雨林。

(2) 井冈山地区沟谷季雨林群落的生态地理学意义

井冈山保存的亚热带沟谷季雨林是“印度-马来界”植被和群落类型向北延伸的“飞地”。在演替上常被称为侵入群落^[2]或孑遗群落,这一类型显然是超地带性的,在植被或区系演替上具有重要意义。整体上,井冈山保存有冰期以来亚洲东部地区最为丰富完整的生物区系、生物多样性,是反映陆地生态系统、生物群落在冰期自“自北向南”退缩,以及间冰期“自南向北”重新扩张等重大地质历史演化事件和重要生态发育过程的重要例证。也是各类珍稀濒危物种、孑遗种,各类原始的维管植物,以及区域特有种、中国特有种的天然避难所。这也冲破了通道县(为湖南、贵州、广西三省交界)南部亚热带雨林为亚热带雨林的最北缘类型的界限^[15],对研究我国植被的分布、类型和演替都有重要的价值。

References:

- [1] Wu Z Y. Chinese Vegetation, Beijing: Science Press, 1980: 1-1144.
- [2] Lin Y. Discussion of the vegetation types of Nanling Mountain and its position in the Chinese vegetation regionalization. Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica, 1965, 3(1): 65-67.
- [3] Wang B S. Discussion of the level regionalization of monsoon forests. Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica, 1987, 11(2): 154-158.
- [4] Zhang H D. Tropical Rainforest (Richards P G). Beijing: Science Press, 1959: 1-534.
- [5] Alexanderson C, Carlos A D. Ecology of the elfin woods warbler (*Dendroica angelae*). I. Distribution, habitat usage, and population densities. Caribbean Journal of Science, 1984, 20(1/2): 89-96.
- [6] Dodson J R, Myers C A. Vegetation and modern pollen rain from the Barrington Tops and Upper Hunter River Regions of New South Wales. Australian Journal of Botany, 1986, 34: 293-304.
- [7] Laidlaw M, Olsen M, Kitching R L, et al. Tree floristic and structural characteristics of one hectare of subtropical rainforest in Lamington National Park, Queensland. Proceedings of the Royal Society of Queensland, 2000, 109: 91-105.
- [8] Menzel F, Kitching RL, Sarah L. Boulter S.L. Host specificity or habitat structure? — The epicortical beetle assemblages in an Australian subtropical rainforest. European Journal of Entomology, 2004, 101(2): 251-259.
- [9] Chao W C, Chao K J, Guo-Zhang M. Song and Chang-Fu Hsieh. Species composition and structure of the lowland subtropical rainforest at Lanjenchi, Southern Taiwan. Taiwan, 2007, 52(3): 253-269.
- [10] Chao W C, Wu S H, Lin H Y. Distribution patterns of tree species in the Lanjenchi lowland rain forest, Taiwan, 2007, 52(4): 343-351.
- [11] Huang W L. Vegetation type classification system of Taiwan islands. Guizhou Science, 2003, 21(1/2): 40-44.
- [12] Lin P, Qiu X Z. Subtropical rainforest of Hexi in Nanjing County, Fujian Province, China. Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica, 1987, 11(3): 161-170.
- [13] Wei S Z. Discussion on subtropical rain forest of Letu, Nabajing County, Fujian Province. Journal of Fujian teacher's university (Natural Science), 1988, 4(2): 100-107.
- [14] He J. Discussion of the subtropical rain forests of southeast China, starting at the found of subtropical rain forest of Hexi, Nabajing County, Fujian Province. Journal of Xiamen University, 1955, 5: 31-34.
- [15] Duan W X. The subtropical rain forest and its reasons for the formation in the south of Tongdao county. Natural Science Journal

- of Huaihua Teacher's College, 1989, 8 (1): 70-73.
- [16] Song Y C. Tentative classification scheme of evergreen broad-leaved forests of China. *Acta Phytocologica Sinica*, 2004, 28 (4): 435-448.
- [17] Song Y C, Xu G S, Chen W L, Wang X H, Da L J, Chen T C. Evergreen broad-leaved forest in Taiwan and its relationship with counterparts in mainland China. *Acta Phytocologica Sinica*, 2003, 27(6): 719-732.
- [18] Wang B S, Yu S X, Peng S L. Nature Protocols of Phytocoenology. Guangzhou: Guangdong Higher Education Press, 1996:23-105.
- [19] Wu Z Y, Zhou Z K, Li D Z, Peng H, Sun H. The Areal-types of the world families of seed plants, *Acta Botanica Yunnanica*, 2003, 25 (3): 245-257.
- [20] Lin P. Phytosociology. Shanghai: Shanghai Scientific and Technology Press, 1986: 178-190.
- [21] Wu Z Y. The areal- types of Chinese genera of seed plants. *Acta Botanica Yunnanica*, 1991, 1: 1-139.
- [22] Wu Z Y. The areal- types of Chinese genera of seed plants. *Acta Botanica Yunnanica*, 1991, 1: 141-178.
- [23] Lu S G. Floristic of Pteridophytes in China. *Flora of China*. Beijing: Science Press, 2004: 80-94.
- [24] Lu S G. Floristic Outline of Pteridophytes in China. *Advances in plant sciences*. Beijing: Higher Education Press, 2004, 6: 29-41.
- [25] Wu Z Y, Zhou Z K, Sun H, Li D Z, Peng H. The Areal- types of Seed Plants and their Origin and Differentiation. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 2006: 146-451.
- [26] Lin Y. Scientific Survey and Research on Jinggangshan Nature Reserve. Beijing: Xinhua Publishing House, 1990: 1-544.
- [27] Liu R L, Tang G C. Study on flora of spermatophyte in Jinggang Mountain. *Journal of Wuhan botanical research*, 1995, 13 (3): 210-218.
- [28] Li Y D. Community characteristics of Tropical mountain rain forest in Jianfengling, Hainan island. *Journal of Tropical and Subtropical botany*, 1997, 5(1): 18-26.
- [29] Chen B Y, Li Z X, Zhang G C. Floristic analysis of Dinghu Shan. *Research of Tropical and Subtropical forest ecological system*, 1982, 1:48-57.
- [30] Shen R J, Lin S S, Fan Q, Jin J H, Liao W B, Zhong F H. Study on Dominant Community of *Disanthus cercidifolius* subsp. *longipes* from Mountain Sanqingshan of Jiangxi Province. *Journal of Wuhan botanical research*, 2009, 27(5): 501-508.
- [31] Wang X H. The Phytogeography and Species Diversity of Typical Evergreen Broad-leaved Forest in China [D]. Shanghai: East China Normal University, 2006, 1-121.
- [32] Peng S L, Zhou H C, Chen T X. The quantitative characters of organization of forest communities in Guangdong, *Acta Phytocologica et. Geobotanica Sinica*, 1989, 13 (1): 10-17.
- [33] An S Q, Zhu X L, Wang Z F, Campbell D G, Li G Q, Chen X L. The plant species diversity in a tropical montane rain forest on Wuzhi Mountain, Hainan, *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 19 (6): 803-809.
- [34] Fang J Y, Li Y D, Zhu B, Liu G H, Zhou G Y. Community structures and species richness in the montane rain forest of Jianfengling, Hainan Island, China. *Biodiversity Science*, 2004, 12 (1): 29-43.
- [35] Huang Z L, Kong G H, He D Q. Plant community diversity in Dinghushan Nature Reserve. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20 (2): 193-198.
- [36] Lian Y W, Zhang Y H, Zhu X L, Xu J S, Li Z J. Analysis on species diversity and succession trend of subtropical rainforest in Hexi, Fujian. *Journal of Xiamen University (Natural Science)*, 2000, 39 (3): 392-399.
- [37] Guo W, Shen R J, Wu J H, Liao W B, Peng S L, Chen H. Analysis on community composition and structure of *Pseudotsuga gaussenii* in Sanqing Mountain of Jiangxi Province. *Journal of plant resources and environment*, 2007, 16 (3): 46-52.
- [38] Hu Y J, Li Y X. Tropical Rain Forests of Hainan Island. Guangzhou: Guangdong Higher Education Press. 1992: 1-29.

参考文献:

- [1] 吴征镒主编. 中国植被. 北京: 科学出版社, 1980: 1-1144.
- [2] 林英. 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. *植物生态学与地植物学丛刊*, 1965, 3(1): 65-67.
- [3] 王伯荪. 论季雨林的水平地带性. *植物生态学与地植物学学报*, 1987, 11(2): 154-158.
- [4] 理查斯. 热带雨林//张宏达等, 译. 北京: 科学出版社, 1959: 1-534.
- [11] 黄威廉. 台湾植被类型分类系统. *贵州科学*, 2003, 21 (1/2): 40-44.
- [12] 林鹏, 邱喜昭. 福建南靖县和溪的亚热带雨林. *植物生态学与地植物学报*, 1987, 11 (3): 161-170.
- [13] 魏守珍. 福建省南靖乐土亚热带雨林探讨. *福建师范大学学报 (自然科学版)*, 1988, 2.
- [14] 何景. 从福建南靖县和溪镇“雨林”的发现谈到我国东南亚热带雨林区. *厦门大学学报*, 1955, 5: 31-34.
- [15] 段帷泞. 通道县南部亚热带雨林及其成因. *怀化师专自然科学学报*, 1989, 8 (1): 70-73.
- [16] 宋永昌. 中国常绿阔叶林分类试行方案. *植物生态学报*, 2004, 28 (4): 435-448.
- [17] 宋永昌, 徐国土, 陈伟烈, 王希华, 达良俊, 陈添财. 台湾常绿阔叶林主要类型及其与大陆常绿阔叶林的关系. *植物生态学报*. 2003, 27(6): 719-732.
- [18] 王伯荪, 余世孝, 彭少麟. 植物群落学实验手册. 广州: 广东高等教育出版社, 1996:23-105.
- [19] 吴征镒, 周浙昆, 李德铎, 彭华, 孙航. 世界种子植物科的分布区类型系统. *云南植物研究*, 2003, 25 (3): 245-257.

- [20] 林鹏. 植物群落学. 上海: 上海科学出版社, 1986: 178-190.
- [21] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型. 云南植物研究, 1991, 1 (增刊): 1-139.
- [22] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型. 云南植物研究, 1991, 1 (增刊): 141-178.
- [23] 陆树刚. 中国蕨类植物区系. 中国植物志 (第1卷) 北京: 科学出版社, 2004: 80-94.
- [24] 陆树刚. 中国蕨类植物区系概论. 植物科学进展. 北京: 高等教育出版社, 2004, 6: 29-41.
- [25] 吴征镒, 周浙昆, 孙航, 李德铎, 彭华. 中国种子植物属的分布区类型及其起源和分化. 昆明: 云南科技出版社, 2006: 146-451.
- [26] 林英. 井冈山自然保护区考察研究. 北京: 新华出版, 1990: 1-544.
- [27] 刘仁林, 唐赣成. 井冈山种子植物区系的研究. 武汉植物学研究, 1995, 13 (3): 210-218.
- [28] 李意德. 海南岛尖峰岭热带山地雨林的群落结构特征. 热带亚热带植物学报, 1997, 5(1): 18-26.
- [29] 陈邦余, 李泽贤, 张桂才. 鼎湖山植物区系的探讨. 热带亚热带森林生态系统研究, 1982, 1: 48-57.
- [30] 沈如江, 林石狮, 凡强, 金建华, 廖文波, 钟方华, 方华华. 江西省三清山长柄双花木优势群落研究. 武汉植物学研究, 2009, 27(5): 501-508.
- [31] 王希华. 中国典型常绿阔叶林植物地理与物种多样性研究 [D]. 上海: 华东师范大学, 2006.
- [32] 彭少麟, 周厚诚, 陈天杏. 广东森林群落的组成结构数量特征. 植物生态学与地植物学学报, 1989, 13 (1): 10-17.
- [33] 安树青, 朱学雷, 王峥峰, David G. Campbell, 李国旗, 陈兴龙. 海南五指山热带山地雨林植物物种多样性研究. 生态学报, 1999, 19 (6): 803-809.
- [34] 方精云, 李意德, 朱彪, 刘国华, 周光义. 海南岛尖峰岭山地雨林的群落结构、物种多样性以及在世界雨林中的地位. 生物多样性, 2004, 12 (1): 29-43.
- [35] 黄忠良, 孔国辉, 何道泉. 鼎湖山植物群落多样性的研究. 生态学报, 2000, 20 (2): 193-198.
- [36] 连玉武, 张宜辉, 朱小龙, 徐金森, 李振基. 福建南亚热带雨林物种多样性与群落演替趋势分析. 厦门大学学报 (自然科学版), 2000, 39 (3): 392-399.
- [37] 郭微, 沈如江, 吴金火, 廖文波, 彭少麟, 陈晖. 江西三清山华东黄杉群落的组成及结构分析. 植物资源与环境学报, 2007, 16 (3): 46-52.
- [38] 胡玉佳, 李玉杏. 海南岛热带雨林研究. 广州: 广东高等教育出版社, 1992: 1-29.