

清远白湾石灰岩山区村落风水林植物 物种多样性研究

徐瑞晶, 庄雪影, 莫惠芝, 黄川腾, 郑明轩, 蔡海华

(华南农业大学 林学院, 广东 广州 510642)

摘要:采用样方调查法,对清新县白湾镇石灰岩次生林的群落组成和植物多样性进行研究.在10个面积为400 m²的调查样方中,共记录维管植物151种,隶属61科119属.植物属的地理成分分析结果表明,79%的种子植物属为热带分布类群,以泛热带成分最为丰富(占34%),其次为旧世界热带和热带亚洲分布类型(均为16%);温带成分仅占19%.物种多样性分析结果表明,物种丰富度以草本层最丰富,其次为灌木层,乔木层较低;Simpson指数(*D*)和Shannon指数(*H'*)均以灌木层较高,草本层次之,乔木层较低;均匀度指数(*E*)以灌木层较高,乔木层次之,草本层较低.任豆 *Zenia insignis*、阴香 *Cinnamomum burmannii*、菜豆树 *Radermachera sinica*、海红豆 *Adenanthera microsperma*、朴树 *Celtis sinensis*、麻楝 *Chukrasia tabularis*、欆木 *Loropetalum chinense*、千里香 *Murraya paniculata* 和小芸木 *Micromelum integerrimum* 等在风水林中生长良好,可应用于石灰岩山地的植被恢复.

关键词:植物地理成分;物种多样性;石灰岩地区;风水林;清远

中图分类号: S718.54

文献标志码: A

文章编号: 1001-411X(2012)04-0513-06

Floristic Diversity of Fengshui Woods in Limestone Region, Qingyuan, China

XU Rui-jing, ZHUANG Xue-ying, MO Hui-zhi, HUANG Chuan-teng, ZHENG Ming-xuan, CAI Hai-hua
(College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: Floristic composition and species diversity of Baiwan Fengshui woods in the limestone region of Qingyuan City, Guangdong were studied by plot method. A total of 151 vascular plants were recorded in the 10 plots with an area of 400 m². They belong to 61 families and 119 genera. Among the 100 non-cosmopolitan genera, 79% are tropical distribution elements. They are dominated by pantropic elements. There were also higher percentage of old world tropic and tropic Asian elements. The results showed that there was the highest species richness in herbal layer, followed by shrub layer, and the lowest one in tree layer. There were the highest Simpson and Shannon indices in shrub layer, followed by herbal layer, and the lowest one in tree layer. Evenness was the highest in shrub layer, followed by tree layer, and the lowest one in herbal layer. *Zenia insignis*, *Cinnamomum burmannii*, *Radermachera sinica*, *Adenanthera microsperma*, *Celtis sinensis*, *Chukrasia tabularis*, *Loropetalum chinense*, *Murraya paniculata*, and *Micromelum integerrimum* were found to grow well in Fengshui woods. They can be used in rehabilitation of degraded limestone areas in Qingyuan City and even in other subtropical areas of Guangdong Province.

Key words: floristic geographical element; species diversity; limestone region; Fengshui woods; Qingyuan City

收稿日期: 2011-10-21

作者简介: 徐瑞晶(1987—),男,硕士研究生;通信作者: 庄雪影(1961—),女,教授,博士, E-mail: xyzhuang@scau.edu.cn

基金项目: 广东省林业科技创新专项资金项目(2008KJCX010-3, 2009KJCX014, 2010 KJCX010)

石灰岩地区环境特殊,地形崎岖,石多土少,土层浅薄,保水能力差,干季地面干旱,特别是夏日高温导致环境条件变幅大,生态系统十分脆弱,一旦破坏,更难以恢复^[1].有关广东省肇庆和英德石门台的石灰岩植物资源和植物区系研究已有报道^[1-3].广东省清远市清新县白湾地处石灰岩山区,由于长期的人为干扰,原生植被早已破坏殆尽,现有植被多为次生草丛和少数呈零星分布的次生残林.清远市清新县白湾田旁村风水林是当地面积较大、历史较为悠久、保存现状较好的风水林.目前,对香港和珠江三角洲地区的风水林已有一些研究^[4-7],但有关石灰岩山区风水林研究报道较少.本文报道了清新县白湾田旁村风水林群落的物种组成和植物多样性特点,比较分析了该风水林与典型石灰岩山地森林群落的差异,拟为该区退化山地的植被保护和恢复提供技术参考.

1 自然环境与研究方法

1.1 调查地自然环境

调查样地(24°15'30"N,112°49'06"E)位于清远市清新县北部的白湾.清新县地处广东省中部,北江中下游,是珠江三角洲与粤北山区的过渡地带,北部是典型的石灰岩山区,中部是中低山区,东南部以丘陵为主,西南部以平原为主.东邻佛冈、英德,北接阳山,西连广宁、四会,南面紧靠清城区和市区.清新县具南亚热带气候,冬无严寒,夏无酷热,气候温和,年平均气温在20~22℃之间,无霜期330 d以上,年均降雨量为2 139 mm^[8].

1.2 调查方法

所调查的风水林位于清远市清新县白湾田旁村后山,根据该林分的地形,设置10个20 m×20 m的样方,总面积4 000 m².在每个20 m×20 m样方中,记录样方内所有乔木(胸径大于2 cm)的种名、胸径、树高;并分别在4个角各设置1个5 m×5 m的小样方(共4个),记录所有灌木(胸径小于2 cm且株高大于50 cm)的种名、株高和株数,用于分析灌木层的植物多样性;在每个样方4个角和样方中线交汇处的4个角各设置1个1 m×1 m的小样方(共8个),记录所有草本(株高低于50 cm)植物的种名、盖度,用于分析草本层植物多样性.

1.3 数据处理

1.3.1 重要值计算 乔木层:重要值(IV)=相对多度(RA)+相对频度(RF)+相对显著度(RD);灌木

层:IV=RA+RF;草本层:IV=相对盖度(RC)+RF.其中,RA=(某一物种个体数/全部物种个体数)×100%;RF=(某一物种的频度/所有物种的频度和)×100%;RD=(某个树种的胸高断面积/全部树种的总胸高断面积)×100%;RC=(某个物种的盖度/所有物种的总盖度)×100%^[9].

1.3.2 多样性计算 Simpson 指数(D)= $1 - \sum P_i^2$; Shannon 指数(H')= $-\sum P_i \ln P_i$,其中, P_i 为物种*i*的个体数占群落中全部个体数的比例^[9].

1.3.3 均匀度指数 均匀度指数(E)= $H'/\ln S$,其中*S*为物种数目,即物种丰富度指数^[9].

2 结果与分析

2.1 清远石灰岩山区田旁村风水林植物成分分析

在4 000 m²的样方中共记录维管植物151种,隶属61科119属.其中蕨类植物9科13属20种,种子植物52科106属131种(表1).在种子植物中,含1种植物的属有94个,占总属数的88.7%,含2~5种的属有11个,占总属数的10.4%,仅榕属*Ficus*含5个代表种以上.从种子植物的生活型看,乔木有44种,灌木31种,藤本32种,草本24种.

表1 清远石灰岩山区田旁村风水林维管植物组成
Tab. 1 Vascular plant species composition of Tianpang village Fengshui woods in Qingyuan limestone area

类群	科数	占总科数 比例/%	属数	占总属数 比例/%	种数	占总种数 比例/%
蕨类植物	9	14.8	13	10.9	20	13.2
裸子植物	1	1.6	1	0.8	1	0.7
双子叶植物	47	77.0	94	79.0	117	77.5
单子叶植物	4	6.6	11	9.3	13	8.6
合计	61	100.0	119	100.0	151	100.0

在61科中,具5种以上的科有8个,共计42属61种,分别占调查记录到的植物科、属、种的13.1%、35.3%和40.1%.其中,大戟科的属种数最为丰富,其次为桑科和茜草科(表2).

2.2 种子植物属的分布区类型

根据吴征镒^[10-11]对中国种子植物属的分布类型划分标准,清远田旁村风水林的种子植物属共有12种地理成分(表3).其中:热带成分(2~7)有79属,占非世界分布属总数的79%;以泛热带分布类型最为丰富,占34%,其次为旧世界热带分布和热带亚洲分布类型,它们均分别占总属数的16%;温带成分(8~10,14)共19属,占总属数的19%;中国特有属只有2个(表3).

表2 清远石灰岩山区田旁村风水林植物优势科及其属种数
Tab. 2 Genera and species of the dominant families of Tianpang village Fengshui wood in Qingyuan limestone area

科名	属数	占有属比例/%	种数	占有种的比例/%
大戟科 Euphorbiaceae	10	8.4	14	9.2
桑科 Moraceae	3	2.5	10	6.6
茜草科 Rubiaceae	8	6.7	8	5.3
禾本科 Gramineae	6	5.0	7	4.6
紫金牛科 Myrsinaceae	4	3.4	6	3.9
芸香科 Rutaceae	4	3.4	6	3.9
蝶形花科 Papilionaceae	4	3.4	5	3.3
樟科 Lauraceae	3	2.5	5	3.3
合计	42	35.3	61	40.1

2.3 清远石灰岩山区田旁村风水林植物地理成分的R/T值

R/T值是指一个植物区系组成中热带成分属(R)和温带成分属(T)的比值,是衡量植物区系性质的一个指标. R/T值越大,热带性质越强^[12-14]. 从植物属的地理成分组成来看,清远白湾田旁村的地理位置与热带北缘的广西隆安和广东肇庆最为接近,其热带成分的比例相近,R/T值也较接近;与热带地区的海南和云南西双版纳相比,其热带成分明显较低,R/T值也较低;与中亚热带地区的云南石林、贵州六盘水和湖南道县相比,其热带成分较高,其R/T值也较高(表4).

表4 清远白湾田旁村风水林与国内其他石灰岩林分的地理成分比较

Tab. 4 Geographical elements among Tianpang village Fengshui wood and other limestone forests in China

地区	地理纬度	调查面积/km ²	物种数/种	热带成分占比/%	温带成分占比/%	R/T值	资料来源
广东清远白湾	24°15'N	4	106	79.0	19.0	4.16	
海南	18°10'~20°10'N	400	1 169	91.7	7.6	12.07	秦新生等 ^[15]
云南西双版纳	21°09'~22°36'N	3 600	1 269	90.1	9.6	9.39	朱华等 ^[16]
广西隆安	22°42'N	20	851	80.6	11.7	6.89	林海波等 ^[17]
广东肇庆	22°24'~24°24'N	22 000	267	75.0	23.9	3.14	岑庆雅等 ^[18]
云南石林	24°40'~24°55'N	50	864	56.2	42.1	1.33	崔建武等 ^[19]
湖南道县	25°15'~25°36'N	201	1 851	52.1	45.4	1.15	喻勋林等 ^[20]
贵州六盘水	26°11'~26°13'N	27	551	51.81	47.8	1.08	左经会等 ^[21]

著度和相对多度均较高,反映了该种在群落中具有较高的优势度和密度,但分布不均匀. 香叶树也有较多的大树;欆木相对多度较高,但相对显著度较小,

表3 清远石灰岩山区田旁村风水林种子植物属的分布区类型
Tab. 3 Generic distribution types of the spermatophyte of Tianpang village Fengshui wood in Qingyuan limestone area

分布区类型	属数	占总属数的比例 ¹⁾ /%
1. 世界分布	6	-
2. 泛热带分布	34	34
3. 热带亚洲和热带美洲间断分布	4	4
4. 旧世界热带分布	16	16
5. 热带亚洲至热带大洋洲分布	5	5
6. 热带亚洲至热带非洲分布	4	4
7. 热带亚洲分布	16	16
8. 北温带分布	7	7
9. 东亚和北美洲间断分布	6	6
10. 旧世界温带分布	3	3
14. 东亚分布	3	3
15. 中国特有分布	2	2
合计	106	100

1) - 表示未统计.

2.4 不同层次优势种分析

2.4.1 乔木层优势种 在调查样地中,共记录乔木层树种41个,都属于乔木型树种,重要值大于5的乔木有15种(表5),其重要值之和占乔木层重要值的81.54%. 重要值排在前5位的依次为阴香 *Cinnamomum burmannii*、香叶树 *Lindera communis*、欆木 *Loropetalum chinense*、绒毛润楠 *Machilus velutina* 和海红豆 *Adenanthera microsperma*,其重要值占乔木层重要值的53.85%. 其中,阴香的重要值最大,其相对显

反映该种具有较丰富的小径级个体. 此外,绒毛润楠、海红豆、樟树、朴树和菜豆树也有较高的重要值,但其相对显著度、相对密度和相对多度均不高.

表5 清远石灰岩山区田旁村风水林乔木层优势树种重要值(前15名)

Tab.5 Importance values of the dominant species in tree layer of Tianpang village Fengshui wood in Qingyuan limestone area (The top 15 species) %

种名	相对多度(RA)	相对频度(RF)	相对显著度(RD)	重要值(IV)
阴香 <i>Cinnamomum burmannii</i>	29.02	7.96	37.20	74.15
香叶树 <i>Lindera communis</i>	8.33	7.96	18.90	35.21
欆木 <i>Loropetalum chinense</i>	14.08	4.42	3.37	21.88
绒毛润楠 <i>Machilus velutina</i>	5.46	6.19	5.34	17.00
海红豆 <i>Adenanthera microsperma</i>	2.87	6.19	4.25	13.32
樟树 <i>Cinnamomum camphora</i>	2.01	5.31	5.46	12.78
朴树 <i>Celtis sinensis</i>	2.87	5.31	3.24	11.43
菜豆树 <i>Radermachera sinica</i>	3.16	4.42	3.81	11.40
枫香 <i>Liquidambar formosana</i>	1.72	3.54	4.27	9.53
麻楝 <i>Chukrasia tabularis</i>	2.59	3.54	1.97	8.09
粗糠柴 <i>Mallotus philippensis</i>	2.87	3.54	0.36	6.78
香蒲桃 <i>Syzygium odoratum</i>	4.89	0.88	0.43	6.20
任豆 <i>Zenia insignis</i>	2.59	2.65	0.66	5.90
鸭脚木 <i>Schefflera heptaphylla</i>	1.15	3.54	0.84	5.53
巴豆 <i>Croton tiglium</i>	1.72	3.54	0.16	5.43

从林木的径级及树高分布现状来看,该群落乔木层近48.01%植株的胸径在10 cm以下;树高在10 m以下的植株占群落总数的62.87%(图1).

2.4.2 灌木层优势种 在样方中共记录了84个灌木层树种.重要值大于5的灌木层树种有10种(表6),其重要值之和占灌木层重要值的50%.重要值排在前5位的是假鹰爪 *Desmos chinensis*、驳骨九节 *Psychotria prainii*、海红豆、中南鱼藤 *Derris fordii* 和白花鱼藤 *D. alborubra*.海红豆、阴香和粗糠柴 *Mallotus philippensis* 为乔木型树种,中南鱼藤和白花鱼藤为藤本植物,其余均为灌木型树种.海红豆和阴香在灌木层具有较高的多度,反映了它们在群落演替中较强的自然更新能力.

2.4.3 草本层优势种 在样方中共记录了98种草本层植物,重要值大于5的种类有5种(表7),其重要值之和占草本层重要值的31.75%.重要值从大到小依次为花葶苔草 *Carex scaposa*、弓果黍 *Cyrtococcum patens*、密叶卷柏 *Selaginella tamariscina*、渐尖毛蕨 *Cyclosorus acuminatus* 和蔓生莠竹 *Microstegium fasciculatum*,其均为草本或蕨类植物.此外,在草本层中也有海红豆和阴香的小苗,反映出它们的种子可在群落中自然萌发和生长.

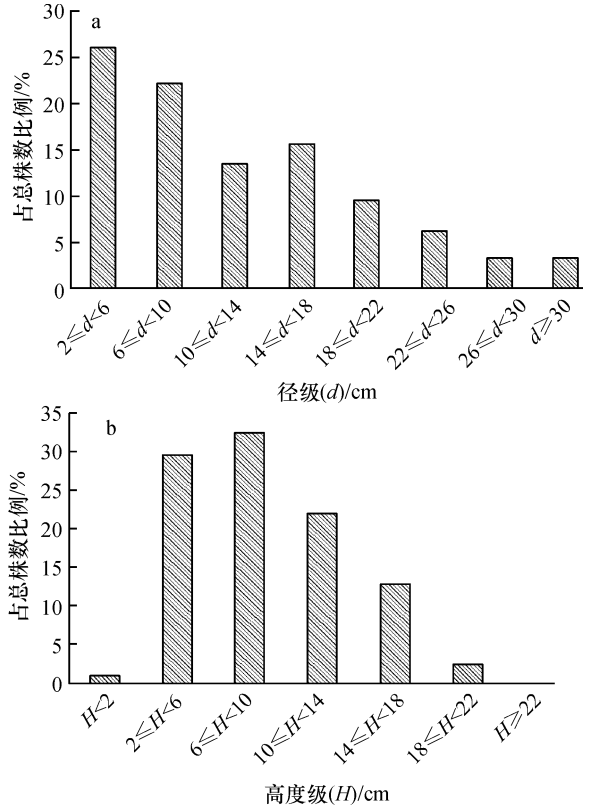


图1 清远石灰岩山区田旁村风水林乔木层林木的径级(a)及高度级(b)分布现状
Fig.1 Size (a) and height (b) distribution of the trees in Tianpang village Fengshui wood of Qingyuan limestone area

表6 清远石灰岩山区田旁村风水林灌木层优势种重要值(前10名)

Tab.6 Importance values of the dominant species in shrub layer of Tianpang village Fengshui wood of Qingyuan limestone area (The top 10 species) %

种名	习性	相对多度(RA)	相对频度(RF)	重要值(IV)
假鹰爪 <i>Desmos chinensis</i>	灌木	14.03	3.88	17.91
驳骨九节 <i>Psychotria prainii</i>	灌木	11.73	2.16	13.88
海红豆 <i>Adenanthera microsperma</i>	乔木	10.26	3.45	13.71
中南鱼藤 <i>Derris fordii</i>	藤本	9.74	3.02	12.76
白花鱼藤 <i>Derris alborubra</i>	藤本	5.76	2.59	8.35
红背山麻杆 <i>Alchornea trevioides</i>	灌木	4.19	3.88	8.07
穿鞘菝葜 <i>Smilax perfoliata</i>	藤本	3.04	3.88	6.92
阴香 <i>Cinnamomum burmannii</i>	乔木	2.51	3.88	6.39
粗糠柴 <i>Mallotus philippensis</i>	乔木	2.41	3.88	6.29
鸡柏胡颓子 <i>Elaeagnus loureiri</i>	灌木	2.51	3.02	5.53

2.5 不同层次植物多样性分析

不同层次物种多样性分析结果(表8)表明,田旁村风水林草本层的物种丰富度最大,乔木层最小,不同层次的植物丰富度变化趋势为:草本层 > 灌木

层 > 乔木层; Simpson 指数以灌木层最高, 乔木层最低, 不同层次的 Simpson 指数和 Shannon 指数 (H') 的变化趋势均表现为: 灌木层 > 草本层 > 乔木层; 乔木层和灌木层的均匀度指数在 0.790 ~ 0.802, 差异不明显, 草本层的均匀度指数较小, 3 个层次的均匀度表现为灌木层 > 乔木层 > 草本层。

表 7 清远石灰岩山区田旁村风水林草本层优势种重要值 (前 5 名)

Tab. 7 Importance values of the dominant species in herbal layer of Tianpang village Fengshui wood of Qingyuan limestone area (The top 5 species) %

种名	植物类群	相对盖度(RC)	相对频度(RF)	重要值(IV)
花萼苔草 <i>Carex scaposa</i>	禾草类	21.12	3.72	24.83
弓果黍 <i>Cyrtococcum patens</i>	禾草类	10.43	2.97	13.40
密叶卷柏 <i>Selaginella tamariscina</i>	蕨类	5.18	3.72	8.90
渐尖毛蕨 <i>Cyclosorus acuminatus</i>	蕨类	6.07	2.60	8.67
蔓生莠竹 <i>Microstegium fasciculatum</i>	禾草类	7.33	0.37	7.70

表 8 清远石灰岩山区田旁村风水林不同层次物种多样性比较

Tab. 8 Comparison of species diversity in different layers of Tianpang village Fengshui wood of Qingyuan limestone area

层次	丰富度指数(S)	Simpson 指数(D)	Shannon 指数(H')	均匀度指数(E)
乔木	11 ± 4	0.77 ± 0.10	1.89 ± 0.38	0.79 ± 0.09
灌木	24 ± 5	0.85 ± 0.10	2.52 ± 0.33	0.80 ± 0.11
草本	27 ± 5	0.83 ± 0.08	2.37 ± 0.35	0.72 ± 0.09

3 结论与讨论

在调查样方中共记录维管植物 151 种, 隶属 61 科 119 属。在 131 种种子植物中, 乔木 44 种, 灌木 31 种, 藤本 32 种, 草本 24 种。种子植物属的分布区类型以热带成分占优势, 占非世界分布属的 79%。

清远白湾石灰岩山区田旁村风水林乔木层优势种有阴香、香叶树、欏木、绒毛润楠和海红豆等; 灌木层优势种有假鹰爪、驳骨九节、海红豆和中南鱼藤等; 草本层优势种为花萼苔草、弓果黍和密叶卷柏等。物种丰富度以草本层较高, 乔木层较低; 多样性指数以灌木层较高, 乔木层较低; 均匀度指数以灌木层和乔木层较高, 草本层较低。

3.1 清远白湾石灰岩山区的植物群落与其他地区比较

清新县田旁村风水林是清远市石灰岩山区保护现状较好和时间较长的林分。与国内和省内其他地

区的石灰岩天然林群落相比较, 其植物种类比较贫乏。其原因一方面可能与本研究的调查面积较小有关, 另一方面也与植物区系的地带性有关, 但更重要的影响因素应与其生境条件恶劣和人为长期干扰作用有关。该风水林位于田旁村后山, 群落旁为县道, 人为干扰频繁。因此现有群落的物种组成特点是人工干扰与自然演替共同作用的结果。

从森林群落优势科的比较来看, 白湾田旁村风水林与广东肇庆石灰岩次生林^[18]、香港风水林^[6]和珠三角风水林^[7]的共有科为 7 个或 8 个; 但与云南西双版纳石灰岩次生林^[16]只有 5 个优势科共有。反映了田旁村风水林与同处南亚热带的风水林和石灰岩次生林的植物科组成更为接近。

从群落优势种来看, 华南地区风水林常见的乔木层优势种有中华锥 *Castanopsis chinensis*、荔枝 *Litchi chinensis*、阴香、樟树 *Cinnamomum camphora*、黄果厚壳桂 *Cryptocaria concinna*、中华楠 *Machilus chinensis*、荷木 *Schima superba*、黄桐 *Endosperma chinense*、黄杞 *Engelhardtia roxburghiana*、假苹婆 *Sterculia lanceolata*、红车 *Syzygium hancei* 和香蒲桃 *Syzygium odoratum* 等^[6-7]。而白湾田旁村风水林乔木层优势种与珠三角和香港风水林存在较大差异, 这反映了除了植物分布的地域性外, 石灰岩特殊的生境对石灰岩山区森林植物的分布也有重要的影响。

石灰岩山区生境具有高钙、干旱的特点, 其植被通常对高钙和干旱生境具有一定的耐受能力^[1]。因此, 石灰岩指示种也是石灰岩植物群落的重要特征。严岳鸿等^[1]在清远石门台保护区植物调查中所列出的 12 种石灰岩指示植物中, 只有 3 种在清远田旁村风水林中有记录, 它们分别是任豆 *Zenia insignis*、铁榄 *Sideroxylon wightianum* 和青檀 *Pteroceltis tatarinowii*。实地调查发现, 刺楸 *Kalopanax septemlobus*、圆叶乌柏 *Triadica rotundifolia* 和黄梨木 *Boniiodendron minus* 等石灰岩指示植物在白湾田旁村风水林附近的次生林中也有分布, 但在本风水林中未见。这种现象是人为干扰的结果, 还是自然演替的结果尚不清楚, 值得进一步研究。

目前有关石灰岩山区森林群落多样性及其演替的研究不多。区智等^[22]开展了桂西南岩溶植被不同演替阶段和不同层次植物多样性研究, 其研究结果表现为灌木层 > 草本层、灌木层 > 乔木层。白湾田旁村风水林群落的植物多样性变化趋势与之相近, 即表现为乔木层物种多样性较低、灌木层较丰富的特点。这可能是由于大多数乔木树种在石灰岩退化山

地曝晒而干旱的生境条件生长不良,限制了林冠层树种多样性的发展;但在林冠层保护下,林下生境条件得到改善,有利于灌木层植物多样性的发展;而灌木层的茂盛发育降低了地被层的光照条件,因此草本层植物的发展受到一定抑制。

3.2 清远白湾石灰岩山区的植物资源及利用前景

张祝平等^[23]报道了任豆、香椿 *Toona sinensis*、荷木和藜蒴 *Castanopsis fissa* 在粤北石灰岩山地的生理生态学特性研究,揭示了不同树种的生理生态学特性存在差异,如任豆和香椿比荷木和藜蒴速生,生态适应性更强,因此前者更适生于石灰岩地区。敖惠修等^[24]比较研究了广东和广西部分石灰岩树种的生长表现,提出任豆、菜豆树、光皮树 *Cornus wilsoniana*、阴香、柏木 *Cupressus funebris*、槐树 *Sophora japonica*、赤荚香槐 *Cladrastis platycarpa*、香椿、南酸枣 *Chorospondias axillaris*、枳椇 *Hovenia dulcis* 和川桂 *Cinamomum wilsonii* 等 11 个树种为广东省粤北石灰岩山区适生树种,且为具有较高经济价值的树种^[24]。在清远田旁村风水林中,除任豆、菜豆树和阴香等树种外,还看到海红豆、麻楝、青檀和朴树等树种。从田旁村风水林群落的调查结果来看,任豆、阴香、菜豆树、海红豆、朴树、麻楝、欏木、千里香 *Murraya paniculata* 和小芸木 *Micromelum integerrimum* 等在林分中均生长良好,它们在石灰岩植被恢复中具有较高的应用潜力。然而,由于石灰岩退化山地土层浅薄,植被稀少,水土流失严重,生态环境十分恶劣,特别是干旱胁迫严重,应用常规造林技术进行造林效果不理想,因此,根据植物的生长特性选择优良抗逆性植物,结合现代林业壮苗繁育和人工栽培技术,提高造林存活率和林木早期的生长率,是促进石灰岩退化山地森林恢复的技术关键。

参考文献:

[1] 严岳鸿,陈红锋,邢福武,等. 广东石门台自然保护区石灰岩地区植物区系和植被[J]. 热带亚热带植物学报,2002,10(4):348-355.

[2] 岑庆雅,暨淑仪,陈业林,等. 广东省石灰岩地区蕨类植物的种类及生态的研究[J]. 生态科学,1990,(2):86-94.

[3] 叶向斌,黎基崧,蔡维藩,等. 广东石灰岩地区野生观赏植物资源的调查研究[J]. 仲恺农业技术学院,1994,7(1):11-22.

[4] THROWER S. Floristics of the Fungshui wood [C] // THROWER L B. The vegetation of Hong Kong: Its structure and changes. Hong Kong: Royal Asiatic Society Hong

Kong Branch, 1975:57-63.

- [5] CHU W H, XING Fu-wu. A checklist of vascular plants found in Fungshui woods in Hong Kong [J]. Mem Hong Kong Nat Hist Soc, 1997, 21: 151-172.
- [6] YIP J K L, NGAR Y N, YIP J Y, et al. Venturing Fungshui woods [M]. Hong Kong: Power Digital Printing Co. Ltd, 2004: 1-133.
- [7] 陈红跃. 珠江三角洲风水林群落与生态公益林造林树种 [M]. 乌鲁木齐: 新疆科学技术出版社, 2007: 1-308.
- [8] 陈国基. 清远年鉴 [M]. 汕头: 汕头大学出版社, 2009: 318-319.
- [9] 李俊清. 森林生态学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 300-303.
- [10] 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: 1-1224.
- [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: 1-376.
- [12] 张晓丽, 武宇红, 赵静, 等. 邢台西部太行山区种子植物区系及其现其他山区区系的关系 [J]. 广西植物, 2006, 26(5): 535-540.
- [13] 王振杰. 河北山地高等植物区系研究 [D]. 石家庄: 河北师范大学, 2006.
- [14] 汪殿蓓, 李碧方, 施勇, 等. 双峰山国家森林公园种子植物区系特征 [J]. 东北林业大学学报, 2008, 36(3): 31-34.
- [15] 秦新生, 张荣京, 陈红锋, 等. 海南岛石灰岩地区植物区系研究概况 [J]. 热带林业, 2007, 35(增刊1): 6-9.
- [16] 朱华, 王洪. 西双版纳石灰岩森林的植物区系地理研究 [J]. 广西植物, 1996, 16(4): 317-330.
- [17] 林海波, 唐绍清. 广西龙虎山自然保护区种子植物区系分析 [J]. 亚热带植物科学, 2006, 35(1): 57-59.
- [18] 岑庆雅, 谢伟成, 暨淑仪. 广东肇庆石灰岩植物区系的基本特征 [J]. 广西植物, 1999, 19(2): 124-130.
- [19] 崔建武, 刘文耀, 李玉辉, 等. 云南石林地区石灰岩山地种子植物区系成分的研究 [J]. 广西植物, 2005, 25(6): 517-525.
- [20] 喻勋林, 薛生国. 湖南都庞岭自然保护区植物区系的研究 [J]. 中南林业学院学报, 1999, 19(1): 29-34.
- [21] 左经会, 林长松. 贵州野钟黑叶猴自然保护区种子植物区系研究 [J]. 六盘水师范高等专科学校学报, 2006, 18(3): 21-29.
- [22] 区智, 李先琨, 吕仕洪, 等. 桂西南岩溶植被演替过程中的植物多样性 [J]. 广西科学, 2003, 10(1): 63-67.
- [23] 张祝平, 敖惠修, 何道泉, 等. 粤北石灰岩山地主要造林树种的生理生态学特性 [J]. 植物生态学与地植物学学报, 1993, 17(2): 133-142.
- [24] 敖惠修, 何道泉. 粤北石灰岩山地的造林树种及造林技术 [J]. 广东林业科技, 1994(1): 16-19.