

广西岩溶植被自然分布规律及 对岩溶生态恢复重建的意义

李先琨, 苏宗明, 吕仕洪, 欧祖兰, 向悟生, 区 智, 陆树华

(广西壮族自治区、中国科学院广西植物研究所, 广西 桂林 541006)

摘 要: 广西的岩溶植被类型和物种多样性丰富, 分为 5 个植被型组 8 个植被型共 96 个群系, 广西岩溶植被纬度分布由南至北为季节性雨林→含热带成份的常绿落叶阔叶混交林→常绿落叶阔叶混交林, 生态结构复杂, 特有成分突出, 形成特殊的热带亚热带岩溶植物区系。岩溶区生态建设与植被恢复过程中, 需遵循植被地带性分布规律, 参照区域性顶极植物群落, 进行人工群落的重建设计, 选择优良乡土树种尤其是速生常绿阔叶树种, 模拟天然植被构建先锋植物群落, 乔灌藤草优化配置, 针对生境异质性的主导因子, 强化岩溶山地造林与封育管理技术, 有效提高生物生产效率和植被覆盖率, 开发特有适生的名特优产品, 带动经济发展、促进生态环境尽快改善。

关键词: 岩溶区; 自然植被; 地理分布; 生态重建; 植被恢复; 广西

中图分类号: S718; X171

文献标识码: A

广西岩溶面积为 $9.7 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占全区土地总面积的 41%, 地处热带亚热带气候条件下, 雨热充沛、光照充足, 生物资源、旅游资源等自然资源十分丰富, 但自然地理地质条件恶劣: 地形破碎, 山岳崎岖, 溶洞、地下河发育, 地表水缺乏, 生态系统脆弱、抗干扰能力低, 灾害频繁, 森林生态系统严重退化, 石漠化程度加剧, 面临的生态危机日益严重。广西岩溶地区 28 个重点岩溶县的森林覆盖率仅 12.90%, 其中碳酸盐岩山地森林覆盖率不到 1.20%, 裸岩石山面积大(占 27.97%), 岩溶植被生态系统功能低下^[1]。亟需构建生物多样性丰富、生态功能和经济效益良好的植被生态系统。

广西是全国植被类型最齐全和最丰富的省(区)之一; 广西岩溶区有高等植物 4 000 多种, 其中包含许多价值很高的资源植物和珍稀植物种类, 仅药用植物就有 2 000 多种。桂西南岩溶区是我国生物多样性三个特有现象分布中心之一; 弄岗自然保护区

是我国乃至世界少有的分布在北回归线以南保存面积较大、植物生态系统较完整、独特的石灰岩山地季节雨林。这些现存的岩溶森林植被为石漠化的治理和岩溶植被生态系统恢复提供了宝贵的参考系。

岩溶区生态环境建设和石漠化治理的首要任务是植被恢复。了解广西岩溶区植被的自然地理分布规律, 将有助于岩溶石漠化地区植被的恢复重建, 为生态建设提供科学理论依据。

1 广西岩溶植被及分区

岩溶区具有特殊的生态环境, 直接地影响着植被的分布和特征。广西的岩溶植被类型丰富、生态结构复杂, 物种多样性丰富, 特有成分突出, 许多是具有较高经济价值的名特优植物资源, 形成特殊的热带和亚热带岩溶植物区系。岩溶植被是一种地域性即非地带性植被, 它的出现主要不是受当地气候

收稿日期(Received date): 2003- 01- 18; 改回日期(Accepted): 2003- 02- 18。

基金项目(Foundation item): 国家自然科学基金(30069005, 30060022), 广西自然科学基金(桂科配 0135026), 国家科技攻关(2001BA606A- 08)项目资助。[The project funded by National Natural Science Foundation of China (No. 30069005), and Natural Science Foundation of Guangxi in China(No. 0135026), and the Plan for Tackle Key Problem of Science and Technology of National of China (2001BA606A- 08).]

作者简介(Biography): 李先琨(1967-), 男, 汉族, 广西桂林人, 副研究员, 主要从事植物生态和恢复生态学研究工作, 主持和参加国家科技攻关、国家自然科学基金项目多项, 发表论文 50 篇, 参编专著 2 部。[LI Xian-kun(1967-), male, associate researcher of Guangxi Institute of Botany, project aim is to study the degeneration ecosystems and the plant ecology. T el: 0773- 3550076; E- mail: xiankunli@163.com.]

的制约,而是受当地地域性环境如地质等的影响。岩溶植被是在岩溶地质环境条件下产生的,只要出现岩溶环境,就会出现一类与代表当地气候的地带性植被不同的植被类型。不同的气候带,岩溶植被也有不同的区系成份、结构和外貌,因此岩溶植被还是带有地带性的烙印。广西岩溶植被类型初步统计可分为5个植被型组、8个植被型、共96个群系(表1),其中:(1)针叶林仅有暖性针叶林植被型包括4个群系;(2)阔叶林植被型组有暖性落叶阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、常绿阔叶林、季节性雨林、次生季雨林等5个植被型共55个群系;(3)竹林植被型组仅2个群系;(4)藤刺灌丛植被型组分为暖性藤刺灌丛、热性藤刺灌丛2个植被型28个群系;(5)草丛有7个群系类型。

广西位于热带北缘,由南至北可分为热带雨林季雨林带和亚热带常绿阔叶林带:热带雨林季雨林

带仅有北热带季节性雨林(或称常绿季雨林)地带;常绿阔叶林带分为南亚热带季风常绿阔叶林和中亚热带典型常绿阔叶林两个地带。即由南至北,植被的纬度水平分布分为北热带季节性雨林、南亚热带季风常绿阔叶林、中亚热带典型常绿阔叶林三个地带。大体而言,桂南属于北热带,桂中属于南亚热带,桂北属于中亚热带。我国根据湿度差异,把植被的经度水平分布分为东部(湿润)亚区域和西部(半湿润)亚区域。广西植被的北热带和中亚热带都属于东部(湿润)亚区域,南亚热带绝大部份属于东部(湿润)亚区域,只有西端的田林、西林、隆林三县属于西部(半湿润)亚区域。

2 广西岩溶植被的地理分布

2.1 主要类型及其分布特征

表 1 广西岩溶植被类型分类系统表

Table 1 The classified system of natural vegetation in karst region of Guangxi

植被型组 Vegetation type group	植被型 Vegetation type	植被亚型 Vegetation sub type	群系数 No. of formation	群落数 No. of Community
针叶林 needle-leaved forest	暖性针叶林 warm needle-leaved forest		4	
	暖性落叶阔叶林 warm deciduous broadleaved forest		9	13
	常绿落叶阔叶混交林 evergreen-deciduous broadleaved mix forest		19	27
阔叶林 broadleaved forest	常绿阔叶林 evergreen broadleaved forest	硬叶常绿阔叶林 evergreen sclerophyllous broadleaved forest	1	2
		典型常绿阔叶林 typical evergreen broadleaved forest	2	3
	季节性雨林 seasonal rain forest		15	50
	次生季雨林 secondary seasonal rain forest		9	9
竹林 bamboo forest			2	
藤刺灌丛 climbing shrub lochmium	暖性藤刺灌丛 warm climbing shrub lochmium		15	
	热性藤刺灌丛 tropical climbing shrub lochmium		13	
草丛 herbosa			7	

按照《中国植被》^[2] 分类原则、依据、标准, 根据历次调查资料, 整理成广西岩溶植被类型分类系统, 各植被类型的地理分布分述如下。

2.1.1 暖性针叶林

广西岩溶地区的针叶林属暖性针叶林, 在广西全区针叶林中占的比重极小, 群落类型少、分布狭窄。岩溶区针叶林分布于亚热带(桂中、桂北)以及北热带(桂南)海拔> 700 m 区域, 主要有黄枝油杉林(*Keteleeria calcarea*)、翠柏林(*Calocedrus mcrolepis*)、短叶黄杉林(*Pseudotsuga bweifolia*)、广东松(*Pinus kwangtungensis*)林。

2.1.2 暖性落叶阔叶林

落叶阔叶林是岩溶区常见的植被类型, 亚热带、北热带海拔> 700 m 的岩溶区域有分布。之所以称为暖性落叶阔叶林, 是因为岩溶区的落叶阔叶林与暖温带的地带性植被——落叶阔叶林性质不同, 岩溶区的落叶阔叶林是该地区的代表性植被——常绿落叶阔叶混交林破坏后形成的, 种类组成为热带和亚热带区系成份, 与暖温带落叶阔叶林显然不同, 因而用暖性落叶阔叶林表示与暖温带落叶阔叶林的区别。岩溶地区的暖性落叶阔叶林虽然常见, 类型不少, 但破坏严重, 各地保存极少、分布星散、面积小, 能保存完好的群落面积更小。主要类型有: 榔榆林(*Ulmus parvifolia*)、朴树林(*Celtis sinensis*)、青檀林(*Pteroceltis tatarinowii*)、黄连木林(*Pistacia chinensis*)、小栎树林(*Koelreuteria mior*)、圆叶乌桕(*Sapium rotundifolium*)林、翅荚香槐林(*Cladrastis platycarpa*)、心叶蚬木林(*Burretiodendron esquirolii*)、岭南酸枣(*Allospodias lakonensis*)林。

2.1.3 常绿落叶阔叶混交林

常绿落叶阔叶混交林是中亚热带和南亚热带岩溶山地的代表性类型, 中亚热带常绿落叶阔叶混交林作为垂直带谱在南亚热带海拔> 700 m 的地方有分布; 南亚热带常绿落叶阔叶混交林作为垂直带谱在北热带海拔> 700 m 的地方有分布。由于破坏严重, 保存面积较少, 尤其是南亚热带常绿落叶阔叶混交林, 常常是作为片断分布于岩溶区村庄后山等“风水山”。主要类型包括: 青冈栎(*Cyclobalanopsis glauca*)圆叶乌桕林, 青冈栎、酸枣(*Choerospondias axillaries*)林, 青冈栎、黄连木(*Pistacia chinensis*)林, 青冈栎、化香(*Platycarya strobilacea*)林, 青冈

栎、大叶逼迫子(*Bridelia balansae*)林, 青冈栎、小栎树林, 铁屎米(*Cantium dicocum*)小栎树(*Koelreuteria mior*)林, 仪花(*Lysidece rhodostegia*)青冈栎林, 仪花石山樟(*Cinnamomum saxatile*)林, 榕树(*Ficus microcarpa*)小栎树林, 榕树、青冈栎、大叶皂角(*Gleditsia macracantha*)林, 滇青冈(*Cyclobalanopsis glaucoides*)小化香(*Platycarya glandulosa*)林, 杨梅叶蚊母树(*Distylium myricoides*)大穗鹅耳枥(*Capinus fargesii*)林等。

2.1.4 常绿阔叶林

常绿阔叶林是亚热带地带性植被类型, 岩溶地层在亚热带地区是一种区域性环境, 不可能产生地带性植被的常绿阔叶林, 但在某种环境条件下却可能出现一类不代表地带性的常绿阔叶林。在分类中它的性质相似于典型常绿阔叶林, 因而归为常绿阔叶林。包括硬叶常绿阔叶林和典型常绿阔叶林两大类。

1. 硬叶常绿阔叶林

硬叶常绿阔叶林是在地中海地区干旱气候条件下产生的一种植被类型, 该类型在我国西部(半湿润)亚区域的云南省有分布。广西的硬叶常绿阔叶林出现在中亚热带阳朔县和灵川县一带的峰林岩溶区的山地上部, 阳朔县和灵川县的气候不属于我国西部半湿润的气候, 但由于岩溶山地露岩覆盖面大、土壤覆盖面很少、坡面保水性能极差, 形成地质性的干旱, 于是产生一类叶型小、厚革质、常绿的阔叶林, 由于外貌与硬叶常绿阔叶林很相似, 所以归为硬叶常绿阔叶林^[3]。仅有乌冈栎(*Quercus phillyraeoides*)林一种类型。

2. 典型常绿阔叶林

典型常绿阔叶林是中亚热带地带性植被类型, 在中亚热带、南亚热带海拔> 700 m、北热带海拔> 1 300 m、上覆盖第四纪红土或有由砂页岩发育成红壤的岩溶山地, 水湿条件较好, 石灰(岩)土和酸性土树种混同生长, 以常绿阔叶树为主, 形成一类性质上与典型常绿阔叶林相似的常绿阔叶林。目前已知的类型有中亚热带罗城县的单性木兰(*Kmeria septentrionalis*)、栲树(*Castanopsis fargesii*)群落, 环江县木论保护区的单性木兰、红皮(*Castanopsis fargesii*)群落^[4], 北热带田阳县海拔 1 300 m 的黄杞(*Engelhardtia chrysolepis*)、青冈栎、长柄桢楠(*Machilus longipedicellata*)群落。

2.1.5 季节性雨林

季节性雨林是广西北热带地带性植被,北热带岩溶区代表性植被也叫季节性雨林,但岩溶区季节性雨林的种类组成与地带性季节性雨林完全不同,所以还是地域性植被。由于北热带岩溶地区季节性雨林的区系成份为热带性质,以常绿种类为主,组成植被类型的性质确是一种季节性雨林,所以命名为季节性雨林。从北热带岩溶区植被性质与亚热带不同可以看出,岩溶植被虽然是一种地域性植被,但带有地带性的烙印。北热带岩溶区季节性雨林受到较严重破坏,面积不大、零散分布,弄岗自然保护区还保存有较完好岩溶季节性雨林^[5]。岩溶区季节性雨林的主要群落类型有:

1. 蚬木(*Burretiodendron hsienmu*)林

蚬木林是北热带岩溶地区最有代表性的类型,南亚热带南缘,如平果、武鸣等县的岩溶地区,也有分布。弄岗保护区蚬木林的类型最多,有6个群落类型,蚬木林、石山山竹子(*Garcinia bracteata*)群落分布在天等县。北热带北缘的岩溶地区,出现一些比较耐寒的热带种类与蚬木组成群落的优势,如田阳县的蚬木、石山樟(*Cinnamomum saxatile*)群落和蚬木、大叶朴(*Celtis philippinensis*)群落;在海拔较高的地方还出现一些亚热带种类与蚬木组成群落的优势,如田阳县海拔700 m地方有蚬木、青冈栎群落,海拔>750 m有蚬木、榕树、黄连木群落。由于封山管护,龙州、田阳、武鸣等地还有小片蚬木纯林。

2. 肥牛树(*Muricococum sinense*)林

肥牛树林也是北热带岩溶地区最有代表性的类型,且经常与蚬木混生。但肥牛树林分布范围、群落类型均不及蚬木林,目前已知有六种群落类型,其中5个群落分布在弄岗保护区内。

3. 东京桐(*Deutzianthus tonkingensis*)林

东京桐林是北热带岩溶山地典型的季节性雨林,可能对热量条件要求较高,多见分布于北热带南缘的岩溶洼地。弄岗保护区东京桐林较常见,有4个群落类型。

4. 海南风吹楠(*Horsfieldia hainanensis*)林

以典型热带树种海南风吹楠为优势的类型分布范围和生境与东京桐林相同,但海南风吹楠数量比东京桐林少。海南风吹楠成为优势的类型主要分布于弄岗保护区,有4个群落类型。

5. 擎天树(*Parashorea chinensis*)林

以典型热带树种、龙脑香科的擎天树为优势的类型在广西岩溶地区北热带分布,且分布范围比海南风吹楠林广,可向北延伸至南亚热带都安县和巴马县的岩溶山地以及田阳县夹杂石灰岩的砂页岩山地。其中擎天树、海南风吹楠群落分布在龙州县;擎天树、乌榄(*Canarium pimela*)群落分布在那坡县;擎天树、火焰花(*Saraca chinensis*)群落分布在田阳县;擎天树、四瓣米仔兰(*Aglaia tetrapetala*)群落分布在都安县。

6. 火焰花(*Saraca chinensis*)林

火焰花林是极具代表性的季节性雨林,岩溶地区和砂页岩地区均有分布。岩溶区有三种群落,即火焰花、网脉核实群落,火焰花、海南风吹楠群落和火焰花、白头树、弄岗金花茶群落,均分布在弄岗保护区内。其他季节性雨林的类型还包括:五桠果叶木姜子(*Litsea dillenifolia*)林,瑶果林,安南牡荊(*Vitex annamsis*)、秋枫(*Bischofia javanica*)、米浓液林(*Teonongia tonkinensis*)、白头树(*Garuga pinnata*)、假肥牛树(*Cleistanthus kingii*)林,闭花木林,广西樗树(*Ailanthus guangxiensis*)林,翅荚香槐、毛阿芳(*Alphonsea mollis*)、海南厚壳桂林(*Cryptocarya hainanensis*)、假水石梓(*Planchomella pedunculata*)、细叶楷木(*Pistacia weinmannifolia*)林,纸叶琼楠(*Beilschmiedia pergamentacea*)、粗壮润楠(*Machilus robusta*)林。

2.1.6 次生季雨林

次生季雨林是季节性雨林破坏后演替的一个阶段,以落叶阔叶树为主,未恢复到以常绿树或常绿落叶树共占优势的阶段,类似于热带东南亚干旱地区的落叶林,由于它是次生的,所以称为次生季雨林。包括的主要类型有:海南蒲桃(*Syzygium cumini*)林、木棉(*Gossampinus malabarica*)疏林、任豆(*Zenia insignis*)林、顶果木(*Acrocarpus fraxinifolius*)林,弄岗保护区内还有小面积异叶翅子树(*Pterospermum heterophyllum*)林、广西芒木(*Eriolaena kwangsiensis*)林、勒档(*Zanthoxylum avicennae*)(*Allospondias lakonensis*)林、岭南酸枣(*Allospondias lakonensis*)、刺桐(*Erythria variegata* var. *orientalis*)林、肖韶子(*Pseudonophelium confine*)林。

2.1.7 竹林

岩溶区的竹林类型和面积均不多,仅有梁山慈竹(*Sinocalamus farinosus*)林和吊丝球竹

(*Sinocalamus beecheyanus*) 林两个类型。

2.1.8 藤刺灌丛

藤刺灌丛是广西岩溶区分布最广的植被类型, 是岩溶常绿落叶阔叶混交林和季节性雨林破坏后形成的。许多岩溶山地的植被恢复重建, 较大程度上是改造藤刺灌丛。

1. 暖性藤刺灌丛

暖性藤刺灌丛分布在南亚热带和中亚热带以及北热带海拔 > 700m 的岩溶地区, 常见的主要有 15 个类型: 木 (*Loropetalum chinense*) 灌丛, 红背山麻杆 (*Alchornea trewioides*) 灌丛, 黄荆条 (*Vitex negundo*) 灌丛, 龙须藤 (*Bauhinia championi*)、假老虎勒 (*Cesalpinia nuga*) 灌丛, 灰毛浆果楝 (*Cipadessa cinerascens*) 灌丛, 小果蔷薇 (*Rosa cyma*) 灌丛, 粤蛇葡萄 (*Ampelopsis cantoniensis*)、老鼠耳 (*Berchemia lineata*) 灌丛, 云实 (*Caesalpinia sepiaria*)、细叶楷木 (*Pistacia weinmannifolia*) 灌丛, 石山棕榈 (*Guihaia argyrata*) 灌丛, 广西绣线菊 (*Spiraea kwangsiensis*) 灌丛, 火棘 (*Pyracantha fortuneana*) 灌丛, 雀梅藤 (*Sageretia theezans*) 灌丛, 箬叶竹 (*Indocalamus longiauritus*) 灌丛, 斜叶榕 (*Ficus gibbosa*)、广西巴豆灌丛 (*Croton kangsiensis*)、亮叶鱼藤 (*Derrisfordii var. lucida*) 灌丛。

2. 热性藤刺灌丛

热性藤刺灌丛分布在北热带海拔 < 700m, 其组成种类少有分布到中亚热带岩溶地区, 部分种类可分布到南亚热带。热性藤刺灌丛常见的主要有 13 个类型: 余甘子 (*Phyllanthus emblica*) 灌丛, 番石榴 (*Psidium guajava*) 灌丛, 假鹰爪 (*Desmos cochinchinensis*)、黄藤 (*Calamus tetradactylus*) 灌丛, 香港鹰爪 (*Artabotrys hongkongensis*)、茶条木 (*Delavaya yunnanensis*) 灌丛, 副萼翼核果 (*Ventilago calyculata*)、咀签 (*Gouania leptostachya*) 灌丛, 矮棕竹 (*Rhapis humilis*) 灌丛, 山海带 (*Pleomele cambodiana*) 灌丛, 鸡爪勒 (*Randia sinensis*) 灌丛, 畏芝 (*Cudrania cochinchinensis*) 灌丛, 广西紫麻 (*Oreocnide kwangsiensis*) 灌丛, 羽叶金合欢 (*Acacia pinnata*)、小叶山柿 (*Diospyros dumetorum*) 灌丛, 鸡咀勒 (*Caesalpinia nuga*) 灌丛。其中香港鹰爪、茶条木灌丛, 副萼翼核果、咀签灌丛, 矮棕竹灌丛, 山海带灌丛是比较严格分布在北热带的。

2.1.9 草丛

岩溶地区的草丛分布面积不及灌丛, 类型也较少, 常见的主要有扭黄茅 (*Heteropogon contortus*) 草丛、纤毛鸭咀草 (*Ischaemum ciliare*) 草丛、龙须草 (*Eulaliopsis binata*) 草丛、类芦 (*Neyraudia reynaudiana*) 草丛、斑茅 (*Saccharum arundinaceum*) 草丛、臭根子草 (*Bothriochloa intermedia*) 草丛、飞机草 (*Eupatorium odoratum*) 草丛等 7 个类型, 除飞机草草丛分布于北热带外, 其余类型全区岩溶地区都有分布。

2.2 广西岩溶植被地理分布的规律性

2.2.1 水平分布

1. 纬度分布

广西岩溶植被的纬度分布自南至北为: 季节性雨林变化 → 含热带成份的常绿落叶阔叶混交林 → 常绿落叶阔叶混交林 (图 1), 所谓含热带成份的常绿落叶阔叶混交林是指有热带种类为共优种的类型, 例如仪花、青岗栎林; 仪花、石山樟林; 榕树、小栎树林; 榕树、青冈栎、大叶皂角林。具体地, 季节性雨林分布在北热带, 含热带成份的常绿落叶阔叶混交林分布在南亚热带, 常绿落叶阔叶混交林分布在中亚热带。次生类型同样有相应的分布规律, 自南至北由次生季雨林变化为暖性落叶阔叶林; 热性藤刺灌丛变化为暖性藤刺灌丛, 次生季雨林分布在北热带; 暖性藤刺灌丛分布在亚热带。岩溶地区草丛的优势种由于生态幅度较宽, 在广西范围未表现出纬度变化, 但从更大纬度尺度可以看出它的变化。草丛中的飞机草草丛是热性草丛, 只分布在北热带。暖性针叶林只限于亚热带, 往南至北热带就消失。

2. 经度分布

经度分布的变化不同于纬度分布的变化, 纬度变化是由于温度变化而引起, 造成植被带或植被地带的变化, 即植被型或亚型的变化; 经度变化是由于湿度变化而引起, 造成植被区的变化, 植被带或植被地带不变化, 即植被型或亚型不变化, 植被群系变化。上面已经介绍, 广西只有南亚热带季风常绿阔叶林地带有经度变化 (图 1)。广西南亚热带东部 (湿润) 亚区域的岩溶地区, 海拔 > 700 m 的植被为中亚热带常绿落叶阔叶混交林, 如青冈栎、化香林, 但到了西部 (半湿润) 亚区域, 例如海拔 1 300 m 的隆林县德峨, 常绿落叶阔叶混交林发生了同属不同种的变化, 湿润亚区域的青冈栎、化香林在半湿润亚区域更替为滇青冈、毛化香林。



a. 广西岩溶分布 The karst region in Guangxi



b. 广西植被分区 The vegetation and its subarea in Guangxi

- I_A: 东部湿润常绿阔叶林带 Evergreen broadleaved forest in wetness of eastern Guangxi
- I_{A1}: 中亚热带常绿阔叶林 Evergreen deciduous broadleaved mix forest in middle subtropic
- I_{A2}: 南亚热带季风常绿阔叶林 Evergreen broadleaved forest (containing tropic component) in south subtropic
- I_B: 西部半湿润常绿阔叶林 Evergreen broadleaved forest in semiarid region of western Guangxi
- II_A: 北热带季雨林 Seasonal rain forest in North tropic

图 1 广西岩溶植被地理分布图

Fig. 1 The horizontal pattern of Karst vegetation in Guangxi

2.2.2 垂直分布

由于岩溶区植被破坏严重, 无法在同一地点研究海拔梯度上植被的垂直变化。只有用不同地区海拔高度不同的植被的变化, 来阐明岩溶植被的垂直分布特征(图 2)。

1. 季节性雨林的垂直变化

岩溶区北热带海拔 < 700 m 的地方是季节性雨林, 雨林特征较明显。海拔 700 m 过渡为与南亚热带种类共优的类型, 海拔 > 700 m 过渡为与中亚热带种类共优的类型, 例如: 田阳县海拔 700 m 的地方, 蚬木与青冈栎共为优势; 靖西县海拔 750 m 的地方, 蚬木与榕树、黄连木、倒吊笔(*Wrightia pubescens*) 共为优势; 海拔 920 m 的地方, 蚬木与榕树、黄连木、青冈栎共为优势; 德保县海拔 730 m 的地方, 过渡为榕树、青冈栎、青檀共为优势的含热带成份的常绿落叶阔叶混交林; 田阳县海拔 1100 m 的不纯岩溶山地, 植被变化为以黄杞、青冈栎、长柄桢楠为优势的典型常绿阔叶林, 海拔 1300 m 的岩溶山地, 变化为以杨梅叶蚊母树、大穗鹅耳枥(*Carpinus fargesii*) 为优势的常绿落叶阔叶混交林。综合上述, 北热带岩

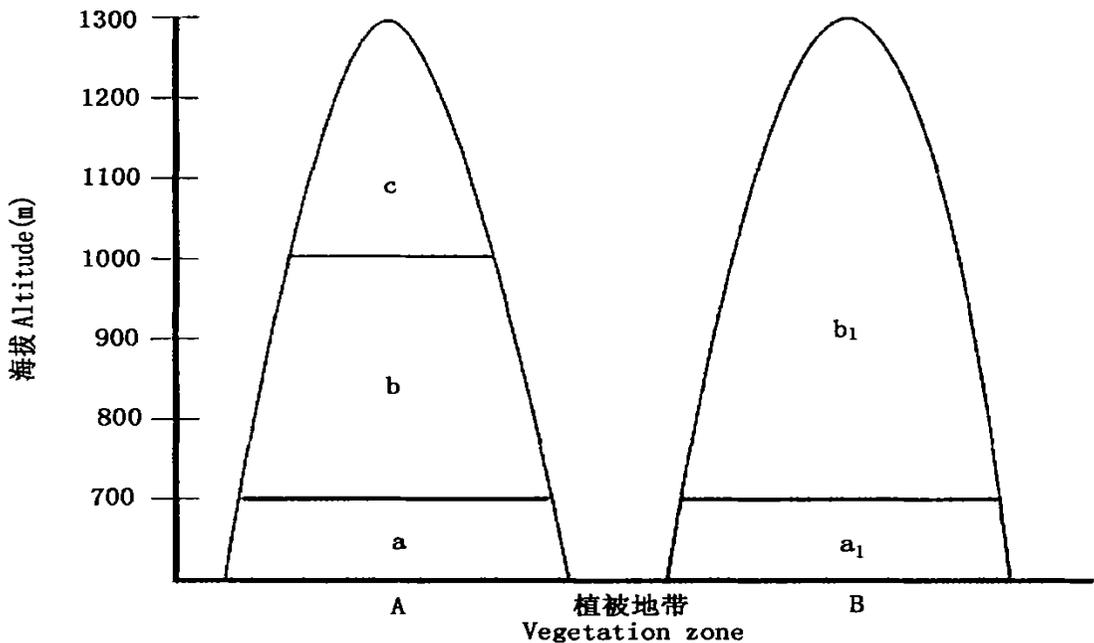
溶地区季节性雨林垂直变化大体上可以概括为: 海拔 > 700 m 区域为季节性雨林, 海拔 700~ 1000 m, 变化为含热带成份的常绿落叶阔叶混交林, 海拔 1000~ 1300 m, 变化为常绿落叶阔叶混交林(图 2 A)。

2. 含热带成份的常绿落叶阔叶混交林的垂直变化

广西岩溶区这种植被类型海拔梯度变化的资料极少, 南亚热带东兰县海拔 760 m 的岩溶山地, 是以青冈栎、小栾树、圆叶乌桕为优势的常绿落叶阔叶混交林, 热带种类消失; 在砂页岩山地南亚热带季风常绿阔叶林海拔 > 700 m 变化为典型常绿阔叶林, 所以南亚热带岩溶山地的含热带成份的常绿落叶阔叶混交林, 也是以海拔 > 700 m 变化为常绿落叶阔叶混交林(图 2B)。

3. 超地带性的分布

所谓超地带性的分布, 就是南亚热带的岩溶区出现北热带的植被类型, 中亚热带的岩溶区出现南亚热带的植被类型, 例如南亚热带的都安县出现以擎天树为优势的季节性雨林; 中亚热带的荔浦县出



A: 北热带季节性雨林垂直带谱 The perpendicular pattern of seasonal rain forest in north tropical, a: seasonal rain forest, b: evergreen-deciduous broadleaved mix forest (containing tropic component), c: evergreen-deciduous broadleaved mix forest
B: 南亚热带常绿落叶阔叶混交林垂直变化 The perpendicular pattern of evergreen-deciduous broadleaved mix forest in south subtropical, a₁: evergreen-deciduous broadleaved mix forest (containing tropic component), b₁: evergreen-deciduous broadleaved mix forest

图 2 广西岩溶山地植被垂直分异图

Fig. 2 The perpendicular pattern of Karst vegetation in Guangxi

现以仪花、石山樟为优势的含热带成份的常绿落叶阔叶混交林。当南亚热带南缘存在小环境较暖和的地形时,北热带的植被类型就有可能北上到此;中亚热的南缘出现小环境比较暖和的地形,南亚热带的植被类型也可能北上到此。

3 岩溶地区生态建设与植被恢复的有关问题

岩溶环境的特殊性表现在许多方面,如岩土的富钙性、缺水少土、土壤难形成易流失、存在地表地下两个相互联系的空间等^[6],其中岩石可溶性造就的地貌地形复杂性是其特殊性之一。在生态区划时把岩溶区作为一种特殊的类型来划分,称为旱性喀斯特生态系统区,或称之为(黔桂)喀斯特脆弱生态区^[7,8]。

生态环境建设关键在于植被的恢复重建^[9]。依据广西岩溶植被类型、自然组成、地理分布规律,在岩溶石漠化地区的生态建设与植被恢复过程中,进行人工植物群落重建设计,尽快恢复良好的植被生态系统,须遵循以下基本原则和生态原理。

3.1 物种多样性原理与优良乡土树种的运用

具有稳定生态功能和较高生产力的植被群落的关键在于适宜植物种类的选择,缺乏多样的适应性强的植物种类将导致该地区生物多样性的单一,群落稳定性差,不利于保持和发展持久的生态环境建设效力^[10]。选择优良的乡土树种尤其是速生常绿阔叶树种、同时适当从相似的生物地理气候地带引进优质高效性能稳定的适生树种,实行适地栽植,并与乡土树种一起营造人工混交林,改变树种单一的格局和岩溶区人工植被以落叶树种(任豆 *Zenia insignias*、香椿 *Toona sinensis*)为主的局面,提高植被系统的生态功能。

广西岩溶区具有丰富的植物资源,据不完全统计,岩溶区分布有植物种类4000多种,其中许多区域性自然植被的优势种类尚未用于岩溶山地的造林绿化,许多种类是生态功能和经济价值均表现良好的树种,如青冈栎(*Cyclobalanopsis glauca*)、仪花(*Lysidice rhodostegia*)、铁屎米(*Canthum dicoccum*)、海南蒲桃(*Syzygium cumini*)、闭花木(*Cleistanthus sumatranus*)、肥牛树(*Muricococcum sinense*)等等,应大力提倡适生植物的开发利用,针对不同的植被地带形成具有区域特色的岩溶植被。

通过实施国家自然科学基金项目和国家科技攻关课题,广西植物研究所、中国地质科学院岩溶地质研究所及有关合作单位在广西岩溶山区建立生态恢复示范区,在岩溶环境调查、地质背景分析基础上,选择适宜种植的速生先锋树种,在已经种植落叶树种任豆、香椿、南酸枣(*Choerospondias axillaries*)、苦楝(*Melia azedarach*)的山地上,加强常绿阔叶树种如青冈栎、菜豆树(*Radermachera sinica*)、海南蒲桃、银合欢(*Leucaena leucocephala*)、茶条木等的植树造林和直播造林,配置灌草种类如云实(*Caesalpinia sepiaria*)构建先锋群落,有条件的地段进行林下间作套种名特优药材,重点发展金银花(*Flos Lonicerae*)、苦丁茶(*Ilex kudingcha*)、青天葵(*Nervilia fordii*)、射干(*Belamcanda chinensis*)等,形成复层农林结构;土层较厚的梯地和洼地种植枇杷(*Eriobotrya japonica*)、火龙果(*Hylocereus undatus*)、黄皮(*Clauca lansium*)、澳洲坚果(*Macadamia integrifolia*)等经济价值较高的果树,在充分利用乡土植物的同时,引进开发优良适生种类,生态、经济效益并举,丰富岩溶山地的生物多样性,构建石漠化地区植被恢复的优良模式。

3.2 植被地理分布规律与人工植物群落的优化配置

遵循植被分布的规律进行植被恢复与构建,根据不同区域的气候条件和自然地理环境,依据不同的立地条件与土壤特征,参照区域性的顶极植物群落,人工模拟构建岩溶山地植被生态系统,首先在于先锋群落的构建与乔-灌-藤-草生态系统的优化配置:模拟天然植被构建人工植物群落,并充分考虑植物物种的配置;根据生态演替规律与植物水文生态效益及植物生物学原理,进行林分结构与混交类型、混交方式的优化配置;依据植物互补性原理,进行阔叶林的混交、常绿树种与落叶树种的有机组合;依据植物耗水特性,将深根与浅根的树种混交;依据植物演替规律,进行乔灌藤草混交、封育补植,加速植被的自然演替,对大面积退耕的坡地是促进植被演替的简单易行且十分有效的办法。

生态林与经济林的比例要适度。许多地方都存在着对退耕还林的生态目标认识不明确,选择树种时经济林比例过大、生态林比重偏低的问题^[11]。生态林以获得生态效益为目的,在涵养水源、保持水土、改善环境等方面具有与天然林媲美的功效。经济林则以获取经济利益为主要目的,在水土保持、改

善环境方面发挥的作用比生态林逊色得多。岩溶区的生态建设,其根本目的是改善生态环境,植被的生态效益始终是第一位的,不能片面追求经济效益、盲目发展经济林,在人工植物群落的构建过程中,可以结合岩溶区特色农林植物资源的开发进行生态林模式的设计,优化群落的配置,依据天然植被的优良特性指导人工群落的建设^[12]。

广西平果县果化镇布尧村,属于典型的岩溶峰丛洼地地貌,由众多高低错落的联座尖峭山峰与其间形态各异的多边形封闭洼地组成,峰丛洼地底部标高 300~400 m 不等,山峰高度可达 550 多 m。该区生态环境的突出特点是:岩石裸露、石漠化严重,生态环境脆弱,森林覆盖率不足 1%。在实施国家科技攻关课题过程中,根据当地岩溶峰丛洼地的特点、环境条件、土地利用状况等,进行土地利用规划,示范区总面积 600 hm²,规划封山育林面积为 320 hm²,其中山地中上部以封山育林为主、人工种植速生、抗逆性强的石山树种,营造生态林为唯一目的,山地缓坡、中下部、梯地则在封育基础上,适当调整发展方向,以发展林、果、药的立体复合农林业为主,并探索若干岩溶山区土地利用的优化模式。

3.3 岩溶区生境异质性与适地适树,促进植被快速恢复

地形地貌的复杂多变使得很小的范围内形成大量不同的微生境,生境的多样性造就岩溶植被的类型及其物种组成的复杂变化。生境异质性在大小不同的尺度上存在,岩溶条件的差异影响着土壤的形成、分布和理化特性,改变了水、热分配和运移,形成了千变万化的小生境,从而造就了岩溶区植被及其组成在小尺度上表现出的多样性和复杂性特征。

岩溶山地的不同地段、不同坡位、坡向光热水土等资源均存在差异,生境异质性的存在甚至成为植被演替的主导因子,脱离了自然地理环境条件的具体要素,一味强调森林的恢复,实行大规模的人工造林,即便选用的是表现优良的乡土树种,如果在不宜实施大规模人工干扰的地段进行整地造林,将造成脆弱生境的再次破坏,因而必须注重在小尺度上采取针对性的恢复措施。例如:在干旱的岩溶山地顶部、阳坡选择耐旱性强、喜光的树种进行乔灌草混交,岩溶山地顶部、阳坡水分条件差、温度高、光照强,环境较为恶劣,选择抗性强的植物,采取适度积极的人为干扰,有利于植被的自然演替;在阴坡、半阴坡选择耐荫蔽、对光照条件要求不严格的乡土树

种混交,植被恢复快,建立以乡土树种为主的植物群落;在缓坡和梯地进行乔灌藤草混交,灌草植物采取直播方式,使之首先形成草灌群落,形成一些有利的小生境,再行经济树种为主的乔木植物种植,逐步营造为乔灌群落,这种混交既可作饲料基地又可增强水土保持与水源涵养功能,同时提高林地土壤肥力,促使经济林木生长;将柱花草 (*Stylosanthes guianensis*)、木豆 (*Cajanus cajan*)、金银花、川木瓜 (*Chaenomeles sinensis*) 混交种植,金银花是中药材,又属匍匐性灌木,覆盖度好,既保水土,一年又可采摘两次花,在短期内能给农民带来效益;崖口和山地中下部土层稍厚、土壤含水量高,营造竹子等经济林,能迅速生长覆盖,有效改良生产生活环境,谷地、洼地种植经济价值较高的果树等,前期套种经济作物,能在有限的土地上提高经济效益。

3.4 强化岩溶山地造林与封育管理技术

岩溶区由于地质性的原因,普遍存在季节性的干旱,降水主要集中在每年的 5~8 月,但这一阶段气温偏高,影响造林成活率,所以需根据不同树种选择适当的造林或播种季节。春季和冬季气温相对较低,造林易于成活,但缺乏降雨、土壤水分含量低,常绿树种的生长恢复受到影响,必须采取相应的技术措施,集流造林技术是解决造林水分不足的重要手段,种子直播与营养杯造林结合也是一条成功的经验;另外,一些树种的种子需要随采随播、不宜久藏,如肥牛树、蚬木、苹婆 (*Sterculia nobilis*)、火果 (*Baccaurea ramiflora*)、蝴蝶果 (*Cleidiocarpum cavaleriei*) 等优良造林树种,果实成熟期为高温期(6~8 月)、且种子需及时播种,种子营养液、抗旱保水剂、拌种包衣剂等的运用无疑将极大地提高出苗率和成活率。

由于自然和社会经济的原因,许多岩溶山地仍然主要依靠封山育林进行植被恢复,根据不同山地的立地条件,采取积极的干预与管理措施,诱导植被演替更新,是经济实用并切实可行的植被恢复途径。当前,仅仅是强调封育,很多地方经过数十年的封育仍无法形成森林,一些地段立地条件完全适宜森林的培育,由于技术措施不到位,植被恢复仍停留在藤刺灌丛、草丛阶段,如能采取积极的干扰措施,适当增加种源,营造适宜乔木植物生长的小生境,将促进岩溶森林植被的迅速恢复,丰富和改善岩溶地区植被的生物多样性、生态功能和经济效益。

4 结 语

喀斯特生态系统由于特有的双层结构, 容许干扰的阈值小, 环境自我调节能力低, 森林恢复难度大。随着西部开发战略的实施, 岩溶地区在生态环境建设、综合治理开发与农民脱贫致富方面, 进行了大量的工作, 但离根本治理和良性生态循环的目标还有较大距离, 岩溶植被生态系统功能低下, 对于改善岩溶山区的生态环境质量十分不利, 亟需构建生态功能优良、与天然植被结构相似的复层植物群落。

广西的岩溶植被类型丰富、生态结构复杂, 特有成分突出, 许多是具有较高经济价值的名特优植物资源, 形成特殊的热带和亚热带岩溶植物区系。这些现存的岩溶森林植被为石漠化的治理和岩溶植被生态系统恢复提供了宝贵的参考系。针对岩溶环境条件下植物生长与植被演替的限制性因素, 采取相应的对策, 发掘、推广适宜岩溶区种植生长的优良常绿阔叶树种及特色农林植物, 有效提高生物生产效率和植被覆盖率, 参照区域性的顶极植物群落, 人工模拟构建岩溶山地植被生态系统, 恢复形成具有地带性植被——常绿阔叶林特征的岩溶植被。同时开发岩溶山区特有适生的名特优产品, 将带动岩溶区的经济发展、促进生态环境尽快改善。

参考文献(References):

[1] LI Xian-kun. Agricultural Integrated Exploitation in Guangxi Karst Region and Its Countermeasure. *Mountain Research*, 1995, **13**(1): 7~ 13. [李先琨. 广西岩溶地区农业综合开发及其对策[J]. 山地研究, 1995, **13**(1): 7~ 13.]

[2] WU Zheng-yi eds. *Vegetation in China* Beijing: Science Press, 1980. [吴征镒. 中国植被[M]. 北京: 科学出版社, 1980.]

[3] LI Zhi-ji eds. *Forest of Guangxi* Beijing: Forestry Press of China, 2001. [李治基. 广西森林[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001.]

[4] ZHENG Ying-wu eds. *Introduction to Mulun Karst Forest Region*. Beijing: Science Press, 1999. [郑颖吾. 木论喀斯特林区概论[M]. 北京: 科学出版社, 1999.]

[5] SU Zong-ming, ZHAO Tian-lin, HUANG Qing-chang. The vegetation of Longgang Natural Reserve in Guangxi. *G UH AIA*, 1988, Additamentum 1: 188~ 214. [苏宗明, 赵天林, 黄庆昌. 弄岗自然保护区植被调查报告[J]. 广西植物, 1988, (增刊 1): 185~ 214.]

[6] YUAN Dao-xian, CAI Gui-hong. *Environmental Science of Karst*. Chongqing: Chongqing Press, 1988. [袁道先, 蔡桂鸿. 岩溶环境学[M]. 重庆: 重庆出版社, 1988.]

[7] YANG Qin-ye, LI Shuang-cheng. Some themes on eco-regionalization of China. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, **19**(5): 596~ 601. [杨勤业, 李双成. 中国生态地域划分的若干问题[J]. 生态学报, 1999, **19**(5): 596~ 601.]

[8] FU Bo-jie, LIU Guo-hua, CHEN Li-ding et al. Scheme of ecological regionalization in China. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **21**(1): 1~ 6. [傅伯杰, 刘国华, 陈利顶, 等. 中国生态区划方案[J]. 生态学报, 2001, **21**(1): 1~ 6.]

[9] LI Xian-kun, HE Cheng-xin. Comprehensive development of western China and rehabilitation, reconstruction of tropical and subtropical fragile Karst ecosystem. *System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture*. 2002, **18**(1): 13~ 16. [李先琨, 何成新. 西部开发与热带亚热带岩溶脆弱生态系统恢复重建[J]. 农业系统科学与综合研究, 2002, **18**(1): 13~ 16.]

[10] MA Shi-jun eds. *Research on the Developing Strategies for the Ecological Science in China* Beijing: Chinese Economic Press, 1991. [马世骏. 中国生态学发展战略研究(第一集)[J]. 北京: 中国经济出版社, 1991.]

[11] ZHANG Li-xiao, HE Ying De Faming and Reafforestation Policy Efficiency Review and Analysis of west development. *Scientia Silvae Sinicae*, 2002, **38**(1): 130~ 135. [张力小, 何英. 西部大开发退耕还林(草)的政策有效性评析[J]. 林业科学, 2002, **38**(1): 130~ 135.]

[12] LI Xian-kun, HUANG Yu-qing, SU Zong-ming, et al. Study on ecological restoration in the serious soil and water loss region of Guangxi province. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 1997, **17**(6): 1~ 6. [李先琨, 黄玉清, 苏宗明, 等. 广西水土流失重点区域生态恢复试验研究[J]. 水土保持通报. 1997, **17**(6): 1~ 6.]

The Spatial Pattern of Natural Vegetation in the Karst Regions of Guangxi and the Ecological Signality for Ecosystem Rehabilitation and Reconstruction

LI Xian-kun, SU Zong-ming, LU Shi-hong, OU Zi-lan, XIANG Wu-sheng, OU Zhi, and LU Shi-hua
(Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and Chinese Academy of Science, Guilin 541006 China)

Abstract: Guangxi is a region rich in abundant Karst vegetation and species, with 96 formations in 8 vegetation types belonging to 5 vegetation type-groups. From south to north are distributed: seasonal rain forest, evergreen-deciduous broadleaved mix forest (containing tropic component) and evergreen-deciduous broadleaved mixed forest, which forms the special tropical-subtropical Karst floristic because of the complex eco-structure and the distinct particular flora component. The natural vegetation is complicated and eco-environmental type is multiplicity. In the planning of Karst ecosystem rehabilitation and vegetation reconstruction, it's necessary to obey the orderliness of vegetation zonal distribution and to study the ecological conditions of each zone so as to carry out artificial community rehabilitation design. Base on the method and principles of ecological, rehabilitate the forest vegetation, to optimize the land internal using proportion, explore various effective models for sustainable regions development of Karst. The human-involved temporal and spatial sequences of different species colonization into the succession processes of restoration are the key factors to the validity of restoration models. According as the type of the barren hill and local weather pattern. The key techniques and principles of plant sociology followed in vegetation reconstruction in Karst region are: 1) to construct vegetation in different zones according to zonal distribution pattern of natural vegetation; 2) to select excellent local tree species, especially the fast-growing evergreen broadleaved tree species as main species for woodland reconstruction; 3) to simulate natural vegetation structure to optimize the spatial combination of arbor, shrub, grass and vine; 4) to improve the technology of afforestating by closing the land taking into account the heterogeneous environmental factors; 5) to develop new special local product to promote economic development and environmental improvement.

Key words: Karst region; natural vegetation; geographical distribution regulation; ecosystem rehabilitation; vegetation reconstruction; Guangxi