

文章编号 :1001 - 4810(2003)01 - 0012 - 06

岩溶脆弱生态区生态恢复、重建的原理与方法^{*}

李先琨¹,何成新¹,蒋忠诚²

(1. 广西壮族自治区广西植物研究所,广西 桂林 541006;2. 中国地质科学院岩溶地质研究所,广西 桂林 541004)

摘要:西南岩溶山区又称岩溶脆弱生态区,该区生态系统功能脆弱、抗干扰能力低,面临严重的生态危机,急需修复和重建。针对西南岩溶区的生态恢复重建工程,从景观、系统、生物群落、种群等层次论述生态学原理与方法及其具体的运用。以生态学的原理与方法为指导,进行土地利用的优化设计,调整农村产业结构,通过全面封育与先锋群落的构建、实行乔灌藤草优化配置、生态防护林体系与特色农林产品基地建设结合,恢复良好的森林植被,是岩溶区生态恢复重建的基本步骤。

关键词:岩溶脆弱生态区;生态重建;生态学原理;方法

中图分类号:Q147 **文献标识码:**A

0 前言

我国西南岩溶区由于其优越的地理环境条件,生物、矿产资源种类丰富,形成了资源的多样性。然而,由于区内人口密集、文化经济落后,生态环境脆弱,森林退化,土地退化、水土流失严重。如广西岩溶区森林覆盖率仅12.9%,土壤侵蚀模数平均达 $2550\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 以上,严重地段可达 $10000\sim 20000\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ ^[1];贵州岩溶区水土流失面积超过50%,土壤侵蚀模数 $1500\sim 11480\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$,导致石漠化加速。据统计,广西岩溶石漠化面积已达2.18万 km^2 ,贵州石漠化面积2.26万 km^2 ,且以每年3%~6%的速度发展^[1,2]。自然灾害十分严重^[3]。

岩溶山区生态脆弱的自然因素,主要是可溶岩尤其是纯石灰岩造壤能力低,营养元素匮乏和在长期强烈岩溶作用下形成的地表、地下双层空间结构,导致土壤贫瘠^[4],加之土地利用方式不当引起水土流失,导致石漠化。由于岩溶山区的这种特殊的地质背景,其生态环境比其它任何地区都易遭受破坏,而植被一旦受损,便会引起局部气候变化,使得动植物资源衰

退和灭绝,进而导致整个生态环境系统的恶性循环。因此,在生态区划时岩溶区被作为一种特殊的类型划分,称之为旱性喀斯特生态系统区^[5],或称之为喀斯特(岩溶)脆弱生态区^[6]。

岩溶区生态系统极其脆弱,甚至到了濒临崩溃的境地,面临严重的生态问题,但只要采取积极的措施、实施人为正向干扰,是可以修复或复原的^[3,7]。下面本文拟就生态学基本原理、方法与岩溶生态重建与恢复的具体运用作一探讨。

1 岩溶区生态恢复重建的相关生态学原理

生态恢复是保证经济可持续发展的需要,也是人类生存的需要。生态恢复是现代生态学研究的热点,是研究生态系统受损或退化的机理,探究生态系统恢复或再建的规律及其方法和技术的学科。我国生态学家马世骏根据生态恢复和重建的过程,将其定义为“生态工程学^[8]”。生态恢复包含自然的生物多样性、生态结构和生态功能的恢复,也包括对一定地域和时间尺度上的人类社会生态、文化生态、经济生态的恢

* 基金项目:国家科技攻关课题(2001BA606A-08,国攻2000-k01-04-08)和广西科技攻关项目资助

作者简介:李先琨(1967-),男,副研究员,从事植物生态学、恢复生态学研究。E-mail: xiankunli@163.com

收稿日期:2002-10-30

复,涵盖了从分子、细胞、组织、器官、生物个体、种群、群落、生态系统、景观、区域乃至全球等不同尺度上的恢复^[9]。本文对与岩溶生态建设直接相关的景观、生态系统、群落和种群四个层次的理论方法进行论述。

1.1 景观生态学原理与方法

景观生态学是用生态学的概念、理论和方法研究生态系统组成的异质地表的结构、功能和及其动态变化的生态学分支学科。景观生态学所研究的问题是以大的空间尺度为背景,涵盖不同的生态系统类型组成。事实上,结构、功能和动态是景观的三个最主要特征。结构指明显区别的组成景观的要素(地形、水文、气候、土壤、植被等)和组分(森林、农耕地、果园、道路等)的种类、大小、形状数目和它们的空间配置;功能是指要素或组分之间的相互作用,及能量、物质和有机体在组分(主要是生态系统)之间的流动,动态指结构和功能随时间的改变。景观生态学理论认为,结构决定功能,景观空间格局及其变化对生物种的分布、运动和持久性具有直接的影响。

景观生态学研究能较好地指导生态恢复研究计划中参考场所的选择和项目的建立,并为恰当地配置恢复的要素提供建议,以便植物和动物区系的恢复。

景观生态学所能提供的理论方法包括:土地结构调整、岩溶微环境差异与异质性生境的利用、“农林牧副渔”综合考虑与协调发展。以生态学及生态经济学原理为基础,寻求人类活动与自然协调的生态规划,通过土地利用结构调整,控制水土流失,扼制石漠化趋势,开展山、水、田、林、路综合治理,形成多目标、多层次、多功能、高效益的综合防治体系。

在岩溶区土地利用规划和管理时,必须遵循景观的多样性和丰富度原则,根据环境的变化和生境敏感性进行土地结构调整。另外,生物多样性是保障石漠化治理、维护生态系统稳定性的关键,植物多样性是生物多样性的基础,植物多样性的提高,有利于生态系统多样性的提高,从而容纳更多的生物。丰富的多样性与生态系统生物量或生产率成正比。从宏观尺度上看,退化生态系统的恢复与重建,总朝向生态多样性的方向构建,而其关键则是植物多样性结构的构建,这就应同时考虑种间竞争与种间互惠关系的影响。

根据系统干扰的普遍性原理,可以进行人工诱导景观植被天然更新和恢复,对岩溶生态系统实行正干扰。人工的积极干扰需通过岩溶环境学和生态学、农学等学科交叉研究,摸清岩溶生态系统运行规律,

从岩溶地球化学背景的角度考虑适生树种、植物的选择及不同环境条件下的植物群落的构建技术,选择优良的乡土树种、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,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。

1.2 系统生态学原理与方法

系统生态学是生态学的前沿科学和主流,并为农学和环境科学提供理论基础。生态系统由许多环境的和生物的因素组成,这些因素又通过相互之间错综复杂的作用结合在一起,十分庞杂。一般认为,系统的结构是功能的基础,功能是结构的体现,优化的结构能确保高效的功能,功能是外在的、多变的,结构是内在的、相对稳定的;系统的结构和功能可以进行调控或预测。良好的生态系统能最大限度地利用自然资源,随着系统的动态变化而保持相对的平衡和稳定,这取决于系统的时空调节和自我稳定性。生态系统动态受生态因子的影响,在诸多复杂的生态因子中,有一个或几个是具有支配作用的,即主导因子^[8],它们直接影响生态系统恢复重建的进程。稳定的生态系统内部,各物种都占据一定的生态资源,并且都具有各自的生态空间,物种之间的竞争与合作关系并不十分紧密,各自占据着已经分化了的生态位。

岩溶地区生态系统是一个自然社会经济复合系统,这个系统由于人类的过度干扰变得十分脆弱,系统功能由于结构不合理而十分低下,陷入一种恶性循环的局面。岩溶区的生态因子中,有光热充足、降水相对丰沛的一面,也有土地缺乏、人地矛盾尖锐、雨量分配不均、易涝易旱、灾害频繁等不利的因素。影响岩溶退化生态系统的恢复,其中的主导生态因子应该是土壤因子和水因子。土层浅薄、地力衰退、水土流失、人畜饮水困难,等等,无不制约着系统的发展。因此,岩溶脆弱生态系统的恢复重建,首要任务是控制水土流失、解决人畜饮水和耕地用水,提高土地生产率。在退化生态系统恢复重建过程中,生态主导因子也不是固定不变的,需要根据不同时期分阶段调整工作重点。

岩溶区在复合农林业生态系统的构建时,需要合理配置物种的水平空间、垂直空间和地下空间的生态位分布,构建多层次的复合群落,提高土地生产力,有效改善生态环境,并提高物种和系统的多样性。大力推行复合农林综合治理模式,主要包括有立体农林复合型、林果药为主的林业先导型、林牧结合型、牧农业结合型、农牧渔结合型等模式,充分发挥乔-灌-藤

草的水源涵养、水土保持和调节气候作用,发挥牧业的土地增肥和资源再利用作用,发挥高效农业的增产作用,最终实现生态重建与经济持续发展的良性循环。

时间格局也就是生态系统的时间动态,在岩溶生态系统重建过程中,如何在时间和季节上使生态系统充分发挥自然资源的优势,最大限度地发挥光能、热能及其它资源的生产潜力,在有限的土地上达到投入产出比最大,就必须掌握生态系统的时间格局,人为调控系统的季节性动态,例如耕地复种指数的提高、植被覆盖度的季节调配等都是在生态系统或植物群落尺度上的时间格局调控;从中长期而言,先锋群落的构建与植被如何向顶极方向发展和演替,土地利用格局的阶段调整并最终达到人地系统的和谐,从而造就生态系统的良性循环,需要利用时间格局的生态学原理。

1.3 群落生态学原理与方法

群落生态学,按研究对象的层次划分,介于个体、种群和生态系统之间,生物群落作为生态系统的基础和核心,而显得十分重要。生活在某个环境中并相互发生作用的植物、动物、微生物的集合体,它形成拥有自身的组成、结构、环境关系、发展和功能的独特生物系统,称为生物群落。由于生物群落的复杂性,生态学家往往将研究对象局限于某一类事物的集合体。群落的稳定性与物种多样性相关,群落的结构、时空格局决定群落的功能,种间竞争是决定群落结构的主要因素,环境异质性影响种间竞争和捕食关系,群落环境、自然和人为的干扰影响群落的演替方向及进程。

群落中物种多样性与群落稳定性有密切的关系,种类丰富的群落有更复杂的营养通道,密度依存的种间控制机制可以通过群落丰富的种类起作用,种的丰富度与群落稳定性、抗干扰能力有直接关系^[10]。农林牧业可以以植物和植物群落综合反映立地性质为依据,制定经营管理措施和规范。

不同农林牧业模式的群落结构功能特点、适宜条件有差异,生物群落结构及配置方式对生产—生态功能产生影响,如何调节利用生物群落内种间的相互作用关系,设计配置好有限土地上的生物群落和经营模式,追求群落的最大生态经济效益是群落生态学在岩溶山区生态建设与经济开发工作中的具体运用。

1.4 种群生态学原理与方法

种群是一群占有一定空间的同种生物,是一个能

量流动和物质循环的单位,也是一个自动调节系统,通过自动调节使其能在生态系统内维持自身稳定性。种群是联系生物个体、群落和生态系统之间的枢纽。生物种群的个体数量、生理生态特性、演化潜力、种群生活史特征和自适应性等对群落乃至系统的恢复演替起决定性的作用,种群间相互关系对种群扩展和群落发展发育有着很大的影响。

与岩溶生态系统恢复重建直接相关的种群生态的原理包括(1)种群密度制约原理。对于作物和植物的合理种植、提高单产有决定性的作用;(2)种群空间分布格局原理。植物种群的自然分布格局有随机、均匀、集群和镶嵌式分布等,在人工种植农作物和造林中,普遍采用的是均匀格局,实际上,自然种群极少有均匀分布的,随机或集群更利于种群的扩展。岩溶山区由于地形地貌的变化差异极大,微环境对于植物的生长具有决定性的影响,因此,在种群的配置和布局时,需要根据自然环境的差异进行调整,采用不同的种群密度和空间格局,并充分考虑到种群的时间或季节动态。比如,在农林复合经营模式的系统构建过程中,既要进行乔—灌—藤—草的立体配置,在一定空间范围内充分利用自然资源,也要考虑到植物生长的季节变化,根据岩溶区秋冬季气候特点,提高土地利用的效率,使得有限的土地资源得到充分利用。

2 岩溶植被与生态系统恢复的方法步骤

依照生态学的原理,岩溶区的生态恢复步骤可以概括为(1)首先,进行较大尺度上的设计与规划,也就是土地整理与结构调整;(2)不同类型生态系统的内部设计与结构优化,如农业生态系统的结构优化与合理配置、林业生态系统的合理布局与经营管理对策等;(3)群落和种群层次上的设计与人工群落的构建。限于篇幅,本文着重对土地整理与植被恢复进行讨论。

2.1 岩溶区退化生态系统的土地整理

岩溶石漠化地区是极度退化的生态系统,土地极度贫瘠、理化结构差,水土流失十分严重。在这种极度退化的生态系统中植被的自然恢复是一个极为漫长和困难的过程。在极度退化的区域进行生态恢复重建,第一步就是土地整理,应以生态学及生态经济学原理为基础,寻求人类活动与自然协调的生态规划,通过土地利用结构调整,控制水土流失,扼制石漠化趋势。实行生物措施、工程措施、耕作措施和管理

措施等多方面的有机结合,开展山、水、田、林、路综合治理,形成多目标、多层次、多功能、高效益的综合防治体系。坚持生态重建与经济开发相结合,近期利益与长远利益相结合,治标与治本相结合,生态效益、经济效益和社会效益相结合,走人口、资源、环境、经济、社会协调发展之路,促进岩溶山区生态、经济和社会的可持续性发展。

峰丛岩溶山区,是岩溶区中最贫困、人地矛盾最尖锐的地区。以平果县果化镇布尧村为核心,属于典型的岩溶峰丛洼地地貌。峰丛洼地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,石峰高度可达550多米。植被覆盖率不足10%,森林覆盖率不足1%。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。国家“十五”攻关课题实施组根据果化岩溶峰丛洼地的特点、环境状况、土地利用状况和当地经济水平,制定了切实可行的土地整理方案。土地整理包括封山育林、种植业、养殖业、基础设施初步建设几个部分。土地整理总面积600 hm²,除房屋和主要公路(约50hm²)外,其余部分都将重新规划和整理。山、水、田、林、路综合考虑,统一规划。将所有土地进行重新规划并充分利用,平面上分割成封山育林区、果园、中药材地、经济林地、草地、旱作农田、水田、鱼塘、房屋、道路、科技监测或试验区等。示范区石漠化非常严重,森林覆盖率极低,故封山育林的面积占最大比例,规划总面积320 hm²,种植业由单一的农业变为发展农、林、果、草、药材并举的立体生态农业,主要进行名特优产品及产业化开发,示范面积共280hm²,包括中药材、经济作物、经济林、果园、优质旱作20 hm²、牧草10hm²、优质蔬菜10 hm²,改变当地以粮食作物为主、产业结构单一的现状。课题研究计划用3年时间,初步建立岩溶土地整理示范区,使农用地面积增加200hm²,农业综合资源利用率提高30%以上,植被覆盖率达30%,土壤侵蚀模数下降50%,并提出一个岩溶石山地区土地合理利用的模式。

2.2 植被生态系统恢复重建的几个阶段

植被恢复是重建生物群落的首要任务,采用人工手段促进植被迅速恢复的过程,对于不同的退化生态系统其技术与步骤有一定差异,但都必须遵循生态学原理和植被的演替规律。植被恢复应遵循的原则包括(1)群落演替原则(2)群落结构原则(3)适地适树原则(4)生物多样性原则(5)生态系统原则;

(6)重建与利用相结合原则(7)群落稳定性原则。

2.2.1 全面封育与先锋群落的构建

岩溶区植被恢复的第一步是封山育林已经成为共识,但有的岩溶石山经封山后几年可恢复形成植被,并逐渐形成岩溶森林,而有的石漠化地区久封不育或极难恢复,这是由于岩溶环境造成植被和生态的特殊性,富钙的地球化学背景造成岩溶森林植物的喜钙性,岩石裸露导致植物岩生性,岩溶干旱使森林生态表现为旱生性而岩溶洼地积水又导致生态的湿生性所致。值得指出的是环境中的碳循环加强了岩溶动力条件,加速元素迁移和某些难溶成分的活化,对植被生态的恢复也很有意义。如广西弄拉地区,20世纪60年代开始封山育林的兰电堂,形成茂密森林区,与该地区1985年封山育林的上弄拉稀松林区相比,浅层土壤中CO₂浓度高出7000ppm,岩溶表层泉水中钙镁离子浓度提高29.9%和57.6%;水的pH值,兰电堂为6.81,上弄拉为7.38,地貌景观与微环境的多样性使岩溶区在小范围内可能有常绿林与落叶林、阔叶林与针叶林共存,洼地底部到峰顶高差只有300m的山坡也有垂直分异,地质背景的差异也使得植物物种分布产生分异(微量元素丰富的泥盆系中统东岗岭组中段深灰色泥硅质白云岩有利于名特优果树和药材的发展)^[11,12]。因此,在岩溶山地封育过程中,充分考虑生境的异质性、地球化学背景和物种的适应性,更有利于植被的恢复。

人工促进先锋群落的形成是岩溶植被有效恢复的途径。先锋群落一旦形成,将大大改善岩溶环境,有利于常绿树种的定居生长。促进先锋群落的形成是岩溶生态重建一项重要的工作。当前,石山造林树种单一、以落叶树种为主(常用的包括任豆、香椿等),生态恢复过程中以经济林代替生态林的现象普遍存在,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的复层植物群落。

岩溶山地的不同地段、坡位、坡向其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,因而必须注重在小尺度上采取针对性的恢复措施。在岩溶山地顶部、阳坡水分条件差、温度高、光照强,环境较为恶劣,选择抗逆性强、耐旱、喜光的植物进行乔灌草混交,采取积极的人为干扰,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,再进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,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。

2.2.2 乔灌藤草优化配置与地带性植被的构建

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,丰富岩溶地区植被的生物多样性、改善生态功能和经济效益。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为主的局面,提高植被系统的生态功能。

在西南岩溶区丰富的植物资源中,有大量地带性植被的优势种类尚未用于造林和播种,许多种类是生态功能和经济价值均表现良好的树种^[13],应大力提倡乡土适生植物的开发利用。遵循植被分布的规律,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,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。充分考虑植物物种的配置,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,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,进行针阔叶林的混交、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,加速植被自然演替,对大面积退耕的坡地是促进植被快速恢复演替的简单易行且十分有效的办法。

通过生态地理气候带的对比研究慎重选择,并通过试验、注重安全、积极地引种,将是促进和改善生态

环境建设与退耕还林的一大举措。生物入侵在我国的一些地区成为较为严重的问题,岩溶区也有紫茎泽兰的蔓延,影响土地利用和农林业生产,但目前形成生物危害的植物种类均为草本^[14],以常绿阔叶树为对象进行筛选,技术上不会构成生物威胁,即便如此,在引进外来物种时,仍应采取审慎的态度和相应的生物安全评价策略。

2.2.3 生态防护林体系建设与特色农林产品基地

以广西而言,现存有弄岗、木论自然保护区等面积较大、保护完好的岩溶森林植被,还有各地封育形成面积不等的“风水山”,岩溶植被类型相对复杂,物种多样性丰富、特有成分突出。重要的是,广西岩溶区丰富的植物资源中许多是具有较高经济价值的名特优资源植物,形成特殊的热带亚热带岩溶植物区系^[13,15]。由于天然植被的生态效益远远高于单纯的人工植被,在生态保护和建设过程中,引进、发掘和推广适宜岩溶山区种植生长的优良常绿阔叶树种及特色农林植物生产技术,有效提高生物生产效率和植被覆盖率,通过试验示范,为岩溶植被的优质高效恢复、岩溶山区生态环境的改善,增强生态系统功能,提供科学依据和成功样板。

生态环境建设必须形成可持续发展的“生态—生产”产业链。生态环境建设和退耕还林草是以重建和改善生态为第一目的,进而通过对生态环境的保育和改善所形成的优质高产的植物生产力(木材、果品、饲草等)给农民和国家带来财富,更通过生产力的转化与增值形成第二性的动物生产力和第三性的深加工商品生产进入国内外的贸易市场而产生更大的财富。这样一条产业链将形成生态环境、经济和社会的可持续发展的物质、能量与价值的良性反馈链带,保证生态环境的持续优化和人民、国家的收入不断增长。因此,在生态环境建设与退耕还林过程中,在保证生态优化的条件下,充分开发利用广西岩溶区具有较高经济价值的名特优资源植物,建立特色农林产品基地,兼顾经济效益与产业链的形成。适当考虑发展经济树种和人工种草以开展舍饲养畜,能避免放牧对林草的破坏,还能更好地保持水土,增肥地力和迅速增加农民收入。

3 结 语

岩溶生态脆弱区存在的主要问题是“生态系统脆弱—经济落后—人民生活贫困—过度开发—生态急

剧退化”的恶性循环,该区人口压力大,土层薄、土壤贫瘠,植被严重退化,保水保土能力差、水土流失及石漠化严重,干旱缺水,粮食、能源短缺,产业结构不合理,人民生活贫困。针对这些现状,以系统科学的思想为指导,依据生态学和生态经济学的原理与方法进行岩溶山区社会经济生态复合系统的优化设计,设计符合不同自然条件和不同岩溶环境类型的农林牧良性生态产业链,合理配置高效的植物群落,控制水土流失、扼制石漠化,构建岩溶生态系统的优化模式,实现岩溶地区资源、生态、经济、社会的持续协调发展,才能达到岩溶石山生态恢复或重建的目的。

参考文献

- [1] 贺根生,刘昆.岩溶地区:不仅生存还要致富[N].科学时报,2002年3月29日,第一版.
- [2] 苏维词.贵州喀斯特山区的土壤侵蚀性退化及其防治[J].中国岩溶,2001,20(3):217-223.
- [3] 广西科学院石山课题组.广西石山地区生态重建工程技术可行性研究[M].南宁:广西科技出版社,1994.
- [4] 袁道先,蔡桂鸿.岩溶环境学[M].重庆:重庆出版社,1988.
- [5] 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.
- [6] 傅伯杰,等.中国生态区划方案[J].生态学报,2001,21(1):1-6.
- [7] 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.
- [8] 余作岳,彭少麟.热带亚热带退化生态系统植被恢复生态学研究[M].广州:广东科技出版社,1996.
- [9] Dobson A P, et al. Hopes for the Future: Restoration Ecology and Conservation Biology[J]. Science, 1997, 277: 515-522.
- [10] 马世骏.中国生态学发展战略研究(第一集)[M].北京:中国经济出版社,1991.
- [11] 蒋忠诚.广西弄拉白云岩地区的岩溶地球化学研究[J].中国岩溶,1997,16(4):304-312.
- [12] 蒋忠诚.岩溶动力系统中的元素迁移[J].地理学报,1999,54(5):438-443.
- [13] 广西植物研究所,等.广西植物资源开发利用战略研究[M].南宁:广西科技出版社,1997.
- [14] 向言词,等.外来种对生物多样性的影响及其控制[J].广西植物,2002,22(5):425-432.
- [15] 许兆然.中国南部和西南部石灰岩植物区系研究[J].广西植物(增刊4),1993.

METHOD AND PRINCIPLES OF ECOLOGICAL REHABILITATION AND RECONSTRUCTION IN FRAGILE KARST ECOSYSTEM

LI Xian-kun¹, HE Cheng-xin¹, JIANG Zhong-cheng²

(1. Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and CAS, Guilin, Guangxi 541006, China;

2. Institute of Karst Geology, CAGS, Guilin, Guangxi 541004, China)

Abstract: There are bare karst areas of about 540000 km² in Southwest China, and amount to 1116000 km² including the covered and buried karst areas. The function of the ecosystem is weak and the resistance to disturbance is low, so nature disasters are frequent. Therefore, the region gets the name of Karst Fragile Ecosystem. Ecological restoration is the key way for protecting the environment for our human-being and social production. The authors discuss the ecological principles of landscape, ecosystem, community, and population at multiple scales. Base on the method and principles of ecology, to reforest and to adjust structure of rural production, to optimize agriculture internal developing proportion, to explore various effective models for sustainable agricultural development are the basic ways to rehabilitate and reconstruct the ecosystem in Southwest China karst. The ecological restoration is a kind of ecological integrated engineering; its procedure and models should be discussed firstly. The human-involved temporal and spatial sequences of different species colonization into the succession processes of restoration are key factors to the validity of restoration models. According as the type of the barren hill and local weather pattern, seal a mountain pass of limestone hill, to construct vegetation in different zone, indigenous species of arbor, shrub, grass, vine and optimizing their combination; to select excellent local tree species, especially the fast-growth evergreen broadleaved tree species as main species for woodland reconstruction, developing special local products to promote economic development and environmental improvement.

Key words: Karst region; Fragile ecosystem; Rehabilitation and restoration; Ecological principles and method