

亚热带喀斯特山区的生态系统特征和恢复途径

周游游¹, 唐晓春²

(1. 广西师范学院资源与环境学院, 广西南宁 530001; 2. 华南师范大学地理系, 广东广州 510631)

摘 要:亚热带喀斯特山区主要分布于中国西南和华南,其地貌以寒武系、二叠系和碳酸盐岩与碎屑岩夹层组成的峰丛洼地和喀斯特谷地为主^[1]。由于生态环境及其脆弱,加之人类活动干扰严重,这使得该区长期以来资源难以合理开发利用,环境日益恶化。随着我国西部大开发战略的实施,环境的恶化,经济的落后和不合理的资源开发利用等问题已引起了地理、岩溶、生态、环境等学术界的高度重视。生态系统的恢复、重建,农业、林业和其他产业的合理规划已成为刻不容缓的问题。

关键词:亚热带喀斯特山区;生态系统;恢复途径

中图分类号:P931.5;X171.4

文献标识码:A

1 原始亚热带喀斯特山区生态系统的功能特征及其在人类活动影响下的退化

在过去的 50a, 人类活动使得亚热带喀斯特山区生态系统发生了如下重大变化: (1) 通过对贵州茂兰、广西弄冈喀斯特自然保护区的调查分析和对贵州仁怀市喀斯特山区近 50a 来自然地理环境变化的研究, 表明未受人类活动严重干扰的原始亚热带喀斯特山区生态系统是以环境质量高, 小生境复杂, 生物种类多, 资源丰富为特征的。例如, 面积约 10 000 hm² 的弄冈自然保护区, 野生脊椎动物 30 种, 鸟类 71 种, 爬行动物 14 种, 植物 1 282 种^[2]; 面积约 20 000 hm² 的茂兰自然保护区, 野生脊椎动物 34 种, 鸟类 95 种, 维管束植物 801 种^[3]; 但在人类活动严重干扰后的仁怀市喀斯特山区, 在面积达 10 000 hm² 的调查区, 其野生动物和鸟类仅存几种^[4], 如表 1。 (2) 更为重要的是, 在人类活动严重

干扰后, 耕地非常分散地分布在山地的坡体、洼地等部位, 林业、牧业和其他副业极不发达^[5]。而在未受人类活动严重干扰、比较原始的状态下, 耕地集中分布在洼地中, 林业、牧业和其他副业比较发达, 且环境良好。这为全面发展和生产质量高、品种独特的农、林、牧和其他副业产品提供了得天独厚的条件。例如, 在历史上, 该区有相当著名的茅台酒、眉江绿茶、桐梓牛肉干、速生乌桕树、桐油、生漆、烤烟等土特产。但现在, 这些产品部分质量下降, 部分已消失^[6]。 (3) 造成或诱发生态环境变化的主要人类活动包括: 伐木、修筑梯地(田)、水利设施建设和大量施用农药、化肥。目前, 耕地面积大大增加, 粮食单产大大提高。表面上看, 形势很好。但环境质量明显下降, 农业的综合发展水平明显退化。例如, 森林覆盖率下降, 水土流失和旱灾加重, 土壤发生贫瘠化, 小生境类型减少, 光秃和贫瘠生境面积增大, 肥沃生境趋于消失, 天然物种大幅度减少, 食物网趋于简单化, 植物病虫害加重, 地下水位下降, 上层滞水普遍消失。1992~1995 年的调查数据表明, 1950 年以来, 森林覆盖率从 >40% 下降到 10%, 约下降了 30%。

收稿日期(Received date): 2003-01-11; 改回日期(Accepted): 2003-05-15。

基金项目(Foundation item): 国土资源部新一轮地质调查项目—“西南岩溶石山地区岩溶水资源潜力及生态环境地质综合评价”。

编号: DKD2002008。[Subsidized by the project from the Minister of National Land Resource-Synthetic Survey and Evaluation to Karst Water Resource Potentiality and Geologic Environment in Southwest China Karst Mountain Area. No. DKD2002008.]

作者简介(Biography): 周游游(1961-), 男, 理学博士, 副教授。主要从事喀斯特地貌与环境研究。[ZHOU you-you, male, born in 1961, Ph D of geography. Mainly study on geography and karstology, especially karst mountain problem.]

表 1 不同程度人类活动干扰下亚热带喀斯特山区的生态系统基本特征¹⁾

Table 1 Features for Subtropic Karst Mountain Ecosystem Under Destructive Human Activities

地点	人类干扰程度	植被类型	主要野生生物种类					面积 (hm ²)
			兽类	鸟类	爬行类	天敌昆虫	维管束植物	
广西弄岗保护区	微弱	亚热带喀斯特森林	30	72	17	>43	1282	10000
贵州茂兰保护区	微弱	亚热带喀斯特森林	34	95	39	60	801	20000
湘西龙山县洛塔乡	较严重	亚热带喀斯特灌丛林	9	—	26	41	706	9465
贵州仁怀市三合镇	严重	亚热带喀斯特石漠	3	8	5	8	<50	15000

1) 据研究区调查、统计及《茂兰喀斯特森林科学考察集》、《广西弄岗自然保护区科学考察报告》整理。

必须说明, 尽管现今的人为-自然复合生态系统是由于生态环境不断退化、发展而来, 环境容量很低, 但在某种程度上仍普遍具有水资源、水能资源和生物气候资源丰富的优势。因此, 在有效的资源开发、生态环境重建和合理的农业总体布局调整下, 可望能够将目前环境不断恶化的生态系统建设成为功能达到或超过原始未受人类活动严重干扰的生态系统的水平。而且, 重建后的系统, 更易于人类控制, 并能够使农、林、牧和其他副业更为协调、一致地全面发展。所生产的产品, 在商业上具有种类独特、质量优异的优势。

2 亚热带喀斯特山区生态系统的现状

目前的生态环境极端不利于农业发展, 尤其体现在特殊的农业地质背景、土地类型、气候资源、植被条件以及陆地水文和水文地质特征方面: (1) 由于岩石中 Si, Al, Fe 等成土元素含量很低, 故成土速度缓慢。而且, 由于微量元素的缺乏, 往往导致农作物生长不良。这不但导致了环境容量小、人口承载力低的问题, 也是生态系统在人类活动严重破坏后, 生态环境恢复或重建极端困难的根源。(2) 由于土壤层薄或土层分布不连续和地形的原因, 使得研究区的土地类型普遍以坡度 $>15^\circ$ 的薄层 ($<50\text{cm}$) 或中层 ($50\sim100\text{cm}$) 坡地为主。土壤多为钙质土, $\text{pH}>7$ 。尽管有机质含量较高, 但缺乏微量元素。上述各因素, 对高效农业的发展带来了包括水土保持、土壤改良、施肥、灌溉等一系列的困难, 也是造成水土流失、土壤贫瘠化、土地石漠化和广种薄收的根源。(3) 即使降水丰富达 $1\,000\text{mm/a}$ 以上, 降水的季节分配不均匀依然导致干旱。年内降水分配不均是导致季节干旱的原因, 但降水的年际变化往往导致重大的旱灾, 尤其在海拔 $<800\text{m}$ 的地带。

(4) 低森林覆盖率和过于单调的植物种类不但不能有效地进行水土保持和调节小气候, 而且也不能提供复杂的食物网中多种生物所需的生境^[7]。(5) 通常, 大气降水和土壤水迅速地垂直下渗到地下深处的喀斯特溶蚀裂隙或管道。因此, 地下水的垂直运动极其强烈, 并导致地下水位深度大, 地表水极端匮乏, 地下水流集中, 且水力坡度陡的水文和水文地质特征^[8]。这不仅造成地表干旱, 也为地下水开发利用带来了极大的困难, 还使得地表水利设施发生严重的渗漏。更为重要的是, 这种陆地水文和水文地质特征决定了开发岩溶地下水是解决研究区旱灾的最为重要途径。

3 生态环境随农业发展的变化

综观农业发展史和生态环境变化的关系, 研究区的农业发展过程可以分为 3 个基本阶段。在不同的阶段中, 人类活动的作用程度和对环境的实质性作用不同, 对应不同的生态系统特征和农业生产体系。

3.1 土地开发阶段

该阶段始于 20 世纪初, 止于 1940 年前后。生态系统未受人类活动明显干扰, 仍为原始生态系统。人类活动以开发利用洼地和谷地的土地资源为主, 并同时开发少量生物资源作为副业。生产力相当低, 以手工和体力劳动为主。不使用农药和化肥。粮食生产为主, 林牧副业也相对发达。

人类活动对生态系统基本结构和总体功能的影响极其轻微。具备小生境复杂、植被茂密、生物种类多样、反馈功能高等原始亚热带喀斯特山区生态系统的总体特征。

3.2 环境破坏阶段

始于 20 世纪 40 年代, 到 60 年代基本形成, 并

保持到 80、90 年代或更晚。生态系统在人类活动作用下受到了严重破坏。在这一阶段,掠夺式的资源开发为主要的人类活动,合理的或不合理的建设也同时进行。具体的人类活动主要包括大规模的伐木、开垦土地、无保护地利用坡地资源、建立水利设施、施用大量的化肥和农药。生产力水平在人力和机械动力的作用下大为提高。此阶段中作为突出的是广种薄收和农药化肥的大量使用。粮食生产占据绝对重要的地位,而林牧副业相对极端不发达。上述人类活动使得生态环境发生迅速恶化。例如,在大约 50a 的时间内,森林覆盖率下降了 30% 左右,80% 的喀斯特泉水干涸,大部分野生动植物消失,重大干旱从 1 次/10 a 增加到了 3 次/10 a。

3.3 环境保护阶段

作为研究区农业发展的基本趋势,现代的环境保护式农业大致从 20 世纪 80 年代开始。由于环境的迅速恶化,人类活动在本质上发生了变化。人类活动的基本观点和目标是在保护和改善生态环境出发点的基础上进行农业生产和资源开发,以便试图重建功能良好、效率较高的农业生态系统。但由于尚没有较为完善的或有效的方法,另外许多工作仍然比较盲目,因此没有取得明显的结果。而且,农业生产仍保持着第二阶段中的大部分特色,尤其是广种薄收。尽管如此,掠夺式的资源开发,尤其是对再生资源的掠夺式的资源开发已经停止,取而代之的是保护式的开发。

4 生态系统的恢复/重建途径

简言之,研究区现代生态系统的特征是食物网简单^[9],土地岩石裸露,地表水匮乏,植被覆盖率很低。这与第一阶段中的生态系统特征截然不同。第一阶段中是以生物物种和自然资源丰富、植被茂盛、土地肥沃、小生境类型多样为特色的。必须指出,环境的变化与农业生产密切相关,并主要由于农业生产过程中资源的不合理开发、利用造成的。因此,彻底改善目前不断恶化的生态环境的有效途径是调整大农业生产的方向,合理开发和高效利用自然资源,改善农业生产条件,即建立高效的农业体系,植树造林,改良贫瘠土地,充分发挥水力资源、喀斯特水资源和生物气候资源的优势。

4.1 高效农业体系的主要内容

建立高效的农业体系,必须弄清农业体系的历

史、现状、功能,自然资源和目前存在的主要环境问题。现在,研究区的农业生产水平非常落后,并多以广种薄收为特色。这不仅造成了资源的极大浪费,还对环境和生态系统的功能带来了严重的破坏。该形式长期以来不能改变的原因是对农业生产条件的认识不客观或不现实,以致于所采取的改善、恢复或治理的政策和措施不合理。例如,长期以来强调的粮食生产恰恰是亚热带喀斯特山区的劣势,客观上也是不能实现的。基于上述原因,尤其是宜农土地资源的缺乏、地表水的极端匮乏以及先天脆弱的并日益恶化的生态环境。因此,本文提出建立一种适宜的农业生产体系,即外向型生态农业体系。该农业生产体系能够优化组合进行生态环境改善和重建,节省资源,生产商业价值高的质量优异、品种独特的产品。

另外,亚热带喀斯特山区具备发展外向型生态农业体系的有利条件。而在其他地区是不具备这些条件的。其主要有利条件包括:(1) 在很小的范围内具有复杂多样的小生境,这不仅非常利于物种丰富、种类独特的生物群落的生存发展,还能够提供复杂农业体系中所需的条件。还具备特产种类多样、木本粮食和木本油料植物丰富的优势。(2) 生物气候资源丰富,小气候类型多样,非常有利于多种植物群落的发展。(3) 丰富的岩溶水和水力资源是另外一个优势。充分开发利用这些资源,完全能够满足系统自身的能源和水资源的需求。(4) 由于工业不发达,研究区的环境污染极其轻微,这不但能够为多种生物和微生物提供了生存环境,还为生产清洁的绿色食品提供了良好的条件。

4.2 外向型生态农业体系的功能

“外向型”是指系统内部的活动与外部在物质、能量和信息上密切联系,进行交换。在目前市场经济迅速发展和比较繁荣的情况下,封闭的农业生产体系不能充分发挥自身的作用,更不能产生良好的经济效益。所以,必须对外界开放,提供外界的商品需求,改变自给自足的生产方式,与外界进行物质、能量和信息的交换。

亚热带喀斯特山区的生态农业,是指在生态学的原理上对农业生产进行计划和组织,并具备如下特征:(1) 高度人工化;(2) 兼顾生态、社会、经济效益。战略上注重系统内部的生态效益和资源的再生能力,战术上突出社会和经济效益;(3) 系统比较稳定,能够合理地利用资源,并提供系统自身的物质消

耗;(4)物质和能量的输出高于输入。物质、能量在系统内部的转换过程中,消耗较低,但循环速度快;(5)系统的产出不是粮食,而是因地制宜地生产多种产品。

通过调整和合理利用诸如土地、气候、生物、矿产、水、水能和劳动力等系统内部的资源,充分发挥系统的转换功能,外向型生态农业系统完全能够利用外界输入的物质、能源和信息生产出价值远远高于输入的产品,取得相当高的经济效益,并同时能够保证生态环境的不断改善,从而更利于人类利用,保持社会和经济的良性发展。

4.3 建立外向型生态农业体系的主要工作

基于生态环境的现状和资源条件,外向型生态农业体系的建立应主要考虑两个方面的工作。即合理开发利用资源,改善农业生产条件。

研究区的自然资源以丰富的喀斯特水资源和水能资源为特色,是资源开发和利用的核心。正是由于地形起伏大和地下河的强烈发育,使得水力坡度很陡,从而造成了长期以来地下水开发利用非常困难,不能有效地开发利用地下水资源。

通过几年的研究,证明开发利用岩溶水和水能资源的有效途径是通过地表和地下联合贮存和分配水资源。因为水力坡度往往很陡,不宜在地下河上筑坝修建地下水库。否则,地下水库将承受过高的水头压力,而且库容很小,并容易发生渗漏。岩溶水的开发重点应在地下河的上游和下游,水能资源的开发主要应在下游。这样,不仅能解决“水低田高”的灌溉问题,而且能够充分利用水能进行发电,以满足能源的部分需求。开发上游岩溶水的办法是,首先在地下河上修筑堤坝,抬高地下河水位,然后在山体上开凿隧道,将地下水引到地表。相应的地表水利配套设施是修建地表水库、山塘或蓄水池,以贮存开发出来的地下水。开发下游的水能资源,同样要通过筑坝提高地下河的水位后,将地下水引出进行发电。

就自然资源来看,研究区的另一个特色是小生境类型多种多样,生物种类丰富。因此,能够生产产品独特,质量优异的物产。因为这些产品在市场上往往比较紧缺,所以,价格相当高。在我国其他地区,农业集约化程度相对较高,产品种类相对单一,但规模很大,其在市场上的优势是产品数量巨大。而在亚热带喀斯特山区,外向型生态农业体系的产品是规模小,但种类独特、品质优异,其在市场上是

通过产品的稀缺和质量取胜,而非数量。这些土特优产品的开发,需要农、林、牧、副业的协调发展才能够实现。因此,不合理的产业布局必须因地制宜地进行调整、优化。以往主观地强调某些固定的产业政策也必须彻底改观。

目前,灌溉、水土保持、植树造林等一系列农业生产条件亟待改善。这可以通过高效地开发利用岩溶水资源和水能资源,因地制宜地重新布局、分配粮食生产和林业及其它产业用地得以实现。值得指出,建立外向型生态农业体系的关键和具体方法是植树造林和扩大森林覆盖率。所以,确定生长迅速,种类复杂的适宜当地条件的树种非常重要。通过以往资料和对研究区内碎屑岩山地、茂兰喀斯特森林保护区和弄冈喀斯特森林保护区植被的调查和研究证明,目前尚存许多生态效益好,生长速度快,适宜当地贫瘠、明亮、干旱生境生长的树种。

参考文献(References):

- [1]Yuan Daoxian, *et al.*, Karst of China, Beijing: Geological Publishing House. 1991.15~26.
- [2]Long Guo-zhen. Terrestrial Vertebrates in the Nonggang Natural Reserve, GUIHAIA, *Additamentum* 1988, (1): 267~275. (in Chinese) [龙国珍:弄岗自然保护区陆栖脊椎动物调查报告[J]. 广西植物,1988,(增刊一):267~275]
- [3]Zhou Zheng-xian, *et al.*, Scientific Survey of the Maolan Karst Forest, Guizhou People's Publishing House, Guiyang, China. 1987.1~23. (in Chinese) [周政贤,等. 茂兰喀斯特森林科学考察集[M]. 贵阳:贵州人民出版社,1987:1~23]
- [4]Zhou You-you. Agricultural Development and Eco-environmental Improvement in Karst Fengcong Mountain, *Carsologica Sinica*, 1999,18(3): 263~268. (in Chinese) [周游游. 峰丛山地的农业发展与生态环境改善途径刍议[J]. 中国岩溶,1999,18(3):263~268]
- [5]Wu Ying-ke, *et al.*, Summary on Basic Features, Resources, Environment, Society, and Economy of Southwest China Karst Area. *Carsologica Sinica*, 1998, (2): 141~150. (in Chinese) [吴应科,等. 西南岩溶区岩溶基本特征与资源、环境、社会、经济综述[J]. 中国岩溶,1998,(2):141~150.]
- [6]Han Xing-rui *et al.*, Comprehensive Development and Harnessing of Karst Unit Drainage Basin. Guangxi Normal University Publishing House, 1997,27~32. (in Chinese) [韩行瑞,等. 岩溶单元流域综合开发与治理[M]. 南宁:广西大学出版社,1997, 27~32.]
- [7]Zhu Shou-qian, *et al.*, Ecological Research on Karst Forest 2. Science and Technology publishing House of Guizhou, 1997.1~8. (in Chinese) [朱守谦,等. 喀斯特森林生态研究(2)[M]. 贵阳:贵州科技出版社,1997:1~8.]
- [8]Jiang Zhongcheng, *et al.*, Features of Karst Dynamic on Epi-karst and Its Environment and Resources Significance. *Journal of the*

- Earth*, 1999, (3): 302~308. (in Chinese) [蒋忠诚, 等. 表层岩溶带的岩溶动力学特征及其环境和资源意义[J]. 地球学报, 1999, (3): 302~308.]
- [9] Zhou You-you, *et al.*, Classification of Land Degradation Degree and Vegetation Recoverability in Karstified Mountainous Area. *Car-sologica Sinica*, 2000, 19(3): 268~274. (in Chinese) [周游游, 等. 喀斯特化山地土地退化等级和植被可恢复程度的研究[J]. 中国岩溶, 2000, 19(3): 268~274.]

Features and Rehabilitating Ways for Sub-tropic Karst Mountain Ecosystem

ZHOU You-you¹ and TANG Xiao-chun²

(1. *Guangxi Normal College, Nanning, 530001 China*; 2. *South China Normal University, Guangzhou, 510631 China*)

Abstract: The geomorphology in subtropical karst mountain distributed in the South and Southwest China, is dominated by peak cluster-depression and karst valley mainly formed by the Cambrian, Permian and Tertiary carbonate rocks associated with some Paleozoic and Mesozoic clastic rocks. With extremely weak eco-environment that is becoming worse and worse under seriously destructive human activities, it made itself a terrain quite difficult for the exploitation of natural resources ever since. Along with the Program of West China Exploration, problems on environmental deterioration and underdeveloped economics as well as improper resources' exploitation, etc. have been got closer and closer attention to in academic circles of geography, karstology, ecology and environmental science. Works on the rehabilitation for subtropical karst mountain ecosystem and on the reasonable programming for agriculture and forestry as well as other industries brook no delay at the movement. So, in this paper, some ideas are put forth as a reference.

Key words: subtropical karst mountain; ecosystem; rehabilitating ways