

滇东喀斯特山地植被退化及其恢复对策

沈有信¹, 江 洁², 陈胜国², 蔡光丽², 张 平²

(1. 中国科学院西双版纳热带植物园, 云南 昆明 650223; 2. 文山州农业学校, 云南 文山 663000)

摘 要: 喀斯特山区生态系统已经和正在经历各种人为的干扰、破坏和不合理使用。植被退化是生态系统退化的最典型外在特征。在对滇东的 3 个喀斯特山村和自然保护区的 25 个喀斯特植被样地的植物群落学特征、繁殖体库和土壤基质进行调查研究后发现: 喀斯特山地植被退化是一个渐进的逆向演替过程, 人和动物的选择性、物种的适应性和持久性能力决定着物种及其繁殖体的存在与消亡。某些物种由于具有较强的萌生能力和较高的持久性, 其无性繁殖体能在反复砍伐后仍然保存于一些石质缝隙之中。伴随植被退化, 土壤有机质和养分不断流失。以物种组成、群落高度、繁殖体库、土壤、生物量与参照群落间的相异性指数为指标, 通过聚类分析将滇东的喀斯特退化植物群落分为顶级群落、乔林、灌乔、灌丛灌木、草灌和草本群落 6 个阶段。喀斯特退化植被的恢复应该充分考虑到这种植被退化的阶段性, 根据各阶段的特点补充不同数量和种类的当地物种繁殖体, 改善土壤基质性状并配以抚育措施。

关键词: 喀斯特山地; 植被退化; 等级; 恢复策略

中图分类号: X171.4

文献标识码: A

喀斯特是世界上广泛分布的一种地质景观类型, 全球喀斯特地区的面积约占陆地面积的 12%, 即约 $2\,000 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。中国的喀斯特地区为 $90.7 \times 10^4 \text{ km}^2$ (按含碳酸盐岩出露面积计)^[1]。同世界上的其它生态系统一样, 广大喀斯特区域的生态系统已经或正在遭受各种程度的人为干扰、破坏和不合理使用, 使大量的喀斯特生态系统不断退化、毁坏和功能发生转变。植被的消失和石间土壤的流失, 使地表的各种形状的石芽、石柱、石笋等广泛裸露于地表、形成类似于荒漠化的景观, 很多人将其称为石漠化^[2-4]。在一些喀斯特山区, 山地生态系统的退化和石漠化与贫困相互交织, 陷入越穷越砍, 越穷越垦的怪圈。制止喀斯特山地退化并恢复已经退化的山地植被对生态平衡维护、生物多样性保护以及当地居民的经济将起到积极作用^[5]。

退化生态系统的分类和退化特征的认识是探讨喀斯特山地退化和石漠化, 制订恢复对策的重要前提。很多学者已经由不同的角度尝试对退化喀斯特

山地进行分类并在治理对策方面进行了有益的探讨。如周游游等^[6], 王世杰^[4], 李阳兵等^[7]由地理角度进行土地退化与石漠化分类; 喻理飞等^[8,9]对贵州喀斯特山地植被的退化与恢复潜力进行分类与评价; 张竹如等^[10], 薛建辉和方升佐^[11]在分类的基础上对不同类型的退化系统治理进行了策略上的探讨。云南东南部的喀斯特区域与贵州、广西相邻, 是中国喀斯特最集中的区域之一。翟林^[12], 郭芳等^[13]对该区域的喀斯特森林保护和石漠化治理提出了宏观对策。喀斯特植被退化是石漠化的开始, 本研究在 25 个样方资料的基础上, 探讨喀斯特植被退化的特征并通过计算各样方与顶级群落代表样方的“差异”来判别植被退化等级, 在此基础上对各等级植被的恢复提出对策。

1 研究方法

1.1 不同退化阶段喀斯特植被的群落学调查

收稿日期 (Received date): 2004- 11- 15; 改回日期 (Accepted): 2005- 03- 28。

基金项目 (Foundation item): 云南省自然科学基金 (2002C0004Z) 资助, 福特基金 (美国) 会 (项目号: 1015- 0281)。[This project was funded by Natural Science Foundation of Yunnan Province (2002C0004Z) and Ford Foundation (No. 1015- 0281)]

作者简介 (Biography): 沈有信 (1966-), 男, 汉族, 云南昆明人, 中科院西双版纳热带植物园助理研究员, 主要从事恢复生态学研究。[Shen Youxin (1966-), male, associate researcher of Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, CAS, specialized on ecological restoration research, Tel: 0871- 5160910, E- mail: yxshen@xtbg.ac.cn]

在喀斯特分布较为集中的云南东南部的文山州 (23°16′ ~ 23°59′ N, 104°24′ ~ 104°58′ E) 的广南县、文山县、西畴县各选取 1 个喀斯特自然村, 于每个村庄的喀斯特山地上选择坡度、海拔、土石比相近的 2 个乔木林 (龙山林), 3 个灌木林和 3 个草本为主样地, 共计 24 个样地。每个样地 20 m × 20 m, 记录样地内所有植物的名称、多度及生活型, 对胸径 ≥ 3 cm 的乔木个体, 测量并记录胸径。在每个村庄, 根据乔木的数量和种类, 砍伐不同径级的标准木, 建立胸径与生物量的回归方程, 从而推算出乔木的生物量。在每个 20 m × 20 m 样地的四角和中部, 设置 5 个 2 m × 2 m 的样方以收割法测定灌木生物量, 在 2 m × 2 m 样方内设置 1 m × 1 m 小样方, 测定草本生物量。在西畴县的自然保护区内选择了一个与各研究点自然条件相近的, 群落结构完整且少有人为破坏痕迹的喀斯特原始森林作对照。

1.2 土壤种子库

在上述样地内分别取 10 个 10 cm × 10 cm × 10 cm 土样带回实验室, 通过萌发实验测定其内的种子种类与数量^[14]。

1.3 土壤常规性质分析

在每个样地内采集三个表土层 (0~20 cm) 样品, 混匀后测定 PH, 有机质, 土壤全 N, P, K 和有效 N, P, K 含量。

1.4 植被退化程度分级

根据群落演替理论, 将研究区域的不同生态系统类型看成处于同一演替系列的不同阶段, 并假设它们都有一个共同的演替顶级。这些处于不同阶段的生态系统与顶级群落之间有不同的“距离”, 以这种“距离”的大小作为量度来判断不同退化阶段生态系统的退化程度。本研究中重点考虑到了物种组成、结构 (高度)、繁殖体差异 (种子和幼苗)、生物量和土壤基质。以相异性系数作为物种组成和繁殖体与参照群落之间“距离”的量度^[8, 15], 其计算方法为

$$PS_{vv} = B_2 - 2^* C / (A_{iv} + A_{ivrf}),$$

$$PS_{ss} = 1 - 2^* C / (A_{is} + A_{isrf})$$

式中 PS_{vv} 为第 i 个生态系统的植被与参照群落之间的相异系数, PS_{ss} 为第 i 个生态系统的繁殖体库 (土壤种子库和幼苗库) 与参照群落之间的相异系数, C 为两个群落植物或繁殖体库中共有物种数, A_{iv} , A_{ivrf} 分别为第 i 个生态系统的植被和参照群落的物种数, A_{is} , A_{isrf} 分别为第 i 个生态系统的繁

殖体库和参照群落的繁殖体库物种数。因为当地的参照群落为森林, 草本和藤本物种在演替后期的作用相对较小, 计算中未将它们计算入内。繁殖体作为植被恢复的重要物质基础, 在这种度量中得到了较好的体现。

结构差异用群落高度与参照群落高度之比表示。当用生物量指标来衡量不同退化群落与参照群落之间的“距离”时, 用这些群落的总生物量占参照群落生物量的比例来度量; 土壤差异用有机质、有效 N, P, K 占参照群落相应组分比例的平均值表示。

以上述指标为变量, 对所调查样地进行聚类分析, 根据聚类结果对退化等级进行分级。

2 结果与讨论

2.1 滇东喀斯特山地植物群落的退化

滇东的岩溶植被受人为樵薪、开荒和放牧等活动的强烈干扰而发生各种形式的退化。这种退化的特点表现在以下 4 个方面:

1. 植物群落结构和外貌变化 自上个世纪中期后, 喀斯特地区的人口数量快速增长, 樵薪的速度加快, 范围不断扩大。成熟森林中的高大挺直、燃烧性能优越、易砍伐的物种和个体成为主要的樵薪对象, 而一些燃烧性能差、不易砍伐、有刺的物种和个体则残留下来。砍伐形成的林窗为幼树生长、种子繁殖和伐桩萌生提供了更新条件, 成熟森林转变为稀树林。但随着砍伐的持续, 森林就会变成灌丛。进一步砍伐后, 以草本为主的群落形成, 此时岩石大量裸露, 出现类似荒漠化的景观。由樵薪导致的植被退化顺序为: 成熟森林 → 疏林 → 灌丛 → 灌草丛 → 草丛 → 裸地。开荒可在上述退化系列的任何一个阶段发生, 其垦殖撂荒后的群落一般处于灌草丛或草丛阶段, 这个阶段的群落所处地段也是当地居民的主要放牧场地。

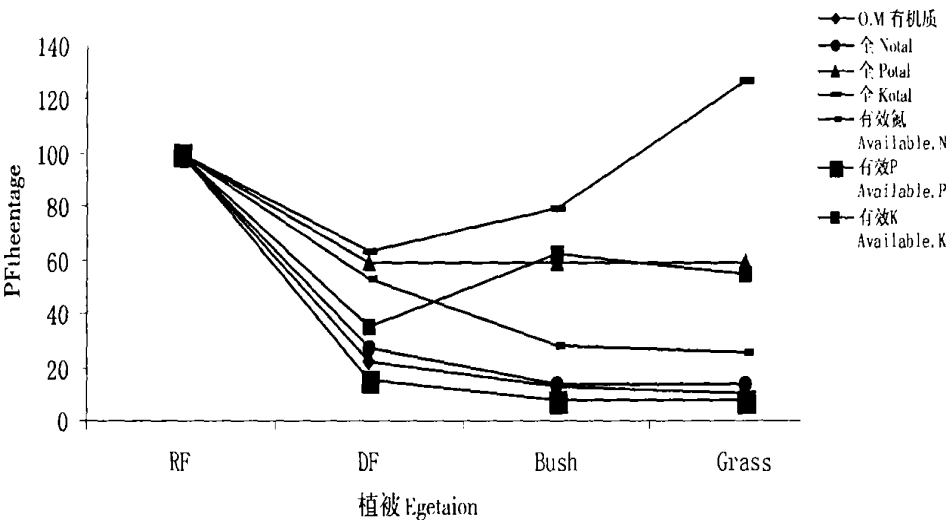
2. 植物种类组成的变化 群落结构的变化是与物种组成的变化相互联系的。在樵薪和放牧干扰状况下, 植被的物种组成变化是由于人和动物的选择性而产生的。在这样的选择下, 物种对山地的适应性 (adoptability) 和持久性 (persistence) 决定了物种在群落中的存在与消亡与否。一些处于演替后期阶段的物种往往最先消失, 如黄连木 (*Pistacia chinensis*)、榄仁 (*Terminalia franchetii* var. *membranifolia*)、紫弹树 (*Celtis biondii*)。而一些萌生能力强, 持久性较高、有刺的物种被遗留下

来, 如, 青冈 (*Cyclobalanopsis glauca*), 清香木 (*Pistacia weinmannifolia*), 绣线菊 (*Spiraea martinii* var. *Pubescens*), 毛叶柿 (*Diospyros molifolia*)。在一些干扰强度大, 干扰时间长的地段或垦殖几年后的弃耕地上, 一些物种仍然顽强地生存于石牙、石槽等的裂隙之中。

3. 繁殖体源的变化 当具有有性繁殖能力的植物母株被砍伐, 且土壤种子库消耗殆尽之后, 无性繁殖方式就成为很多喀斯特木本植物的主要繁殖方式。在退化较为严重的地段, 一旦干扰停止或是减弱, 残留于石质缝隙内的植物繁殖体将迅速萌生而使植被恢复跳过不同的演替阶段。基于此, 植物无性繁殖体的保留状况是岩溶植被退化的一个重要

判定因子, 也是退化山地植被恢复潜力的一个重要决定因子。残留活根茎越少, 石漠化程度越高。

4. 土壤基质的变化 在植被逐步由乔木林退化到草丛的过程中, 土壤表层的枯落物数量在逐步减少, 土壤及其有机质大量流失。良好森林覆盖下, 土壤表层承接的大量枯枝落叶及其半分解物与盘结于石间的植物根系相互交织, 直接覆盖那些纵横交错的沟槽, 凹槽、沟谷、洼坑、石牙。随着地表植被的退化, 这种枯落物-根系与石面的关系也被破坏, 原本积存的有机物大量分解或流失, 石牙、石槽等裸露于地表。这种退化的直接后果是土壤养分流失 (图 1)。



RF: 参照森林 Reference forest; DF: 干扰森林 Disturbed forest; Bush: 灌木林 Bush land; Grass: 草丛 Grassland

图 1 不同植被覆盖下的土壤养分占参照森林相应养分比例

Fig. 1 Nutrient percentages of soil under different vegetation cover to the soil under primary forest

表 1 不同退化阶段植物群落的相异性指数平均值

Table 1 Average dissimilarity index of vegetative community at different degraded stage

群落阶段 Degraded stage	群落数 No. of communities	生物量 Biomass	物种组成 Species composition	群落高度 Height	无性繁殖体库 Vegetative propagule	土壤种子库 Soil seed bank	土壤性质 Nutrients
顶级群落阶段 Climax stage	1	0	0	0	0	0	0
乔木阶段 Tree stage	2	0. 4	0. 795	0. 400	0. 449	0. 556	0. 762
灌乔阶段 short tree stage	4	0. 788	0. 644	0. 800	0. 504	0. 593	0. 673
灌丛灌木阶段 bush stage	7	0. 918	0. 927	0. 864	0. 709	0. 567	0. 684
草灌阶段 grass and bush stage	9	0. 953	0. 960	0. 943	0. 794	0. 745	0. 765
草本群落 grass stage	2	- 1	- 1	> 0. 9	> 0. 9	- 1	> 0. 8

2.2 滇东喀斯特山地退化植物群落的等级划分

以 24 个样地的物种组成、群落高度、繁殖体库、土壤、生物量与参照群落间的相异性指数为变量,通过聚类方法对滇东的退化植被进行分类,可将喀斯特植被退化划分为 6 个阶段(表 1)。退化等级越高,相异性指数越高。

各退化阶段典型群落的特征:

顶级群落阶段: 森林群落结构完整,乔木层发达,林下荫蔽。大径级乔木数量较多。林下枯枝落叶十分丰富,土壤有机质含量较高。在所调查的位于保护区的样地内,最大乔木的胸径值超过 100 cm,乔木层分三层:上层高 20~22 m,中层 8~10 m,下层高 4~5 m,林中藤本较多,林下有大量幼苗,枯枝落叶层厚达 10 cm。

乔林阶段: 乔木层已经发生分层现象,一些乔木的胸径值已经超过 10 cm。上层平均高度为 10~12 m。少量大树呈不连续分布状态,如白枪杆(*raxinus malacophylla*)、黄连木(*Pistacia chinensis*)、榄仁(*Terminalia franchetii* var. *membranifolia*)、紫弹树(*Celtis biondii*)、清香木(*Pistacia weinmannifolia*)、青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)。林下幼苗丰富,有一定厚度的枯枝落叶层。

灌乔阶段: 乔木层刚刚形成,还未发生分层现象。高度 4~5 m,乔木径级相对较小(<10 cm),但密度较高。青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)、清香木(*Pistacia weinmannifolia*)、化香(*Platycarya longipes*)等为常见树种。藤本发达。

灌丛灌木阶段: 没有 3 cm 以上径级的茎干。灌木层平均高度为 1.5~2 m。清香木,青冈、余甘子(*Phyllanthus emblica*)、浆果楝(*Cipadessa baccifera*)、化香(*Platycarya longipes*)、绣线菊(*Spiraea martinii* var. *pubescens*)、白花羊蹄甲(*Banhenia variegata*)、槲栎(*Quercus dentata*)、毛叶柿(*Diospyros mollifolia*)等为常见乔灌木物种。

草灌阶段: 以草本为主,少量的乔灌木物种出现于群落内。鬼针草(*Bidens tripartita*)、狗尾草(*Apluda mutica*)、马唐(*Digitaria sanguinalis*)、黄茅草(*Heteropogon*)、紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum*)、旱茅(*Eremopogon delavayi*)、鼠尾草(*Sporobolus indicus* var. *Purpurea-suffusus*)、金茅(*Eulalia trispicata*)、罗仕草(*Schizachyrium delavayi*)、白茅为常见草本种类。

青冈、清香木、余甘子、化香、绣线菊、地瓜藤(*icus tikoua*)、盐肤木(*Rhus shinensis*)等灌木混杂于草丛中。一些退耕的石旮旯旱地,在生长大量草本时,其石隙内和地埂上残留的青冈、清香木、余甘子缓慢生长。一些樵采、放牧过度的山地,其乔灌木的生长受到人为抑制后也形成该类型群落。

草本群落: 乔灌木的无性繁殖体遭到严重破坏的旱地,和采石、取土后留下的迹地。没有乔灌木物种的出现。草本种类主要有,鬼针草,马唐,黄茅草,白茅(*Imperata cylindrica*)、野枯草(*Arundinella setosa*)、菅草(*Themeda triandra*)、紫茎泽兰,旱茅等。

3 喀斯特退化植被的恢复对策探讨

3.1 喀斯特植被恢复应该考虑植被退化的阶段性

由前述的分析中可看出,喀斯特植被的退化是一个渐进的逆向演替过程。推进并加速各退化阶段植被群落的顺向演替进程,使其朝向顶级群落阶段发展符合恢复生态学的最基本原理^[16,17]。对于各退化阶段的现有植被群落,因其物种组成、结构、繁殖体库、土壤基质状况与参照群落之间存在不同的差异(表 1),需要不同的恢复对策。

1. 群落处于草本阶段的退化山地,需要大量补充繁殖体,尤其是一些先锋性的固氮物种。在一些退耕地上,可视土壤基质的厚度和肥力状况,适当种植一些当地村民认可的,已经被种植过的、能适应喀斯特山地土壤基质的经济林木。对一些采石、取土后留下的迹地,改良土壤基质是首要任务。禁牧和合理轮牧是保障这些繁殖体成功生长的基础。

2. 群落处于草灌阶段的退化土地,繁殖体的补充仍然十分重要,这是加速该类土地恢复的关键。保护已有的灌木丛并进行适当修剪有利于加速植株的生长,缩短其进入种子生产期的时间,尽快恢复植物种群的有性繁殖更新链。

3. 群落处于灌丛阶段的退化土地,适当增加一些演替后期物种的繁殖体,加速群落的演替进程。适当的人工管理,如间伐一些多余灌木丛的径干而保留主径干,有利于加速乔木层的形成。

4. 对群落处于灌乔阶段以上的土地,森林的抚育成为主要手段,以使这些森林提供更多的可供

采集的种子和提供更多的供应村民使用的薪柴、甚至木材。为其它退化阶段土地减轻压力。

3.2 喀斯特植被恢复应该以地方物种或是已经乡土化了的物种为主

富钙、缺水、缺土, 土被不连续, 土层浅薄是喀斯特环境的最主要特征^[5], 所有的喀斯特生态系统的物质、能量迁移都带有这种喀斯特环境的“烙印”。喀斯特植物在长期的适应过程中已经具备了适应这种环境特征的生殖和生长对策。因而在选择恢复的物种时应该以本地种或是已经驯化了的物种为主。如村庄的神山林中的大量种子可以作为那些退化土地恢复的繁殖体来源。

3.3 协调当地社区成员的利益, 加速各类退化植被群落的恢复

大量的喀斯特山地属于集体所有制土地, 其森林和土地通过村社进行管理, 而且很多村社已经将这些山地划归农户经营管理。因此在植被恢复过程中, 应该辅助与相应的社会学工程措施, 充分协调村社及其成员的山地利益, 让他们主动参与喀斯特山地的恢复行动。同时通过开展适宜的教育活动提高他们的环境意识, 并帮助他们改变森林使用的方式和技术, 如将一些贫困山区的土灶改造为更加节柴的新式灶, 有条件的地方进行沼气建设和电能、煤的使用推广, 从源头上降低当地居民对山地森林的依赖, 保证各种恢复行动的顺利进行。

参考文献 (References):

- [1] Yuan Daoxian, Zhu Dehao, Weng Jintao, *et al.* Study on China Karst [M]. Beijing: Geography Press. 1994 [袁道先, 朱德浩, 翁金桃, 等. 中国岩溶学 [M]. 北京: 地质出版社, 1994]
- [2] Yao Changhong, Yang Guifang, Jiang Zhongcheng. Rocky desertification formation and ecological harness of karst area in Guizhou [J]. *Geological Science and Technology Information*, 2001, **20** (2): 75~ 78 [姚长宏, 杨桂芳, 蒋忠诚. 贵州省岩溶地区石漠化的形成及其生态治理 [J]. 地质科技情报, 2001, **20** (2): 75~ 78]
- [3] Zhou Zhengxian, Mao Zhizhong, Yu Lifei, *et al.* The study on degraded land and its vegetation restoration models of desertification in Guizhou [J]. *Guizhou Science*, 2002, **20** (1): 1~ 6 [周政贤, 毛志忠, 喻理飞, 丁贵杰, 谢双喜, 聂朝俊, 陈则群. 2002. 贵州石漠化退化土地及其恢复模式 [J]. 贵州科学, **20** (1): 1~ 6]
- [4] Wang Shijie. Concept deduction and its connotation of karst rocky desertification [J]. *Carsologica Sinica*, 2002, **1** (2): 101~ 105 [王世杰. 喀斯特石漠化概念演绎及其科学内涵的探讨 [J]. 中国岩溶, 2002, **21** (2): 101~ 105]
- [5] Yuan Daoxian. World correlation of karst ecosystem: objectives and implementation plan [J]. *Advance in Earth Sciences*, 2001, **16** (4): 461~ 466 [袁道先. 全球岩溶生态系统对比: 科学目标和执行计划 [J]. 地球科学进展, 2001, **16** (4): 461~ 466]
- [6] Zhou Youyou, Huo Jinguang, Liu Deshen. Classification of land degradation degree and vegetation recoverability in karstified mountainous area- a case study of cultivated sloping land in Luota Basin of west Hunan [J]. *Carsologica Sinica*, 2000, **19** (3): 268~ 274 [周游游, 霍建光, 刘德深. 岩溶化山地土地退化的等级划分与植被恢复初步研究- 以湘西洛塔河流域坡耕地为例 [J]. 中国岩溶, 2000, **19** (3): 268~ 274]
- [7] Li Yangbin, Wang Shijie, Rong Li. Problems of karst rocky desertification in Southwest China [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2003, **12** (6): 593~ 598 [李阳兵, 王世杰, 容丽. 关于中国西南石漠化的若干问题 [J]. 长江流域资源与环境, 2003, **12** (6): 593~ 598]
- [8] Yu Lifei, Zhu Shouqian, Ye Jingzhong, *et al.* A study on evaluation of natural restoration for degraded karst forest [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2000, **36** (6): 12~ 19 [喻理飞, 朱守谦, 叶镜中, 等. 退化喀斯特森林自然恢复评价研究 [J]. 林业科学, 2000, **36** (6): 12~ 19]
- [9] Yu Lifei, Zhu Shouqian, Ye Jingzhong, *et al.* Evaluation on degradation of karst forest community and human disturbance [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, **13** (5): 529~ 532 [喻理飞, 朱守谦, 叶镜中, 等. 人为干扰与喀斯特森林群落退化及评价研究 [J]. 应用生态学报, 2002, **13** (5): 529~ 532]
- [10] Zhang Zhuru, Li Yan, Wang Linjun, *et al.* A preliminary study of environmental rehabilitation in the karst rocky desertification regions of Guizhou Province [J]. *Carsologica Sinica*, 2001, **20** (4): 310~ 314 [张竹如, 李燕, 王林均, 等. 贵州岩溶石漠化地区生态环境恢复的初步研究- - 贵阳黔灵山的启示 [J]. 中国岩溶, 2001, **20** (4): 310~ 314]
- [11] Xue Jianhui, Fang Shengzuo. Afforestation techniques and vegetation restoration profits analysis of degraded ecosystems in karst mountain area [J]. *Journal of Nanjing Forestry University (Natural Science Edition)*, 2002, **26** (2): 1~ 6 [薛建辉, 方升佐. 喀斯特山地退化生态系统的植被恢复与效益分析 [J]. 南京林业大学学报 (自然科学版), 2002, **26** (2): 1~ 6]
- [12] Qu lin. Forest protection and rocky desertification control of karst area in Guangnan County [J]. *Forest Inventory and Planning*, 2001, **26** (4): 70~ 75 [瞿林. 广南县岩溶森林保护及石漠化治理 [J]. 林业调查规划, 2001, **26** (4): 70~ 75]
- [13] Guo Fang, Jiang Guanghui, Pei Jianguo. The problems of ecological environment and strategies for ecological construction in Babao karst mountain area [J]. *Yunnan Geographical Environment research*, 2003, **15** (1): 80~ 85 [郭芳, 姜光辉, 裴建国. 八宝喀斯特山区生态环境问题与治理措施 [J]. 云南地理环境研究, 2003, **15** (1): 80~ 85]
- [14] Shen Youxin, Jiang Jie, Chen Shengguo, *et al.* Storage and composition of soil seed banks of different degraded karst vegetation types in south-eastern Yunnan [J]. *Acta Phytocologica Sinica*,

- 2004, **28** (1): 101~ 106 [沈有信, 江洁, 陈胜国, 等. 滇东南岩溶山地退化植被土壤种子库的储量与组成 [J]. 植物生态学报, 2004, **28** (1): 101~ 106]
- [15] Bekker R M, Verweil G L, Smith R E N, *et al.* 1 Soil seed bank in European grassland: does land use affect regeneration perspectives? [J] *Journal of Applied Ecology*, 1997, **34**: 1293~ 1310
- [16] Davis M A, Slobodkin L B. The science and value of restoration ecology [J]. *Restoration Ecology*, 2004, **12** (1): 1~ 3
- [17] Winterhalder K, Clewell A f, Aronson J. Value and science in ecological restoration: A response to Davis and Slobodkin [J]. *Restoration Ecology*, 2004, **12** (1): 4~ 7

Vegetation Degradation and Its Restoration Strategies of Karst Upland in South-eastern Yunnan

SHEN Youxin¹, JIANG Jie², CHEN Shengguo², CAI Guangli², ZHANG Ping²

(1. *Xishuangbanna Tropical Botanic Garden, CA S, Kunming 650223, China;*

2. *Agriculture School of Wenshan Prefecture, Wenshan, Yunnan 663000, China)*

Abstract: Karst ecosystem is being and had been suffered from manmade disturbances, damage and inadequate explorations. Vegetation degradation is the typical characteristic of ecosystem degradation. After study on vegetative structure and composition, propagule and soil of 25 vegetative ecosystems at three villages and one natural reserve in karst upland in Eastern Yunnan, we found that vegetation degradation was a gradual, anti-successional process in which species composition and propagule bank were determined by the selection force of man cutting and animal grazing, adoptability and persistent capability of individuals. Due to high resprouting capability and high persistent capability, some root systems can survive for very long time in some lacune and rock gaps from human cutting and animal grazing. Soil O. M and nutrient were eroded with the degradation process. Using the dissimilarity index of species composition, height of community, propagule bank, soil nutrient pool and biomass between degraded vegetation and matured forest, karst vegetative communities was clustered into groups that corresponded to 6 stages of vegetation degradation: climax → tree → bush tree → bush → grass bush → grass. Restoration of karst vegetation should take into consideration of the characteristics of each stage. We recommended propagule inputting of local species or adopted species after study on the size of existing propagule bank, followed by amendment of soil base and management of existing tree propagules.

Key words: karst upland; vegetation degradation; grade; restoration strategies