

南涧干热退化山地植被恢复的植物多样性变化

李全发^{1,2}, 刘文耀^{* 1, 3}, 沈有信¹, 刘伦辉¹, 徐海清^{1,2}

(1. 中国科学院西双版纳热带植物园昆明分部, 云南 昆明 650223;

2. 中国科学院研究生院, 北京 100039; 3. 澳大利亚科廷理工大学, GPO Box U1987 Perth, WA 6845)

摘 要: 对 20 世纪 90 年代初期在南涧县城后山干热退化山地上营造的五种不同人工植物群落与未经改造次生植被的物种组成与结构进行了调查, 采用生物多样性指数和相似性指数对各个群落进行测度。结果表明, 经过十几年的恢复和保护, 各人工群落植物种数及耐荫种数均有增加, 分别在 54~29 和 7~4 间, 高于坡柳、黄茅草灌草坡 (26 种和 2 种)。恢复群落的 Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数、Pielou 均匀度指数和 Margalef 丰富度指数增加, 其中乔木层 Shannon-Wiener 指数在 0.15~1.45 间; 除桉树群落外灌木层 Shannon-Wiener 指数在 0.91~0.76 间, 均明显大于坡柳、黄茅草灌草 (0.44); 草本层 Shannon-Wiener 指数在 0.39~1.49 间, 除桉树群落和新银合欢群落外也均有增加。恢复群落物种组成与结构逐渐向良性方向发展。然而, 一些引进植物如山毛豆 (*Tephrosia caudida*) 在本地区早期阶段生长迅速并能够快速郁闭, 为乡土植物生长创造了条件, 但因自我更新能力差, 已出现衰退现象, 因此, 应该加强人工群落保护和后续抚育管理, 促进区域生态环境改善和良性发展。

关键词: 退化山地; 干热河谷; 植被恢复; 物种组成; 生物多样性

中图分类号: Q16 X176

文献标识码: A

沿金沙江、澜沧江、元江、怒江等河流及其支流下部分布的干热河谷是我国西南地区一类重要而特殊的区域。由于地质和气候等方面的原因, 山地环境十分脆弱, 加之长期的人为干扰活动, 其生态环境退化和生物物种流失非常严重^[1,2]。高温、干旱缺水、土地承载力低、山地灾害严重是云南干热河谷地区主要的环境特征^[3,4]。

恢复和重建已退化的生态系统, 维护人类生存环境的稳定和可持续发展, 是现代生态学研究的重要课题^[5-8]。从 1989 年以来, 在云南省计委支持下, 中科院昆明生态所 (现为中科院西双版纳热带植物园) 联合有关科研单位和当地有关部门, 在南涧县城后山干热退化山地开展生物生态治理试验示范研究。经过十几年的恢复与保护, 已在治理试验区内建立了由不同植物种类组成、具有较好生态功能的人工群落, 这些群落与稳沟、护坡土建工程

以及调蓄水措施一起, 形成了较好的阻止水土流失、改善生态环境的防卫体系, 有关该试验区的水分调蓄与植被恢复途径、植物种类筛选、造林技术、以及恢复初期群落生物量与土壤环境动态等已有报道^[3,4,9,10]。本文结合这些植物群落基本状况进行调查了解, 拟对试验区十几年来不同植物群落的物种组成与生物多样性变化进行比较研究, 以期进一步探讨干热河谷地区植被恢复和重建的有效途径, 促进区域生态环境改善, 为生物多样性保护及可持续发展提供理论依据。

1 研究地区自然条件

研究区位于云南省中南部南涧彝族自治县, 地理位置为 24°39'~25°10'N, 100°06'~100°41'E。试验区选择在县城后山, 生物生态工程治理主要在

收稿日期 (Received date): 2005-02-11; 改回日期 (Accepted): 2005-06-03。

基金项目 (Foundation item): 中国科学院“百人计划”项目 (BRJH2002098); 国家重点基础研究发展计划专题 (2003CB415105)。

[Supported by the fund for Top One Hundred Young Scientists CAS (BRJH2002098); Under the auspices of the National Key Project for Basic Research of P. R. China (No. 2003CB415105).]

作者简介 (Biography): 李全发 (1980-), 男, 硕士研究生。从事恢复生态学研究。[Li Quanfa (1980-), Male, Master Student. Study on restoration ecology, Email: anhuiliq@163.com]

*通讯作者: E-mail: liuwy@xtbg.ac.cn

泥石流危害严重的大箐河和观音寺沟流域实施。两沟流域面积 3.01 km², 山体海拔高度 1 380~2 064 m, 为中切割中山地貌。据县气象站设于海拔 1 382 m 的观测点 30 多年资料统计, 年平均气温 19℃, 极端高温 35.9℃, 极端低温 1.1℃。年平均降雨量 729.15 mm, 降雨集中于每年的 6~10 月, 约占全年降雨量的 78%。年蒸发量 3 274.6 mm, 干燥系数为 4.49。年均相对湿度 62%, 而 3~4 月仅为 46%。本区域的气候特点是降雨量少、蒸发量大、热量充足、雨热同季、干湿季分明、干季较长, 属于南亚热带干热河谷气候。

试验区土壤以砂质燥红土为主, 约占该区域总面积的 90%。成土母质为老冲积物, 养分缺乏, 具粗骨性, 石砾含量占 30%~50%。该土壤全剖面无层次分化, 随土壤深度增加, 石砾增多, 粘粒含量减少, 土壤肥力亦随之下降。由于长期人为干扰, 植被破坏十分严重, 治理前的自然植被是以次生的坡柳 (*Dodonaea viscosa*)、黄茅草 (*Heteropogon contortus*) 灌丛草地为主, 覆盖度 10%~30%, 该类群落占试验区总面积的 66.7%; 其次

是云南松 (*Pinus yunnanensis*) 疏幼林, 约占 23.3%; 其它植被类型如桉树 (*Eucalyptus camaldulensis*) 林等则呈小片或零星分布。

2 人工恢复群落及当地次生植被的基本特征

针对本区域高温、少雨, 气候干燥, 土壤养分低等特点, 在实施生物治理中一方面利用乡土物种, 同时引进部分耐旱、耐贫瘠, 速生的树种, 以种子直播或营养袋苗移植的方法, 采用水平带状整地的方式, 在试验区内按照不同立地类型分别种植了 20 余种植物, 营建了由不同植物种类组成的人工群落。此外, 在治理试验区内还有上世纪 80 年代初期飞播营造的云南松林。2003—06~07, 我们对南涧县城后山治理区范围内 1989 年以来种植营建的各类人工群落进行了调查, 同时在治理试验区外围选择了一片目前仍处于人为干扰较严重的荒草坡作对照。表 1 反映了治理试验区这些人工恢复群落和治理区外未经改造的次生植被的基本特征。

表 1 南涧县城后山治理区主要恢复群落及次生植被的基本特征

群落名称 Communities	种植方式 Planting method	林龄 Stand age (a)	密度 Density (ind. 400/m ²)	平均基径 Mean basal diameter (cm)	平均高 Mean height (m)	总盖度 Coverage (%)	枯落物现存 量 (t/hm ²)
山毛豆群落	袋苗+直播	13	1 195	4.5	3.2	95	7.34
台湾相思群落	袋苗+直播	12	666	5.0	2.5	80	7.09
桉树群落	袋苗+直播	12	803	6.5	4.5	80	3.28
新银合欢群落	袋苗+直播	12	1 044	6.5	3.5	85	1.99
云南松群落	直播	30	592	9.5	5.5	90	15.35
坡柳+黄茅草灌草丛	天然	13	421	1.5	1.2	40	0.60

3 研究方法

3.1 群落样地调查

在本研究中, 我们主要选择了山毛豆、台湾相思、新银合欢、桉树和云南松等五类人工群落, 同时选取当地未经改造的坡柳、黄茅草灌草丛作为对照, 研究比较不同植物群落物种组成与物种多样性变化的差异。采用典型取样法, 在各群落代表性地段进行样方调查, 每个群落分别设立 3 个 20 m×20 m 样方, 对样方内的立木进行每木调查, 记录每个立木的树高、胸径、冠幅和株数。每个样方调

查乔木种类、数量、胸径。在每个样方中的四角和中心点选取 5 个 2 m (2 m 小样方, 调查灌木高度、种类、株数和盖度, 并记录每种草本植物的丛数、株数和盖度。

3.2 多样性测度方法

1) 重要值

对于乔木层林木而言, 重要值 (IVI) 的计算公式为

重要值=相对密度 (RDE)+相对频度 (RFF)+相对优势度 (RDO);

对灌木、草本植物, 重要值按照以下公式计算

重要值 (IVI)=相对密度 (RDE)+相对频

度(RFF)+相对盖度(RCO)

2) 多样性

本研究选用 Shannon—Wiener 指数、Simpson 指数、Pielou 均匀度指数以及 Margalef 物种丰富度指数^[11] 来表征群落的物种多样性。各个指标的具体计算方法如下:

Shannon—Wiener 指数 $H = -\sum P_i \ln P_i$

Simpson 指数 $D = 1 - \sum P_i^2$

Pielou 均匀度指数 $J = (-\sum P_i \ln P_i) / \ln S$

Margalef 物种丰富度指数 $R = (S - 1) / \ln N$

以上公式中, P_i 为种 i 的个体数占有所有物种个体总数的比例, N 为所有物种个体总数, S 为种 i 所在样方的物种总数。

3) 相似性

采用 Sorenson 相似性系数^[12] C_S 来测度两个群落之间物种组成上的差异, 具体的计算方法为:

Sorenson 相似性系数 $C_S = 2a / (S_1 + S_2)$

式中 a 为两个样本群落之间的相同物种数, S_1 和 S_2 分别为群落 1 和 2 的物种数。

4 结果与分析

4.1 物种组成和结构的比较

在南涧县城后山治理试验区不同人工恢复群落中, 经过十几年的恢复和发展, 林下物种的组成及结构发生了明显的变化。表 2 反映了各群落主要植物种类组成及其重要值。从表中可看出, 以群落样地中植物丰富度的大小进行比较, 其排序为: 云南松群落 (54 种) > 山毛豆群落 (44)、台湾相思群落 (44) > 桉树群落 (34) > 新银合欢群落 (29) > 坡柳、黄茅草灌草坡 (26)。在经过近 13 a 的恢复和发展后, 在严重退化的荒坡上人为栽培的大多数木本植物生长良好, 以云南松、各种豆科植物和桉树等为主的种类在各个群落中已经成为乔木层的优势树种, 具有较高的重要值, 林分基本郁闭。灌木层中乡土物种坡柳、华西小石积 (*Osteomeles schwerinae*)、余甘子 (*Phyllanthus emblica*) 等种类重要值较高, 处于优势地位。草本层中黄茅草、紫茎泽兰 (*Eupatorium adenophorum*)、求米草 (*Oplismenus undulatifolius*) 等物种的重要值较高, 是本区域各个群落草本层的主要物种。

值得引起注意的是, 经过十多年的发展, 在山毛豆群落中原来生长旺盛的山毛豆基本上消失, 而

一些当地的灌木及草本植物种类比其它人工群落有明显的增加, 其中灌木种类达到 12 种, 草本 32 种, 覆盖度较高; 台湾相思群落和云南松群落中灌木、草本植物也较丰富, 分别为 10 种、25 种和 18 种、28 种; 在新银合欢群落中草本植物种类较少, 但是新银合欢 (*Leucaena glauca*) 的幼苗数量很多, 平均每平方米幼苗数量达到 21 株; 桉树群落中草本植物种类数量相对较多, 但是它们的种群密度及覆盖度较小。与人工恢复群落相比较, 未经改造的坡柳、黄茅草灌草丛, 物种组成简单, 植被覆盖度低。

经过十几年的恢复和保护, 治理试验区的植被覆盖率和生态环境明显改善。在每个调查样方中, 木本植物种类数量有所增加, 而且每个物种的种群盖度、密度增加, 种群的郁闭度增大; 多数人工群落内部的环境条件已开始变得阴湿, 林内水分和光照的变化导致了群落物种组成性质的变化, 一些耐荫的、喜湿的植物如白花鬼针草 (*Bidens pilosa*)、飞扬草 (*Euphorbia hirta*)、爵床 (*Rostellularia procumbens*)、臭灵丹 (*Laggera pterodonta*) 出现。图 1 可看出, 与当地坡柳、黄茅草灌草丛相比较, 人工恢复群落中耐荫种的数量均有所增加, 排序为山毛豆群落 (7 种) > 台湾相思群落 (5) > 新银合欢群落 (4) > 桉树群落 (4) > 云南松群落 (4) > 坡柳、黄茅草灌草丛 (2), 可以看出山毛豆群落中耐荫植物物种数增加较多, 这与山毛豆早期阶段生长迅速, 能很快覆盖地表, 并产生大量凋落物, 控制水土流失和培肥林地土壤, 为耐荫植物的定居生长创造了良好条件有密切的关系。

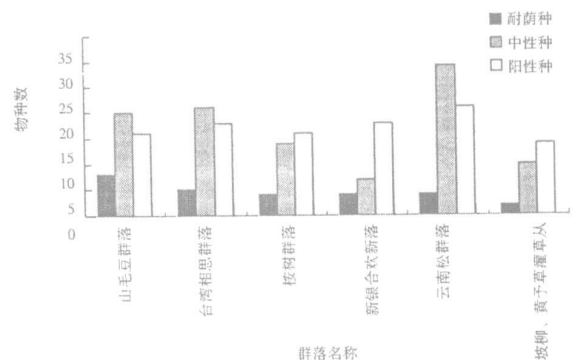


图 1 南涧干热退化山地恢复群落与次生植被的不同生态类群物种组成的比较

Fig. 1 Comparison of ecological species groups from the rehabilitated and secondary plant communities on degraded mountainous area of dry-hot valley in Nanjian

表 2 南 润干热退化山地恢复群落与次生植被优势种组成
Table 2 Composition of dominant plant species from the rehabilitated and secondary plant communities on degraded mountainous area of dry-hot valley in Nanjian

群落名称 Communities	物种丰富度 Species richness	优势植物种类 Dominant species	重要值 IVI
山毛豆群落	乔木 Tree	坡柳 <i>Dodonaea viscosa</i>	37.4
	灌木 Shrub	华西小石积 <i>Osteomeles schwerinae</i>	16.7
		地桃花 <i>Urena lobata</i>	12.1
		余甘子 <i>Phyllanthus emblica</i>	11.5
		求米草 <i>Opismenus undulatifolius</i>	19.3
	草本 Herb	黄茅草 <i>Heteropogon contortus</i>	19.1
	紫茎泽兰 <i>Eupatorium adenophorum</i>	12.8	
合计 Total	44		
台湾相思群落	乔木 Tree	台湾相思 <i>Acacia richii</i>	72.6
	灌木 Shrub	赤桉 <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	5.6
		黑荆树 <i>Acacia mearsii</i>	3.6
		坡柳 <i>Dodonaea viscosa</i>	43.4
		华西小石积 <i>Osteomeles schwerinae</i>	27.5
		余甘子 <i>Phyllanthus emblica</i>	7.4
	黄茅草 <i>Heteropogon contortus</i>	30.0	
	草本 Herb	紫茎泽兰 <i>Eupatorium adenophorum</i>	16.9
芸香草 <i>Cymbopogon distans</i>	6.2		
合计 Total	44		
桉树群落	乔木 Tree	尾叶桉 <i>Eucalyptus urophylla</i>	32.3
	灌木 Shrub	双肋桉 <i>Eucalyptus biostata</i>	27.3
		隆缘桉 <i>Eucalyptus exserta</i>	19.8
		坡柳 <i>Dodonaea viscosa</i>	49.7
		新银合欢 <i>Leucaena glauca</i>	22.8
		华西小石积 <i>Osteomeles schwerinae</i>	9.4
	黄茅草 <i>Heteropogon contortus</i>	58.9	
	草本 Herb	紫茎泽兰 <i>Eupatorium adenophorum</i>	8.2
求米草 <i>Opismenus undulatifolius</i>	7.0		
合计 Total	34		
新银合欢群落	乔木 Tree	新银合欢 <i>Leucaena glauca</i>	64.1
	灌木 Shrub	赤桉 <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	25.2
		台湾相思 <i>Acacia richii</i>	19.5
		坡柳 <i>Dodonaea viscosa</i>	22.0
		牛肋巴 <i>Dalbergia obtusifolia</i>	10.9
		膏桐 <i>Jatropha curcas</i>	5.1
	黄茅草 <i>Heteropogon contortus</i>	60.5	
	草本 Herb	芸香草 <i>Cymbopogon distans</i>	7.2
细柄草 <i>Capillipedium parviflorum</i>	6.4		
合计 Total	29		
云南松群落	乔木 Tree	云南松 <i>Pinus yunnanensis</i>	66.3
	灌木 Shrub	大叶桉 <i>Eucalyptus robusta</i>	10.1
		余甘子 <i>Phyllanthus emblica</i>	5.9
		坡柳 <i>Dodonaea viscosa</i>	37.7
		地桃花 <i>Urena lobata</i>	6.4
		白牛胆 <i>Inula cappa</i>	6.3
	紫茎泽兰 <i>Eupatorium adenophorum</i>	36.5	
	草本 Herb	金发草 <i>Pogonatherum paniceum</i>	12.7
类芦 <i>Neyraudia reynaudiana</i>	7.9		
合计 Total	54		
坡柳、黄茅草灌草丛	乔木 Tree	华西小石积 <i>Osteomeles schwerinae</i>	27.4
	灌木 Shrub	坡柳 <i>Dodonaea viscosa</i>	26.5
		锥花犹 <i>Caroypteris paniculata</i>	18.4
		黄茅草 <i>Heteropogon contortus</i>	44.3
	草本 Herb	白羊草 <i>Bothriochloa ischaemum</i>	18.7
	求米草 <i>Opismenus undulatifolius</i>	7.5	
合计 Total	26		

4.2 生物多样性变化特征

各个群落乔木层、灌木层和草本层植物多样性分析结果列于表 3。从表中可以看出,除了山毛豆群落因山毛豆衰退后无明显的乔木层,以及未经治理的坡柳、黄茅草灌草丛外,在其它各个恢复群落中,乔木层的 Shannon-Wiener 多样性指数以新银合欢群落 (1.45) 较高,桉树群落 (0.15) 较低。就本区人工恢复群落而言,通过选择不同的植物种类,在严重退化的干热山地上构建了不同结构的人工群落,形成了不同的生境条件。由于不同植物种类的生物学特性差异,以及各自对生境要求有所不同,从而在林下植物特别是木本植物种类组成、种群密度等方面才存在差异,所以林下灌木层植物多样性的变化更能够反映不同植被恢复方式对群落组成结构方面的影响。在各个群落的灌木层中,Shannon-Wiener 指数 H 的排序为:山毛豆群落 (0.91) > 云南松群落 (0.9) > 新银合欢群落 (0.81) > 台湾相思群落 (0.76) > 坡柳、黄茅草灌草丛 (0.44) > 桉树群落 (0.43),新银合欢等群落和坡柳、黄茅草灌草丛的差值达到 0.4,差异明显,其主要原因是未经治理的退化灌草丛中既没有乔木树种,灌木种类及个体数量也较少。Simpson 指数 D 、均匀度指数 E 和物种丰富度指数 R

的排列顺序与 H 基本一致。草本层中 H 值为 0.39 ~ 1.49, D 值为 0.21 ~ 0.68, E 值为 0.35 ~ 0.67, R 值为 0.5 ~ 1.64, 四个指数的排列为:山毛豆群落 > 台湾相思群落 > 云南松群落 > 坡柳、黄茅草灌草丛 > 桉树群落 > 新银合欢群落。与木本植物相比较,草本植物多样性排序情况发生了改变,一些群落林木较高的覆盖度限制了林下草本植物的生长。

通过对各群落不同生活型植物物种多样性的群落间变异分析 (表 4) 表明,草本层各指数在群落梯度上的变异都高于灌木层,说明了恢复对草本层的影响最大,对灌木层影响次之。乔木层主要人为选择物种构建,主观性较强,也直接导致了在群落梯度上各指数变异表现明显,其中 Simpson 指数最为突出,达到 0.83。比较而言,灌、草两类植物多样性各指数在群落水平上的变异程度都低于它们的物种丰富度指数,说明恢复对增加群落内物种个体数影响最大。

4.3 不同恢复群落间的相似性

经过十多年的恢复和保护,人工群落在物种组成发生了较大的变化,但是,在各个群落间仍有相当一部分共有植物种类。在所研究的六类植物群落 (五类人工恢复群落和当地未经改造的坡柳、黄茅

表 3 南涧干热退化山地恢复群落与次生植被植物多样性的比较

Table 3 Comparison of plant diversity between rehabilitated and secondary communities on degraded mountainous area of dry-hot valley in Nanjian

群落类型	乔木层 Tree layer				灌木层 Shrub layer				草本层 Herb layer			
	H	D	E	R	H	D	E	R	H	D	E	R
山毛豆群落	—	—	—	—	0.91	0.51	0.77	0.82	1.49	0.68	0.66	1.64
台湾相思群落	0.48	0.22	0.31	0.76	0.76	0.43	0.68	0.72	1.2	0.58	0.67	1.21
桉树群落	0.15	0.06	0.18	0.31	0.43	0.24	0.42	0.42	0.57	0.31	0.37	0.66
新银合欢	1.45	0.72	0.87	1.24	0.81	0.44	0.63	0.73	0.39	0.21	0.35	0.5
云南松群落	0.66	0.35	0.5	0.65	0.9	0.5	0.73	1.14	1.05	0.53	0.65	1.21
坡柳、黄茅草灌草丛	—	—	—	—	0.44	0.28	0.51	0.34	0.72	0.46	0.61	0.57

表 4 南涧干热退化山地不同植物之间植物多样性的变异分析

Table 4 Variation analysis of plant diversity among different communities on degraded mountainous area of dry-hot valley in Nanjian

	乔木层 Tree layer			灌木层 Shrub layer			草本层 Herb layer		
	A	标准差	CV	A	标准差	CV	A	标准差	CV
H	0.68	0.55	0.81	0.71	0.22	0.31	0.9	0.41	0.46
D	0.34	0.28	0.83	0.4	0.11	0.28	0.46	0.17	0.38
E	0.46	0.3	0.65	0.62	0.13	0.21	0.55	0.15	0.27
R	0.74	0.38	0.52	0.7	0.29	0.41	0.96	0.46	0.47

注: A , 各群落平均值; CV , 变异系数=标准差/ A 。 A , mean value of all communities; CV , variation coefficient = standard deviation / A .) (该公式引自文献: 史作民, 程瑞梅, 刘世荣, 等. 宝天曼植物群落物种多样性研究. 林业科学, 2002, 38 (6): 17~23)。

草灌草丛)中,共有种数为6种,在5种人工群落出现共有种为9个。在所有研究群落中,以每两个群落进行比较,其共有种的数量为10~26种(表5),其中云南松和台湾相思两个群落中共有种的数量较多,而各恢复群落与未经改造的坡柳、黄茅草灌草丛共有种较少。

群落相似性系数与群落间共有种的数量变化有一致的趋势,共有种数量多的两个,它们之间的相似性系数也大(表5)。在所研究的六类群落中,两个群落间 Sorenson 相似性系数值范围为 0.29~0.56,其中山毛豆群落与桉树群落之间的相似性系数最大,为 0.56,而台湾相思群落与未经改造的坡柳、黄茅草灌草丛之间的相似性系数最小,只有 0.29。

5 讨论与小结

由于干热河谷气候干旱、高温少雨,加上人类长期不合理的开发,植被破坏加剧,生物多样性降低,水土流失严重,生态环境十分恶劣。干热河谷区域生态环境整治和植被恢复工作困难,特别是河谷植被恢复工作的好坏将决定整个流域生态治理的成败^[1-3]。

植物物种多样性作为群落早期演替的驱动力,可加速退化生态系统的恢复^[13],生物多样性增加也被作为评价退化生态系统恢复和重建成功与否的重要指标之一^[14]。从本研究结果看,与未经治理的坡柳、黄茅草灌草丛相比,人工恢复群落植物多样性明显增加,同时由于不同植物种类的组合,随着恢复时间的增加,群落物种组成与结构出现较大差异,与杨玉盛等^[15]的研究结果类似。群落的多样性指数增加,群落将不断地趋于复杂,在一定程

度上具有高物种多样性的生态系统其稳定性也高^[16]。但对于随着多样性和复杂性的增加,群落是否趋于更稳定这一说法还存在着争议^[17]。研究认为,较高的丰富度可以反映环境的优越性和稳定性;高的均匀度则反映群落或生态系统内各物种之间互相容纳,当物种的生态位宽度变窄,物种间的生态位重叠增多,此时的竞争作用较弱,这时可以认为群落接近顶极状态,生态系统已接近平衡状态^[16]。本研究中各恢复群落的丰富度均有增加,均匀度也呈增加趋势,因此可以说,群落有正向演替的趋势,群落的稳定性增强。

Diamond^[18]认为,生态恢复是再造一个自然群落、或再造一个自我维持、并保持后代具持续性的群落。因而群落更新对群落最终的发展有重要影响。对不同恢复群落调查显示,新银合欢群落林下实生、萌生的新银合欢幼苗很多,表现出较强的自我更新能力。山毛豆(*Tephrosia caudida*)在种植了12 a后从群落中消失,部分原因与山毛豆本身的生物学特性有关,其寿命也就10多年,但主要原因是在其开花繁殖期间南涧干热退化山地温度低,水分不足,空气干燥,影响结实并使其不能产生饱满种子,导致种群无法更新。在雷州地区山毛豆虽有结实现象,不过杨国清等人^[19]研究发现随着林地的逐渐隐蔽,群落有衰退现象。台湾相思(*Acacia richii*)也是一类比较适应南涧气候干热和土壤贫瘠环境的豆科植物,治理区所种植林木生长良好,林下植物种类明显增加,地表凋落物丰富,反映出群落生态环境已经朝良性循环方向发展。但是,调查中也注意到本区域种植的台湾相思不能够结实,自我更新能力较差。

严重退化的干热山地生态系统的生态治理与植被恢复是一项投入大、任务艰巨、周期长的工程。

表 5 各群落地表植被之间的共有种与相似性 *

Table 5 The number of co-occurring species and the similarity between different communities on degraded mountainous area of dry-hot valley in Nanjian

群落类型	山毛豆群落	台湾相思群落	桉树群落	新银合欢群落	云南松群落	坡柳、黄茅草灌草丛
山毛豆群落	—					
台湾相思群落	17/0.39	—				
桉树群落	22/0.56	16/0.41	—			
新银合欢	15/0.42	17/0.47	14/0.44	—		
云南松群落	18/0.37	26/0.54	15/0.35	16/0.39	—	
坡柳、黄茅草灌草丛	12/0.34	10/0.29	12/0.40	10/0.36	12/0.30	—

* 群落相同物种数/ Sorenson 相似性系数
© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

目前, 在南涧县城后山极度退化的干热山地上开展生物生态治理试验示范工作, 已经取得了较好的效果, 但是, 治理区恢复植被的后续抚育管理工作十分重要。对于生态环境严重退化的干热山地而言, 山毛豆与长寿命的目标树种或经济植物进行合理的间种, 由于山毛豆能够较好地改良土壤, 可为其它物种的进入和生长创造良好的条件。台湾相思寿命较长, 目前在南涧治理试验区还没有看到林木生长衰退现象, 因此, 只要注意保护, 加强后续抚育管理和适当引进其它木本植物, 该群落将能够保持较高的生产力和稳定的结构。而对于新银合欢群落应注意适当地进行间伐或疏伐, 引种其它的植物种类。例如在该群落中就有几株生长很好的牛肋巴, 该树种是优良的紫胶寄主植物, 具有较高的经济价值。类似这样的经济林木树种应该注意引进培育, 从而实现较好的生态与经济效益。虽然目前治理区没有较大的人为干扰破坏现象, 但是我们在调查中看到在个别地方有放牛、放羊现象, 一些在本来就十分贫瘠、脆弱的地段上营造起来的人工群落, 抗外来干扰的能力弱, 在牛、羊的采食啃咬、践踏下, 一些植物受到伤害, 严重的造成枯死, 所以, 建议在对治理区恢复植被进行后续抚育管理的同时, 应加强封山育林工作。

参考文献 (References):

- [1] Zhang Rongzhu. The dry valleys of the Hengduan Mountains Region [M]. Beijing: Science Press 1992. [张荣祖. 横断山区干旱河谷 [M]. 北京: 科学出版社, 1992.]
- [2] Jing Zhenzhou, Ou Xiaokun. Vegetation of dry-hot valleys in Yuanjiang, Nujiang, Jinshajiang and Lancangjiang Rivers in Yunnan [M]. Kunming: Yunnan University Press, 2000. [金震洲, 欧晓昆. 元江、怒江、金沙江、澜沧江干热河谷植被 [M]. 昆明: 云南大学出版社, 2000.]
- [3] Liu Wenyao, Liu Lunhui, Qiu Xuezhong, et al. Experimental studies on ways of water storage and vegetation restoration in dry-hot degenerative mountainous area [J]. *Journal of Natural Resources*, 1995, **10** (1): 35~42. [刘文耀, 刘伦辉, 邱学忠, 等. 云南南涧干热退化山地水分调蓄与植被恢复途径的试验研究 [J]. 自然资源学报, 1995, **10** (1): 35~42.]
- [4] Liu Wenyao, Liu Lunhui, Qiu Xuezhong, et al. Bio-ecological engineering prevention and control of debris flow of Houshan by Nanjian County Town, Yunnan [J]. *Journal of Mountain Science* **17** (2): 136~140. [刘文耀, 刘伦辉, 邱学忠, 等. 云南南涧县城后山泥石流生物生态工程治理及其效益 [J]. 山地学报, **17** (2): 136~140.]
- [5] Naem S, Thompson L J, Lawler S P, et al. Declining biodiversity can alter the performance of ecosystem [J]. *Nature*, 1994, **368**: 734~737.
- [6] Zhao Ping, Peng Shaolin. Species and species diversity in related with restoration and persistence of degraded ecosystem functions [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2001, **12** (1): 132~136. [赵平, 彭少麟. 种、种的多样性及退化生态系统功能的恢复和维持研究 [J]. 应用生态学报, 2001, **12** (1): 132~136.]
- [7] Jordan W R, Gilin M E, Aber J D. Restoration Ecology [M]. England: Cambridge University Press, 1987.
- [8] Bradshaw A D. Restoration Ecology as a science [J]. *Restoration Ecology*, 1993, **1**: 71~73.
- [9] Liu Wenyao, Liu Lunhui, Sheng Caiyu. Analysis of benefit of vegetation restoration on degraded mountainous area of dry-hot river valley in Nanjian County [J]. *Guihaia*, **19** (3): 215~220. [刘文耀, 盛才余, 刘伦辉. 云南南涧干热退化山地植被恢复重建及其效益初析 [J]. 广西植物, 1999, **19** (3): 215~220.]
- [10] Sheng Caiyu, Liu Lunhui, Liu Wenyao. Biomass and dynamics of soil environment during the early stage of vegetation restoration in a degraded dry-hot mountain area of Najian, Yunnan [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, **24** (5): 575~580. [盛才余, 刘伦辉, 刘文耀. 云南南涧干热退化山地人工植被恢复初期生物量及土壤环境动态 [J]. 植物生态学报, 2000, **24** (5): 575~580.]
- [11] Magurran, A E. Ecological Diversity and Its Measurement. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1988.
- [12] Ma Keping, Liu Canran, Liu Yuming. Methods of biodiversity II: β diversity [J]. *Chinese Biodiversity*, 1995, **3** (1): 38~43. [马克平, 刘灿然, 刘玉明. 生物多样性测度方法 II: β 多样性 [J]. 生物多样性, 1995, **3** (1): 38~43.]
- [13] Vander Putten W H, Mortimer R R, Headland K, et al. Plant species diversity as a driver of early succession in abandoned fields: a multi site approach [J]. *Oecologia*, 2000, **124**: 91~99.
- [14] Peng Shaolin. Restoration ecology theories and their application in low-subtropics [J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 1996, **4** (3): 36~44. [彭少麟. 南亚热带退化生态系统恢复和重建的生态学理论和应用 [J]. 热带亚热带植物学报, 1996, **4** (3): 36~44.]
- [15] Yang Yusheng, He Zongming, Qiu Renhui, et al. Effects of different recover and restoration measures on plant diversity and soil fertility for serious degradation ecosystem [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, **19** (4): 490~494. [杨玉盛, 何宗明, 邱仁辉, 等. 严重退化生态系统不同恢复和重建措施的植物多样性与地力差异研究 [J]. 生态学报, 1999, **19** (4): 490~494.]
- [16] Huang Jianhui, Chen Lingzhi. Analysis of species diversity of the forest vegetation in Dongling mountain, Beijing [J]. *Acta Botanica Sinica*, 1994, **36** (supplement): 178~186. [黄建辉, 陈灵芝. 北京东灵山地区森林植被的物种多样性分析 [J]. 植物学报, 1994, **36** (增刊): 178~186.]
- [17] Huang Jianhui, Han Xingguo. Biodiversity and ecosystem stability [J]. *Chinese Biodiversity*, 1995, **3** (1): 31~37. [黄建辉, 韩兴国. 生物多样性和生态系统稳定性 [J]. 生物多样性, 1995, **3** (1): 31~37.]
- [18] Diamond, J. Reflections on goals and on the relationship between

- theory and practice [A]. In: W. R. III. Jordan, M. E. Gilpin and J. D. Aber (Editors), *Restoration Ecology: A Synthetic Approach to Ecological Research* [C]. Cambridge University Press, Cambridge, 1987. 31 ~ 33.
- [19] Yang Guoqing, Zhao Gui, Zheng Rihong, *et al.* Study on agro-forestry management: Effects interplanting *Eucalyptus* plantation

with White Tephrosia on tree growth and soil [J]. *Tropical and Subtropical Soil Science*, 1997. **6** (2): 71 ~ 75. [杨国清, 赵贵, 郑日红, 等. 农林复合经营研究——桉树间种山毛豆对林木和土壤的影响 [J]. *热带亚热带土壤科学*, 1997, **6** (2): 71 ~ 75.]

Change of Plant Diversity of Different Rehabilitated Communities on Degraded Mountainous Area of Dry-hot Valley in Nanjian

LI Quanfa^{1, 2}, LIU Wenyao^{1, 3}, SHEN Youxin¹, LIU Lunhui¹, XU Haiqing^{1, 2}

(1. Kunming Division, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, CAS, Kunming 650223, China;

2. Graduate School, CAS, Beijing 100039, China;

3. Curtin University of Technology, GPO Box U 1987 Perth, WA 6845, Australia)

Abstract: Plant species diversity of revegetation communities rehabilitated at the beginning of the 1990s and local secondary shrub community on degraded mountainous area of dry-hot valley in Nanjian was studied in 2003. The results showed that number of plant species (29 ~ 54) and shade-tolerant species (4 ~ 7) of rehabilitated communities had both greatly increased in comparison with the local shrub community (26 and 2) after a rehabilitation period of more than ten years. Shannon-Wiener index, Simpson index, Pielou evenness index and Margalef richness index of the rehabilitated communities had also greatly increased. The values of Shannon-Wiener index of tree layer were 0.15 ~ 1.45, and that of shrub layer of the rehabilitated communities (0.91 ~ 0.76) were higher than the local shrub community (0.44) except *Eucalyptus* community. That of grass layer of the rehabilitated communities were 0.39 ~ 1.49, they all had greatly increased except *Eucalyptus* community and *Leucaena glauca* community. There has been a tendency towards good development in the species composition and structure of the rehabilitated communities. However, there is a problem that some introduced leguminous plant species such as *Tephrosia candida* have declined in rehabilitated communities, because it can not self producing influenced by low air temperature and moisture in reproductive stage, although it grew rapidly during the early stage. The conservation of revegetation and the follow-up management are more important in the rehabilitated area.

Key words: degraded mountain area; dry-hot valley; vegetation restoration; species composition; species diversity