

# 东川干热退化山地不同植被恢复方式对物种组成与土壤种子库的影响

沈有信, 刘文耀, 张彦东

(中国科学院西双版纳热带植物园昆明分部, 昆明 650223)

**摘要:**探讨了在云南东北部干热河谷区域的严重砂石化土地上利用两种典型固氮树种进行植被恢复后对当地原有植被系统的影响。研究表明,不同植被恢复方式对地表植被和土壤种子库的影响是巨大的,物种的组成与密度都发生变化。高密度合欢(*Leucaena glauca*)恢复方式下,大量当地物种,尤其是一些阳性物种从地表植被中消失或生长受到抑制,生物多样性降低。参照稀灌草丛设计的马桑(*Coriaria sinica*)恢复方式对原有草坡地物种的数量和多样性影响不大。各种植被恢复方式的土壤种子库的萌发试验表明,合欢恢复方式(*L. glauca*)使土壤种子库的种子密度增大,同时种子组成也由原来的喜光耐旱为主变为耐荫型为主;马桑(*C. sinica*)恢复降低了种子密度并减少了种子种类,但主成分的性质未发生改变。一些当地物种仍存在于受影响后的地表植被和种子库中,使改变后的系统与当地草坡间存在着一定程度的相似性,但这种相似性随植被恢复的变化在地表植被与土壤种子库间表现不一致,显现出随干扰与植被恢复变化的非同步性。

**关键词:**退化山地;干热河谷;植被恢复;恢复方式;当地物种;东川

## The effect of rehabilitation on vegetation species composition and soil seed bank at a degraded dry valley in Dongchuan, Yunnan Province

SHEN You-Xin, LIU Wen-Yao, ZHANG Yan-Dong (Kunming Division, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(7): 1454~1460.

**Abstract:** The phenomenon known as “valley bottom dryness” is common along rivers and their tributaries in southwest China, where potential annual evaporation is up to 5 times as high as the annual precipitation. Agricultural activities and fuel harvesting have led to severe degradation in those valleys. To encourage vegetation recovery, various native and exotic tree and shrub species were introduced to these areas. This study aims to investigate the impact of the introduced species on composition of the vegetation and soil seed banks.

The study was carried out at a highly stony land surface of the dry valley of Xiaojiang River, Dongchuan District in Northern Yunnan. We studied species composition and soil seed bank of three

**基金项目:**中国科学院“百人计划”资助项目;中国科学院山地灾害与滑坡泥石流研究资助项目(2000~2002)

**收稿日期:**2003-02-25; **修订日期:**2003-05-02

**作者简介:**沈有信(1966~),男,云南人,硕士,助研,主要从事退化生态系统研究。E-mail: yxshen@xtbg.ac.cn

**致谢:**刘伦辉研究员对植物种类进行鉴定;中国科学院/水利部成都山地研究所东川泥石流研究站给予大力支持,特此致谢。

**Foundation item:** “Hundred Talents Program” of CAS; Program of CAS on Upland Hazards-Landslide.

**Received date:** 2003-02-25; **Accepted date:** 2003-05-02

**Biography:** SHEN You-Xin, Master, Assistant professor, main research field: degraded ecosystem research.

communities. Three rehabilitation methods were used: (1) planting with tree species (*Leucaena glauca*) at higher density; (2) planting with shrub species (*Coriaria sinica*) at low density in a savanna liked (grass dotted with scattered shrub or tree) way; and (3) natural regeneration. Results showed that changes in standing vegetation and soil seed banks were related to the rehabilitation method used. Many native species, especially the non-shade tolerant species, were excluded or restrained at the standing vegetation after rehabilitation with *L. glauca*. Rehabilitation with *L. glauca* also reduced the biodiversity index of the community. In comparison, rehabilitation with *C. sinica* increased the biodiversity index and many of the native grass species were able to persist. Soil seed density increased after rehabilitated with *L. glauca* and species composition of the seeds shifted from a light-drought tolerant species domination to a shade-tolerant domination. Rehabilitation with *C. sinica* reduced seed density in the soil seed bank but had no effect on species composition comparing to that of the natural regeneration method. The rehabilitated ecosystem and natural regenerated vegetation showed similarity in that some of the native species are present in both ecosystems. However, the degree of similarity differed between standing vegetation change and soil seed bank change.

**Key words:** degraded mountain area; dry-hot valley; rehabilitation method; mative species; dongchuan District

文章编号:1000-0933(2003)07-1454-07 中图分类号:Q948.1,X171.4 文献标识码:A

中国西南地区的金沙江、怒江、澜沧江沿线及其支流地带,分布着大量的干热河谷区域,仅横断山区的面积就达 11,230 km<sup>2</sup><sup>[1]</sup>。相对较低的降雨量而较高的蒸发量及干燥度加上长期的人为干扰破坏,使这些区域的植被已演化为半萨王纳(Savanna)植被<sup>[2]</sup>,甚至进一步退化为草丛或裸地。水土流失、泥石流等自然灾害发生频率和强度在逐渐加大。为制止土地退化和提供人类更多的经济收入,已引进大量植物品种对该区域进行地表覆盖的重建工作。新物种的引进及其在原有系统上的建立方式对原有系统的群落物种组成及结构产生了重大影响<sup>[3,4]</sup>。土壤种子库是潜在的“植被种群”<sup>[5,6]</sup>,同时它还是过去植被的“记忆库”<sup>[7,8]</sup>,植被恢复后的生态系统的种子库中可能保存有大量的原有群落物种、现有群落物种和其它系统迁入物种。正是这些种子使群落和生态系统在遭受干扰或破坏后补充新个体和完成演替<sup>[5,9,10]</sup>。目前的很多干热河谷的植被恢复研究大多从林业的角度强调和重视了在取得地表覆盖后恢复植物及系统的生产力的提高,以及引发这种提高的土壤、水分及物种选择因素<sup>[11~13]</sup>。没有人涉及这些恢复系统对当地物种的影响,尤其是对土壤种子库的研究。本文在探讨不同地表植被恢复对地表植被的物种组成影响的同时,着重探讨了这种变化对土壤种子库影响。

## 1 研究区域概况与植被恢复方式

### 1.1 研究区域概况

本项研究在云南省东川市绿茂乡境内的中国科学院东川泥石流观测研究站所在的将家沟(103°6′~103°13′E,26°13′~26°17′N),属金沙江一级支流小江流域,侵蚀中山。海拔 1042~3269m,其中低于 1600m 以下为干热河谷带<sup>[1]</sup>。本地的多年平均气温在 20℃以上,最高气温 40.9℃,最低气温-2℃。多年平均降水量为 693mm,平均蒸发量为 3638 mm,蒸发量约是降水量的 5 倍。干湿季分明,5~10 月份为湿季,降水量占全年降水量的 88%。在长期的水土流失和泥石流作用下,该区域“石化”严重<sup>[14]</sup>,土壤为含砾石较高的初育土。不同恢复方式的样地位于一条南北走向的泥石流沟的南侧,海拔 1350~1400m,坡度在 20~30°之间。选取坡脚的滑坡新堆积物为对照。

### 1.2 植被恢复方式

(1) 恢复方式 1 1993~1994 年种植的合欢(*L. glauca*)林。林高 3~4 m,合欢的投影盖度 100%。种植后已基本停止人为数据,土壤 pH8.5,>5mm 砾石含量为 52%。

(2) 恢复方式 2 1995 年撒播形成的马桑(*C. sinica*)灌木林。灌丛高 1.0~1.7 m,马桑的投影盖度为

60%。土壤 pH8.6,>5mm 砾石含量为 57%。

(3) 恢复方式 3 自然恢复的草地群落,以耐旱的禾本科和莎草科物种为主,含少量小灌木。土壤 pH8.5,>5mm 砾石含量为 38%。

(4) 对照 山体下部的新堆积物。土壤 pH8.6,>5mm 砾石含量高达 56%。

2 研究方法

土壤种子库 种子在土壤中水平和垂直分布的变异性较大。很多研究者<sup>[5,15]</sup>建议采用大量小样本替代少量大样本方式来尽量消除水平方向的变异产生的误差,通过分层取样来探明垂直方向的变异。该区域土壤砾石含量较高,小面积取样时要保证采样面积的精确十分困难,土壤的分层更不容易,因此本实验采用了相对大的取样面积。1999 年 12 月,在上述 4 种样地中选择地表植被相对均匀的约 100 m×100 m 范围,沿 3 条样带取 15 个 10cm(长)×20cm(宽)×10cm(深)土样。筛出>5mm 砾石。仔细检查砾石中可能含有的种子。<5mm 土壤全部带回室内通风储藏。将储藏的土样装入塑料盒(下垫高温消毒后的细纱),土壤厚度约 2cm。2000 年 3 月 6 日将所有样品放入温室,用室内萌发方法检测样品内的种子,直至不再有种子萌发为止。

物种组成调查 当地物种主要是草本物种,因而在研究中主要着重于它们的变化。在种子库取样区域采用机械布点法布置 1 m×1m 小样方,其中方式 1 设 20 个,方式 2 和方式 3 各布置 15 个,以收获法测定草本生物量,同时记录各物种个体数量。

Shannon-Wiener 多样性指数<sup>[16]</sup>  $H = - \sum_{i=1}^s (N_i/N) \ln(N_i/N)$ ; Pielou 均匀度指数  $E = H/\ln S$  式中, $S$  为物种数目, $N_i$  是第  $i$  个物种的个体数, $N$  为所有物种个体总数。

Sørensen 相似性系数<sup>[17]</sup>  $= 2 \times a / (s_1 + s_2)$ , 其中  $a$  为两个样本之间的相同物种数, $S_1$  为样本 1 的物种数而  $S_2$  为样本 2 的物种数。

3 结果与分析

3.1 不同恢复方式的地上群落特征

破坏迹地自然恢复后(恢复方式 3)的地表植被群落以禾本科物种为主,其个体数量占总数的比例较高(表 1),如香茅(*Cymbopogon distans*) (39.5%),黄茅草(*Heteropogon contortus*) (24.2%)、龙须草(*Eulaliopsis binata*) (15.8%)、荩草(*Arthraxon hispidus*) (6.9%)、黄背草(*Themeda triandr var. japonica*) (4.1%)。恢复方式 2 的灌木层被马桑占据,草本层以香茅(25.6%)、黄茅草(15.5%)、龙须草(10.7%)、黄背草(9.0%)等物种为主。恢复方式 1 在获得合欢乔木层时,林下被九头狮子草(*Peristrophe japonica*) (76.8%)、合欢(*Leucaena glauca*) 幼苗(17.6%)占据,原有物种数量急剧减少,尤其是那些阳性的禾本科和莎草科物种。

多样性指数的计算结果显示(表 1),恢复方式 3 的物种数最多,但恢复方式 2 的 Shannon-Wiener 多样性指数最高,就群落的 Pielou 均匀度而言,恢复方式 2 也是最高的。合欢种植后,部分原有的当地阳性物种生长受限而消失,而少量耐荫物种(如九头狮子草)占据了林下空间,使恢复方式 1 的物种的均匀度降低。

恢复方式 1 和 2 在分别获得了乔、灌木生物量的同时,草本层仍然有一定的生物量,尽管这种生物量较方式 3 的草本生物量为低。

3.2 不同恢复方式下的土壤种子库特征

实验中共检测出 16 科的 30 种植物的种子 1130 粒。恢复方式 1 的种子最多,密度达 1450 粒/m<sup>2</sup>, 其次为草坡地(1217 粒/m<sup>2</sup>),恢复方式 2 只有 810 粒/m<sup>2</sup>,对照已经有一定数量的种子存在(291 粒/m<sup>2</sup>) (表 1)。各方式下的种子库种类数差异较大,恢复方式 1 的土壤内共检测出 27 种种子,恢复方式 3 内检测出 22 种,恢复方式 2 和对照各 12 种。种子库中的种子以草本居多,所发现的 30 种植物种子中,只有 4 种灌木种类,一种乔木和一种藤本植物,其余都为草本植物,而且这些非草本的植物数量都不多,仅占总数的 3.4%。

少数物种在种子库中占据了主要地位(表 1)。恢复方式 2、3 及对照的种子库都以阳性耐旱植物为主,代表种为黄茅草(*H. contortus*)、龙须草(*E. binata*)和丛生羊胡子草(*E. comosum*)它们的种子在整个种子

表 1 东川干热河谷区土壤种子库和地上植被的物种组成(个体数占总数%)

Table 1 Species Composition (%) of the soil seed bank and vegetation stand in the debris prone dry valley, SW of China

植物种类 Species name	M1		M2		M3		CK
	S. B.	V. S.	S. B.	V. S.	S. B.	V. S.	S. B.
	(n=15)	(n=20)	(n=15)	(n=15)	(n=15)	(n=15)	(n=15)
剑麻 <i>Agave americana</i>		—					
刺苋 <i>Amaranthes Spirosus</i>	1.2				0.8		
苦蒿 <i>Artemisia codonoccephala</i>	23.4	0.2	5.8	—	21.9	0.1	3.8
小叶荩草 <i>Arthraxon jispidus</i>	0.9			3.5	5.8	6.9	4.6
鬼针草 <i>Bidens Bipinnata</i>		0.4				0.1	
碎米荠 <i>Cardemine flexuosa</i>	0.2						
锦毛天明精 <i>Carpesium nepalense</i> var. <i>lanatum</i>	0.2				4.4		3.4
灰条菜 <i>Chenopodium album</i>					1.6		
香茅 <i>Cymbopogon distans</i>				25.6		39.5	
波叶山蚂蝗 <i>Desmodium sinutum</i>				0.5		0.3	
牛筋草 <i>Elensine indica</i>		0.4		5.4		2.7	
野把子 <i>Elsholtzia ciliata</i>	2.3					1.6	3.4
丛生羊胡子草 <i>Eriophorum comosum</i>	0.7		8.6	1.3	23.3	0.4	
龙须草 <i>Eulaliopsis binata</i>	0.2		1.6	10.7	8.2	15.8	17.2
紫茎泽兰 <i>Eupatorium adenophorum</i>	6.4		8.2		6.8		16.0
清明菜 <i>Gnaphalium affine</i>	0.5		0.8		4.9		1.1
黄茅草 <i>Heteropogen contortus</i>	1.8	1.7	61.3	15.5	12.1	24.2	25.2
金鸡虹豆 <i>Incarvillea arguta</i>		0.7		0.1		0.3	
细叶苦卖菜 <i>Ixeris gracille</i>	0.5			0.2	0.8	0.8	1.1
铁扫帚 <i>Lespedeza juncea</i>				9.0		0.3	
类芦 <i>Neyraudia reynaudiana</i>				1.1		—	
牛至 <i>Origanum vulgare</i>	4.8		0.8		2.7		5.7
酢浆草 <i>Oxalis corniculata</i>	9.0	0.3	2.1	0.1	0.6	—	14.9
肾叶山蓼 <i>Oxyria digyna</i>	0.5			0.9	0.6	0.2	
狼尾草 <i>Pennisetum alopecuroides</i>				0.7			
九头狮子草 <i>Peristrophe japonica</i>	22.8	77.1		1.6	0.6	1.8	
金发草 <i>Pogonatherum paniceum</i>						0.2	
头花蓼 <i>Polygonum capitatum</i>	0.7				2.2		3.4
腺花香茶菜 <i>Rabdosia adenantha</i>		0.2					
黄花香茶菜 <i>Robdosia sculponeata</i>	12.6	0.5		0.3		—	
戟叶酸模 <i>Rumex hastatus</i>		0.5		0.2			
菊状千里光 <i>Senecio chrysanthemoides</i>	1.2						
龙葵 <i>Solanum nigrum</i>	0.9		1.6		0.6		
竹油芒 <i>Spodiopogon bambusoides</i>				2.2			
繁缕 <i>Stellaria media</i>					0.3		
黄背草 <i>Themeda triandr</i> var. <i>japonica</i>	0.2		0.8	19.1	0.6	4.1	
多花抗子梢 <i>Campylotropis polyantha</i>	0.2		4.5		0.8		
马桑 <i>Coriaria sinica</i>	1.4			1.9			
坡柳 <i>Dodonea angustifolia</i>		0.3				0.3	
黄花稔 <i>Sida acuta</i>	1.2						
苦刺 <i>Sophora davidii</i>						—	
水红木 <i>Viburnum cylindricum</i>	0.5		3.7				
枣子 <i>Zizyphus sativa</i>		0.1					
银合欢 <i>Leucaena glauca</i>	3.7	17.6					
油桐 <i>Vernicia fordii</i>		—					
曼虫豆 <i>Atylosia scarabaeoides</i>					0.3	—	
其它 Others	2.1	0.1			0.3	0.2	
合计 Total (individuals • m <sup>-2</sup> )	1450	247.2	810	208.3	1217	425.6	291
物种数 Numb. of species	27	17	12	21	22	24	12
Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener index	2.4	0.78	1.5	2.19	2.3	1.75	2.1
Pielou 指数 Pielou index	0.72	0.28	0.59	0.72	0.75	0.55	0.85
草本层生物量 Biomass of grass layer(g • m <sup>-2</sup> )		171.6		133.2		184.1	

M1,恢复方式 1 Rehabilitation measure 1; M2,恢复方式 2 Rehabilitation measure 2; M3,恢复方式 3 Rehabilitation measure 3; CK,对照;S. B. , Seed bank; V. S. , Vegetation stand

万方数据

库中占据了很高的比例,分别为 71.5%, 42.6% 和 43.6%。恢复方式 1 的种子库的组成由耐旱的阳性植物为主转变为相对耐阴的植物种子为主,如苦蒿 (*Artemisia codonocephala*) (23.4%)、九头狮子草 (*Peristrophe japonica*) (22.8%) 和黄花香茶菜 (*Robdosia sculponeata*) (12.6%)。

多样性指数的计算表明(表 1),虽然恢复方式 2 的种子库中的物种数与对照类似,但因其种类分布均匀度低,少量物种占了很大比例,物种的各种多样性指数都较低。恢复方式 1 与 3 有着相近的结果,恢复方式 3 的物种数虽较方式 1 为低,但其指数甚至略高于恢复方式 1。

### 3.3 不同方式恢复后群落之间的差异与相似性

尽管恢复后的地表植被群落和土壤种子库的物种组成发生了很大变化,但各群落的地表物种之间、土壤种子库之间,以及同群落中的地表植被与土壤种子库之间仍有一些物种相同,表现出一定的相似性(表 2)。植被恢复后,恢复方式 2 的群落内仍保留了大量的原有当地草坡物种(17 种),其与方式 3 之间的相似性程度很高;而方式 1 因高密度的合欢种植及郁闭,只有少量物种能继续生长(9),其与方式 3 之间的相似性系数较低。土壤种子库的结果则有不同,方式 1 的种子库与方式 3 之间相同物种较多(19),相似性系数很高(0.8);而方式 2、3 之间的相似性则相对较低。

恢复引起地表植被物种的变化与土壤种子库间的差异可能与地表植被与土壤种子库之间的较小的关联性有关,同一群落的地上物种与土壤种子库的物种之间的相似性较低,恢复方式 3 下最高,也仅有 0.5。

## 4 讨论

该干热河谷区的自然恢复的植被以旱生型禾本科物种(如扭黄茅)为主,这一结果与金振洲等<sup>[2]</sup>在相邻地区的研究结果类似,都为旱生环境下的类似萨王纳(savanna)的植被群落。研究中的土壤种子库中的种子密度变动于 292~1450 粒/m<sup>2</sup> 之间,与其它的 savanna 地区类似。O'Connor & Pickett 检测出的非洲萨王纳草地的种子库变动于 430~4320 粒/m<sup>2</sup> 之间<sup>[18]</sup>。Perez & Santiago 测出的委内瑞拉(Venezuela)的萨王纳土壤种子库随季节变动于 235~4624 粒/m<sup>2</sup>,平均数为 1702 粒/m<sup>2</sup><sup>[19]</sup>。这一种子库的结果则较相邻地区为低,熊利民等<sup>[20]</sup>在重庆缙云山的研究中的弃耕地和灌草丛的种子库密度都在 5000 粒/m<sup>2</sup> 以上,这可能与两地间较大的环境差异有关。少数物种的个体数量在植被中占有很大比例,种子库中的种子也有这样的特性(表 1)。这样的结果也与类似地区相同<sup>[9,17,18,20]</sup>。

植被恢复对地表植被和土壤种子库的改变是巨大的,这种改变的直接结果是物种的组成、数量以及各物种在群落中的组成比例的变化。当然这些改变的结果无疑会使生物多样性发生改变。外来物种的种植在改变原群落的建群种后,某些群落内的物种可能消失或增加,土壤种子库也会发生相应的变化。Granström<sup>[8]</sup>在对瑞士的不同种植年龄的冷杉(*Picea abies*)种植样地的研究后发现,地表植被种类相对于原来的石楠矮灌木林(heathland)急剧减少,种子库的种子数量和种类也减少,随种植时间的延长,这种降低的趋势变得越明显。很多研究表明,植被恢复群落及其土壤种子库中当地物种的种类与数量受植被恢复方式、恢复地周围的当地物种种类及其种子传播方式、传播载体、恢复时间,外界干扰因素(如施肥)等多种因素的影响<sup>[8,10,17]</sup>。在不引入外地物种情况下,当地的退化迹地(如对照)将通过自然演替进行恢复,某一时刻达到恢复方式 3 状态,地表出现以禾草为主的群落。恢复方式 2 在原有草本群落中增加了灌木物种马桑,但因种植密度低,马桑在群落中的盖度仅达到 60%,形成灌草群落,群落内的部分斑块仍沿恢复方式 3 进行演替恢复,大量阳性物种仍有生存空间。同时新的环境为一些新物种创造了生存空间,使得物种的种类较单纯的自然恢复(方式 3)增加,提高了物种的多样性。恢复方式 1 中不但引入了乔木物种合欢,且其种植密度高而形成单优群落,强度遮荫下,当地物种可能的自然演替的环境被改变,一些强光物种数量急剧减少,耐荫物种则获得良好的生存环境,数量增加并占据下层空间;同时总的物种数量减少,降低了群落的物种多样性。这一事实说明高密度的合欢种植可使干热河谷的局部生境发生明显改变。种子库的变化与地表植被的变化则有所不同,恢复方式 2 情况下,主要组成物种仍以禾本科的旱生草本物种扭黄茅(61.3%)为主,但种子库的物种数都较恢复方式 3 为低;而恢复方式 1 的种子密度和识别出的物种数反而增加;主要组成物种发生了变化,耐荫物种的种子密度激增而成为种子库中的主要组成物种,如苦蒿



(*A. codonocephala*, 24.3%), 九头狮子草(*P. japonica*, 23.6%), 黄花香茶菜(*R. sculponeata*, 13.1%)。

表 2 各群落的土壤种子库、地表植被之间的相似性

Table 2 Similarity among different vegetation stand and soil seed banks

		植被 Vegetation			土壤种子库 Soil seed bank			
		M1	M2	M3	M1	M2	M3	CK
植被	M1	—	8/0.438*	9/0.45	7/0.33	—	—	—
Vegetation	M2	8/0.4	—	17/0.79	—	6/0.36	—	—
	M3	9/0.4	17/0.79	—	—	—	12/0.52	—
土壤种子库	M1	7/0.33	—	—	—	12/0.62	19/0.80	12/0.62
Soil seed bank	M2	—	6/0.36	—	12/0.62	—	11/0.64	8/0.67
	M3	—	—	12/0.52	19/0.80	11/0.64	—	11/0.64
	CK	—	—	—	12/0.62	8/0.67	11/0.64	—

\* 相同物种数/ Sørensen 相似性指数; M1、M2、M3 同表 1 the same with table 1

尽管各种恢复方式、土地利用的改变以及干扰后会造成地表植被和土壤种子库的改变,但改变后的地表和土壤种子库仍然会保留当地群落或原群落的一些特征,原有的物种不可能完全消失,因而改变后的群落与原群落间在物种组成上仍有相同的,存在着一定的相似性(表 2)。但不同恢复方式下,地表群落和土壤种子库与改变前的相同物种数和相似性间差异较大。以恢复方式 3 的草本群落为对照,恢复方式 2 的群落中的 24 种地表植被种中,有 17 种与其相同,而恢复方式 1 下仅有 7 种。恢复方式 2 的土壤中检测出的 12 种种子,有 11 种与方式 3 相同,恢复方式 1 与方式 3 之间有 18 种种子是相同的。而几乎全部的对照裸地上的种子都能在方式 3 的种子库中找到。从相似性来看,恢复方式 2 与方式 3 的地表植被群落间的相似性系数(0.79)高于其它任何两种群落之间,而方式 1 与方式 3 的土壤种子库之间的相似性最高(0.8)。本研究只有两种改变方式,不能找出这种改变与相似性变化之间的关系,但是可看出,恢复导致的物种组成改变在地表植被与土壤种子库间的非一致性或非同步性,地表植被相似性高时,土壤种子库的相似性不一定高,反之已然。地表植被与土壤种子库对外界影响的反应差异是导致这种非同步性的一个重要原因<sup>[6,10,21]</sup>。植物个体与种子是植物一生的不同的生活史阶段,一些短命物种在土壤种子库中会很快消失,而一些长命的物种可能在土壤中保存很长时间,成为原有群落的“记忆库”<sup>[7,9]</sup>。Granström<sup>[8]</sup>发现在瑞士南部种植了 30~75a 的 4 种冷杉(*P. abies*)森林下的 26 种土壤种子中,至少有 15 种种子在森林种植前已经存在于土壤中。另外大量的物种会通过风、动物或其它媒介在相邻的生态系统,甚至远距离间传播<sup>[5]</sup>。该研究中绝大多数裸地(对照)种子库中的种子与草坡(方式 3)种子库相同,从另一侧面反映了这种来源性。当然这些种子能否在种子库中成为有效种子还受种子特性、动物的破坏以及土壤贮藏环境的影响<sup>[22]</sup>。一些种子在环境条件适宜时萌发成为地表群落的潜在补充个体,使受损和受干扰后的生态系统得以恢复。大量的种子可能在得到萌发条件前老化而失去活力。正是植物与种子的这些特性,使某一时刻的地表植被与土壤种子库间产生了相异性,也使生态系统的植被与土壤种子库受干扰,包括恢复后与原系统间产生非同步性。

References:

[1] Zhang R Z ed. *Dry valley of Huanduan mountain range*. Beijing: Science Press, 1992. 1~33.

[2] Jin Z Z, Ou X K. *Vegetation of hot and dry valley of Yuanjiang, Nujiang, Jinshajiang and Lanchangjiang*. Kunming: Yunnan University Press & Yunnan Scientific & technological Press, 2000. 5~10.

[3] Bradshan A D. The reconstruction of ecosystem. *Journal of Ecology*, 1983, **20**: 1~17.

[4] Shu J M, Liu X C. The theoretical basis, key technology and application prospects of restoration ecology. *China Environmental Science*, 1998, **18**(6): 540~543.

[5] Baskin C C, Baskin M J. *Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. California, USA: Academic Press, 1998. 133~162.

[6] Thompson J, Bakker J P, Bakker R M, et al. Ecological correlates of seed persistence in soil in the north-west European flora. *Journal of Ecology*, 1998, **86**: 163~169.

- [7] Yang Y J, Sun X Y. Forest soil seed bank and natural regeneration. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2001, **12**(2): 304~308.
- [8] Granström A. Seed bank at six open and afforested heathland sites in southern Sweden. *Journal of Applied Ecology*, 1988, **25**:297~306.
- [9] Kebrom T, Tesfaye B. The role of soil seed banks in the rehabilitation of degraded hillslopes in Southern Wello, Ethiopia. *Biotropica*, 2000, **32**(1):23~32
- [10] Tucker N I J, Murphy T M. The effect of ecological rehabilitation on vegetation recruitment: some observations from the wet tropics of North Queensland. *Forestry Ecology and Management*, 1997, **99**:133~152.
- [11] Zhang Y F. Bio-control and Development of Debris flow in dry and hot valley. In: Du R H ed. *Observation and research of debris flow*. Beijing: Science Press, 1996. 127~131.
- [12] Liu W Y, Liu L H, Qiu X Z, *et al.* Bio-ecological Engineering prevention and control of debris flow of Houshan by Nanjian County town, Yunnan. *Journal of Mountain Science*, 1999, **17**(2):136~140.
- [13] Shen C Y, Liu L H, Liu W Y. Biomass and Soil dynamics at the initial stage of manmade revegetation in hot and dry valley of Nanjian County, Yunnan. *Acta Phytocologica Sinica*, 2000, **24**(5):575~580.
- [14] Du R H, Kang Z C, Chen X Q, *et al.* A comprehensive investigation and control planning for debris flow in the Xiaojinag River Basin of Yunnan Province. Chongqing: Chongqing Division of Scientific and Technological Literature Publisher, 1987. 3~55.
- [15] Bigwood D W, Inouye D W. Spatial pattern analysis of seed bank: an improved method and optimized sampling. *Ecology*, 1988, **69**: 497~507.
- [16] Ma K P. Measurement of biodiversity. In: Qian Y Q ed. *Principle and methods of biodiversity studies*. Beijing: Chinese Scientific & Technological Press, 1994. 141~165.
- [17] Bekker R M, Verweil G L, Smith R E N, *et al.* Soil seed bank in European grassland: does land use affect regeneration perspectives? *Journal of Applied Ecology*, 1997, **34**:1293~1310.
- [18] O'Connor T G, Pickett G A. The influence of grazing on seed production and seed banks of some African savanna grasslands. *Journal of Applied Ecology*, 1992, **29**:247~260.
- [19] Perez E M, Santiago E T. Seasonal dynamics of the seed bank in a savanna in the central-eastern plains of Venezuela. *Biotropica*, 2001, **33**:436~446.
- [20] Xiong L M, Zhong C Z, Li X G, *et al.* A preliminary study on the soil seed banks of different successional stages of subtropical evergreen broadleaved forest. *Acta Phytocologica et Geobiologica*, 1992, **16**(3):249~256.
- [21] Chang E R, Jefferies R L, Carleton T J. Relationship between vegetation and soil seed banks in an arctic coastal marsh. *Journal of Ecology*, 2001, **89**: 367~384.
- [22] Michael F. *Seed: the ecology of regeneration in plant community*. Walingford, UK: C. A. B. International, 1992. 211~235.

# 参考文献:

- [1] 张荣祖主编. 横断山区干旱河谷. 北京: 科学出版社, 1992. 1~33.
- [2] 金振洲, 欧晓昆. 元江、怒江、金沙江、澜沧江干热河谷植被. 云南: 云南大学出版社, 云南科技出版社, 2000. 1~3.
- [4] 舒俭民, 刘晓春. 恢复生态学的理论基础、关键技术与应用前景. 中国环境科学, 1998, **18**(6):540~543.
- [7] 杨跃军, 孙向阳. 森林土壤种子库与天然更新. 应用生态学报, 2001, **12**(2): 304~308.
- [11] 张有富. 干热河谷泥石流生物防治与开发. 见: 杜榕桓主编. 泥石流观测与研究. 北京: 科学出版社, 1996. 127~131.
- [12] 刘文耀, 刘伦辉, 邱学忠, 等. 泥石流生物生态工程治理极其效益. 山地学报, 1999, **17**(2):136~140.
- [13] 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. 植物生态学报, 2000, **24**(5):575~580.
- [14] 杜榕桓 康志成, 陈循谦, 等. 云南小江泥石流综合考察与防治规划研究. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1987. 3~55.
- [16] 马克平. 生物多样性的测定. 见: 钱迎倩主编. 生物多样性研究的原理与方法. 北京: 中国科学技术出版社, 1994. 141~165.
- [20] 熊利明, 钟章成, 李旭光. 亚热带常绿阔叶林不同演替阶段土壤种子库的初步研究. 植物生态学与地植物学学报, 1992, **16**(3):249~256.