

泥石流多发干旱河谷区植被恢复研究

沈有信,张彦东,刘文耀

(中国科学院西双版纳热带植物园,云南昆明 650223)

摘 要:云南东北部东川小江流域的干旱河谷土地退化十分严重,土地表层的砾石含量已超过 60%,有机质含量、全氮、有效氮、有效磷、有效钾的含量相对于残存燥红土明显下降。草坡是当地的主要植被类型,并未起到防治土地退化的应有作用。以合欢(*Leucaena glauca*)、马桑(*Coriaria sinica*)种植为主的恢复方式对土地的恢复有明显的改善作用。高密度的乔木树种合欢的种植使林下的草本物种的数量和组成发生了极大变化,较耐荫的植物占据了林分下层,且物种数量较草坡减少,群落多样性指数降低。三种马桑种植方式下,不但原有的草坡群落的物种仍有大量的生存空间,而且为一些新物种创造了生存环境,从而使物种的种类较原有草坡地增加,提高了群落的多样性指数。合欢种植的生物量最高,对解决当地薪柴严重短缺意义重大,马桑种植在增加灌木层生物量的同时,并未改变草坡的物种组成,还可兼顾解决当地的饲草和放牧,应大力推广。

关键词:土地退化;植被恢复;干旱河谷;泥石流

中图分类号:X171.4;P962.23 **文献标识码:**A

干旱河谷是我国西南地区山地的特殊类型,在同区域山地垂直带中,干旱河谷带是相对脆弱的^[1]。由于自然因素的限制和频繁的人为活动,云南东北部东川小江流域(金沙江上游)干旱河谷区生态系统已经严重退化,“石化”倾向严重。泥石流等自然灾害发生的区域和频度不断加大^[1~4],已使该区具有泥石流“博物馆”之称^[3,4]。运用生物措施治理泥石流多发的干旱河谷退化生态系统是恢复该区生态环境的一项重要任务^[3,4]。关于泥石流多发干旱河谷退化生态系统的生物治理措施和恢复模式已经有人进行过研究^[5~8],而关于小江流域的不同恢复模式的效果却很少有人探讨。本文探讨了在小江流域泥石流多发干旱河谷区退化土地上,采用不同模式进行植被恢复重建后的效果,目的是为该区的退化生态系统恢复提供依据。

1 研究区概况与植被恢复方式

1.1 研究区概况

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流域(103°06'E~103°13'E,26°13'N~26°17'N)进行,该流域

属金沙江一级支流小江流域,为侵蚀中山。本区海拔为 1 042m~3 269m,其中低于 1 600m 以下为干旱河谷带^[1]。本研究选择的所有样地都处在半干旱河谷带内。本地的多年平均气温在 20℃ 以上,10 月积温为 6 000℃,最高气温 40.9℃,最低气温 -2℃。最热月平均气温 19℃~22℃,最冷月平均气温在 10℃ 以下。多年平均降水量为 693mm,平均蒸发量为 3 638mm,蒸发量约是降水量的 5 倍。本地气候干湿季分明,从 11 月至翌年的 4 月为干季,此间的降水量仅占全年降水量的 12%。5~10 月为湿季,降水量占全年降水量的 88%。

研究区域出露的岩层多为第四纪沉积物,及各地质时期形成的板岩、千枚岩、灰岩、砂岩等。这些岩层质地软弱、结构松散、抗蚀力差,为泥石流、滑坡等灾害提供了丰富的物质基础。同时由于本区山高坡陡,降雨集中,为滑坡、泥石流等创造了动力条件。人为活动对地表植被的破坏作用,如森林砍伐、过度放牧、刈草等,更加剧了当地土地的退化。目前在一些地方由于表土的严重流失,已经出现了“石化”趋势。由于研究地区气候分带明显,因此小江流域的土壤类型从高向低主要有高山草甸土,山地黄壤,红

收稿日期:2001-10-15。

基金项目:中国科学院特别支持领域山地灾害-滑坡、泥石流基础研究(1999-2001)。

作者简介:沈有信(1966-),男(汉族),云南宜良人,硕士,助理研究员。主要从事植物生态学和恢复生态学研究。

壤和燥红土。

在我们所研究的干旱河谷区,原始植被已荡然无存,现存植被有草丛、灌木草丛、稀树灌木草丛以及一些栽植的人工林。分布较广的为草丛和灌木草丛。草本植物以扭黄茅(*Heteropogon contortus*)、类芦(*Neyraudia reynaudiana*)、香茅(*Cymbopogon distans*)、戟叶酸模(*Rumex hastatus*)等为代表。灌木以车桑子(*Dodonea angustifolia*)、余甘子(*Phyllanthus emblica*)、马桑(*Coriaria sinica*)等为代表。乔木树种主要有木棉(*Bombax ceiba*)、清香木(*Pistacia weinmannifolia*)等。除此之外还有一些耐旱的仙人掌(*Opuntia monacantha*)、霸王鞭(*Euphorbia royleana*)等分布。

1.2 植被恢复方式

自 1990 年始,在泥石流观测站周围的干旱河谷退化山地开展了不同树种、不同方式的植被恢复实验,栽植的主要树种为银合欢(*Leucaena glauca*)和马桑(*Coriaria sinica*)。本研究选择 2 种银合欢林和 3 种马桑林为研究对象。合欢林和马桑林都是在土层严重剥蚀的沙石化表层上栽植的。由于该区的强度放牧和刈割,无法找到未受干扰的草坡地,因此本研究选择当地正常放牧和刈割下的草坡作为对照,同时因合欢林和马桑林的差异,故分别选取阳向草坡和阴向草坡作为对照。各样地情况见表 1。

表 1 研究样地基本概况

Table 1 Basic features of the study sites

类型 Vegetation types	海拔 Altitude (m)	坡向 slope	坡度 gradient	恢复时间 Years of vegetating (a)	盖度 ¹⁾ Coverage (%)	密度 density (株、丛/ hm ²)	干扰 disturbance
合欢林 1	1 350	西北坡	15°	11	100	5 500	无
合欢林 2	1 350	西北坡	20°	7	100	4 750	无
马桑林 1	1 370	东北坡	25°	7	60	2 900	放牧
马桑林 2	1 380	东北坡	25°	7	65	1 700	放牧
马桑林 3	1 390	东北坡	26°	7	60	2 900	放牧
阴向草坡	1 350	西北坡	23°		95		放牧,年度刈割
阳向草坡	1 380	东北坡	28°		85		放牧,年度刈割

1) 盖度为投影盖度

2 研究方法

土壤样品采集与分析:受长期的泥石流、滑坡和水土流失的影响,现在的将家沟流域的干旱河谷区坡面上的原生燥红土表层已剥蚀殆尽,仅在古夷平面的部分地方有零星残余。以这种残存燥红土为对照,泥石流、滑坡形成的裸地作为严重退化土地。对比不同恢复方式对地力的影响。在上述各研究样地里随机采取 0cm~20cm 表层土样 9 个,同时以相同方式采取残存燥红土和裸地土样为对照。用常规分析方法分析砾石含量,有机质、全量 N、P、K,有效 N、P、K。土壤有机质采用 K₂Cr₂O₇—加热法测定,全 N 用开氏法,全 P 用 HClO₄—H₂SO₄ 法,全 K 用 NaOH 熔融法,有效氮用碱解扩散法,速效磷用 NaHCO₃ 法,速效钾用 NH₄OAc 浸提法^[9]。

生物量及物种组成调查:本研究涉及乔、灌、草三种植物群落,分别采用不同的调查方法,其中合欢林样地面积为 20m×20m,马桑林样地面积 10m×10m,草坡取 50m 样线,三个重复。对合欢和马桑进

行每木/丛检测,以标准木/丛方法测定乔、灌生物量。合欢林、马桑林样地及草坡样地内采用机械布点方法布设 1m×1m 样方,其中每个合欢林样地内布设 10 个,马桑林和草坡样地分别布设 5 个小样方,以收获法测定草本生物量,同时记录各物种个体数量。

多样性指数计算:本研究采用了 3 个常用的多样性指数,分析不同恢复方式对群落植物种多样性变化的影响,即 Margalef 丰富度指数,Shannon - Wiener 多样性指数和 Pielou 均匀度指数^[10,11],其测度公式如下:

Margalef 丰富度指数

$$D = (S - 1) / \ln N \quad (\text{Margalef, 1958})$$

Shannon - Wiener 多样性指数

$$H = - \sum_{i=1}^s (N_i / N) \ln (N_i / N) \quad (\text{Pielou, 1975})$$

Pielou 均匀度指数

$$E = H / \ln S \quad (\text{Pielou, 1975})$$

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。

3 结果与讨论

3.1 不同植被恢复方式对地力的影响

各样地的土壤表层(0cm~20cm)理化性状分析结果表明(表2),合欢林、马桑林和草坡的土壤砾石(>2mm)含量均较高,变动于55.6%~77.5%之间,平均值为61%,与裸地间的差异已不明显,说明该地土壤“石化”现象严重。“石化”后的土壤,其有机质含量、全氮、有效氮、有效磷、有效钾的含量相对于残存燥红土明显下降。大部分指标与残存燥红土间差异较大,而与裸地间差异较小,说明该地干旱河谷区的土地退化已相当严重。

合欢林、马桑林、草坡覆盖与残存燥红土和裸地间的土壤理化性质的差异,既体现了不同的退化程度,同时相对于裸地而言,也体现了各种方式对地力

的恢复与保护。草坡为研究区域的主要植物群落,虽然其土壤的各项理化指标明显较裸地和合欢林、马桑林好,但在其长期覆盖下,土壤的砾石含量超过55%、土壤有机质以及相应的全氮含量和有效氮含量远低于残存燥红土,说明其退化的严重性。因可以说,当地的草坡极其管理方式对地力的恢复与保护而言并未起到应有的作用。合欢林与马桑林是在石化相当严重的退化坡面栽植的(由其较高的砾石含量也可看出),其土壤理化指标相对于裸地的增加可看作是植被恢复后对土壤的改善。合欢林与马桑林间的差异不明显。但同树种恢复途径下,合欢林1的有机质含量以及相应的全氮含量和有效氮含量高于合欢林2,而两种马桑林间的差异不明显。这可能与两种合欢林间的年度差异和密度差异有关。

表2 东川泥石流多发干旱河谷区不同植被恢复方式下的土壤理化特性

Table 2 Characteristics of soil under different rehabilitation regimes in the debris-flow prone dry valley, Dongchuan

土壤或土地类型 soil types	pH	>2mm 砾石 含量 % >2mm gravel (%)	有机质 O.M (%)	全氮 Total N (%)	全磷 total P (%)	全钾 total K (%)	有效氮 available N mg/kg	有效磷 available P mg/kg	有效钾 available K mg/kg
残存燥红土	7.0	8	2.73	0.14	0.08	1.35	92.0	3.2	160.5
合欢林地 1	8.5	75.5	0.58	0.05	0.08	2.53	2.2	0.3	15.4
合欢林地 2	8.5	74.9	0.41	0.04	0.06	2.85	1.5	0.8	16.4
马桑林地 2	8.7	64.8	0.37	0.05	0.07	2.87	4.6	0.4	17.6
马桑林地 3	8.6	69.6	0.51	0.05	0.07	2.81	4.1	0.8	19.6
阴向草坡	8.5	55.6	0.89	0.08	0.06	2.53	8.7	1.4	26.9
阳向草坡	8.5	67.1	0.61	0.06	0.06	2.84	8.3	0.9	21.2
裸地	9.0	68	0.3	0.02	0.07	3.35	2.1	1.0	15.6

3.2 不同恢复方式下群落的物种组成变化

不同恢复途径下的群落物种组成见表3。阴坡草地群落与阳坡草地群落在植被种类及数量上存在差异。阳坡草地以龙须草(*E. Binata*)香茅(*C. Distans*)、黄茅草(*H. Contortus*)为主,而阴坡草地则以香茅(*C. Distans*)、黄茅草(*H. Contortus*)、荩草(*A. Jispidus*)为主。龙须草(*E. Binata*)是阳坡草地的优势种类,但阴坡上并未出现,同时阴坡草地的物种数量较阳坡为多,这可能都与阴坡相对于阳坡较多的土壤水分有关,水分是干旱河谷植被生长的重要限制因子^[1],对植物种类的分布发挥着重要作用。

在马桑林内,除马桑作为主要的灌木种类外,仍以香茅(*C. Distans*)、龙须草(*E. Binata*)黄茅草(*H.*

Contortus)、黄背草(*T. triandr var. Japonica*)等物种为主,原有的阳坡草地的植被组成基本未改变,但物种数量却较阳坡草地增加,且低密度的增加明显(1700株/hm²)。在合欢林内合欢处于上层,造成高度遮荫,林下被九头狮子草(*P. Japonica*)、合欢(*L. glauca*)幼苗占据,原有物种数量急剧减少,且物种数量较阴向草坡减少,11a生的合欢林尤其明显。

3个常用的多样性指数的计算结果显示(表4),马桑林与原有的阳向草坡相比,Margalef丰富度指数,Shannon-Wiener多样性指数和Pielou均匀度均有所增加,且低密度的马桑林导致的增加更为明显。合欢林则导致相反的结果,所有多样性指数均较原有的阴向草坡低,且11a生种植林地更低。

表3 不同植被恢复方式下的植物种类及数量变化

Table 3 Vegetation species and their numerical composition under different plantations

种名	合欢林		马桑林		马桑林	阴向	阳向
	1	2	1	2	3	草坡	草坡
白花草: <i>Pennisetum alopecuroides</i>		12	9				
长叶香菜: <i>Rabdosia adenantha</i>	8						
车桑子: <i>Dodonea angustifolia</i>	11	4		11			
丛生羊胡子草: <i>Eriophorum comosum</i>	0	5	9	26	17		
酢酱草: <i>Oxalis Corniculata</i>	1	12	3		1		
枣子: <i>Zizyphus sativa</i>	3						
鬼真草: <i>Bidens bipinnata</i>	21		5				
合欢: <i>Leucaena glauca</i> (幼苗)	79	793					
胡枝子: <i>Lespedeza junea</i>		104	122	55	14		
黄背草: <i>Themeda triandr var. japonica</i>		111	131	355	102	72	
黄花香茶菜: <i>Robdosia sculponeata</i>	23	4		1			
黄茅草: <i>Heteropogen contortus</i>	39	34	193	34	257	809	220
灰叶山蚂蝗: <i>Desmodium sinutum</i>		11	3	2	12		
戟叶酸模: <i>Rumex hatatus</i>	23	2	6				
剑麻: <i>Agave americana</i>	1	1					
剑叶苦卖菜: <i>Lxeris gracille</i>		2	4	15	20		
角蒿: <i>Incarvillea arguta</i>	4		5	11			
菴草: <i>Arthraxon jispidus</i>	5	28	44	26	40	267	16
九头狮子草: <i>Peistrophe japonica</i> .	2473	1337	17	11	22	46	27
苦刺: <i>Sophora davidii</i>			1				
苦蒿: <i>Artemisia codonocephala</i>	5	7	1	1	4		
类芦: <i>Neyraudia reynaudiana</i>		6	28	2			
龙须草: <i>Eulaliopsis binata</i>		5	226	203	673		
马桑: <i>Coriaria sinica</i> (幼苗)		13	28	13			
曼虫豆: <i>Atylosia scarabaeoides</i>			1				
肾叶山蓼: <i>Oxyria digyna</i>		5	23	9			
油桐: <i>Vernicia fordii</i>	1						
蚊子草: <i>Elensine indica</i>	21	107	33	29	117		
金发草: <i>Pogonatherum alopecuroides</i>			4	4			
野芭子: <i>Elsholtzia ciliata</i>			68	1			
香茅: <i>Cymbopogon distans</i>		334	245	222	1385	398	
竹油芒: <i>Spodiopogon bambusoides</i>		53	4	9			
其它	2	2		9			
个体数合计	2617	2321	1021	916	1276	2884	1458
物种数	13	16	16	19	16	18	14

表4 不同恢复方式下群落的植物多样性变化

Table 4 Biodiversity indexes under different rehabilitation

多样性指数	合欢林		马桑林		马桑林	阴向	阳向
	1	2	1	2	3	草坡	草坡
Shannon-Wiener 指数	0.28	1.1	2.0	2.1	2.0	1.5	1.4
Margalef 指数	1.5	1.9	2.2	2.6	2.1	2.1	1.8
Pielou 指数	0.04	0.14	0.29	0.30	0.28	0.19	0.20

在进行生态恢复时,以什么种类及什么结构去组建先锋群落,将会影响初始生态系统的功能^[12],而物种组成是群落形成结构与实现功能的基础。三种马桑种植方式使原有草坡群落中增加了灌木,但因种植密度低,马桑在群落中的盖度仅达到60%左右,不但原有的草坡群落的物种仍有大量的生存空间,而且为一些新物种创造了生存环境,从而使物种的种类较原有草坡地增加,提高了物种的多样性,低密度时(马桑林2)增加更加明显。而两种合欢林,高密度的合欢造成遮荫使原有草坡群落的草本种类生长环境改变,原有的一些强光物种数量急剧减少,而耐荫物种数量则占据下层空间。总的物种数量减

少,降低了群落物的物种多样性,栽植11a后的合欢林尤其明显。这一事实说明高密度的合欢种植可使干旱河谷的局部生态环境发生明显改变。

3.3 不同恢复方式下的群落生物量

各恢复方式的现存生物量(地上部分)见表5。两种合欢林群落具有较大的现存生物量,三种马桑群落次之,草坡最低,且三者之间的差异巨大。草坡的阴阳坡间存在差异,合欢林之间的年均生物量累积差异较大,马桑林之间的差异较小,这可能以恢复时间和密度有关。合欢和马桑种恢复方式下,草本层生物量与草坡间差异不太明显。

表5 不同恢复途径下的生物量(kg/hm²)

Table 5 Biomass differences under different rehabilitation

恢复类型	乔灌木生物量				草本生物量	合计
	杆	枝	叶	总重		
合欢林 1	22798	5335	2973	31106	1400	32506
合欢林 2	5303	4815	1317	11435	2030	13465
马桑林 1	2319	877	1555	4751	1656	6407
马桑林 2	2390	1891	2853	7134	1157	8291
马桑林 3	2454	1877	2520	6851	1181	8032
阴向草坡					1340	1340
阳向草坡					2340	2340

4 结论与建议

在我们所研究的干旱河谷区,土地退化以表层土壤的石化为特征,坡面土壤0cm~20cm土层的砾石含量已经超过60%,说明土壤的组成以砾石为主,退化相当严重。退化后土壤的有机质含量,全氮、有效氮、有效磷、有效钾的含量明显降低。因此,制止这种以石化为特征的土地退化已十分迫切。

当地的草坡极其管理方式对地力的恢复与保护而言并未起到应有的作用,其覆盖下的土地退化程度仍很高,另一方面,也说明这种管理方式对土地退化防治意义较小。合欢与马桑恢复方式是在石化相当严重的退化坡面上进行的(由其较高的砾石含量也可看出),其土壤理化指标相对于裸地的增加可看作是植被恢复后对土壤的改善。11a生的合欢林有机质含量以及相应的全氮含量和有效氮含量高于7a生的合欢林,也进一步说明这种改善作用。

合欢种植因强度遮荫,林下的原生草本物种的数量和组成发生了极大变化,较耐荫的九头狮子草

(*P. Japonica*)、合欢(*L. glauca*)幼苗占据了林分下层,原有草本物种数量急剧减少,且物种数量较草坡(阴)减少,群落植物多样性指数降低,11a恢复后的群落尤其明显,但其生物量累积最高。三种马桑种植方式下,不但原有的草坡群落的物种仍有大量的生存空间,而且为一些新物种创造了生存环境,从而使物种的种类较原有草坡地增加,提高物种的多样性指数,且低密度下(马桑2)更加明显。在增加灌木层生物量的同时,草本层的生物量下降不大。

在我们所研究的干旱河谷区,主要植被景观为草坡,刈割年限对草坡地的生长和功能的发挥具有重大意义。曾希柏^[13]等在红壤区草地上的刈割试验表明,每年刈割一次时,草本生物量有逐年下降趋势,同时对土壤的保护和地力的提高功能较6a一次,4a一次,3a一次,2a一次逐渐降低。研究区农户在薪柴和饲草需求的压力下,不得不每年刈割草坡地上生长的植物,将能做饲料的部分留做家畜饲料,其余则作为燃料。而每年的刈割和放牧又使刈割的单位面积产量降低,这种产量的降低又迫使农户刈割更大的面积,在土地资源有限的情况下,农户的刈

割越来越精细,从而走入一个怪圈。由生物量的资料看,草坡的生物量是很低的(平均为 1 840 kg/hm²) 仅比合欢林下草本生物量(平均为 1715 kg/hm²) 和马桑林内的草本生物量(平均为 1 331 kg/hm²) 略高。而马桑和合欢种植则有较高的生物累积量,尤其是合欢种植,在现有恢复方式基础上辅助与适当的砍伐措施来解决当地的薪柴、用材短缺问题,则可帮助农户部分地从依赖草坡的怪圈中走出,从而让部分草坡地得以休闲,延长草坡地的刈割年限,在更大范围内对土地退化防治起到积极作用。合欢种植最符合这种薪柴解决要求,马桑生物量虽低,但因其未改变草坡的物种组成,还可兼顾解决当地的饲草和放牧,且种植容易,应在大范围推广。

参考文献:

- [1] 张荣祖. 横断山区干旱河谷[M]. 北京:科学出版社,1992.
- [2] 金振洲,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,云南科技出版社,2000.
- [3] 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[M]. 重庆:科学技术文献出版社重庆分社,1987.
- [4] 柴宗新. 东川市土地退化(荒漠化)极其防治[J]. 灾害学,1998,13(1):40~44.
- [5] 张有富. 云南小江泥石流频发区干热退化山地植被恢复途径[J]. 山地学报,2001,19(增):88~91.
- [6] 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[J]. 山地学报,1999,17(2):136~140.
- [7] 盛才余,刘伦辉,刘文耀. 云南山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.
- [8] 张有富. 云南蒋家沟泥石流区退化山地引种拟金茅的技术与效果[J]. 山地学报,2001,18(6):563~567.
- [9] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:上海科学技术出版社,1978.
- [10] 马克平,黄建辉,于顺利,等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究[J]. 生态学报,1995,15(3):268~277.
- [11] 孙儒泳,李博,诸葛阳,等. 普通生态学[M]. 北京:高等教育出版社,1993.
- [12] 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.
- [13] 曾希柏,刘更另. 刈割对植被组成及土壤有关性质的影响[J]. 应用生态学报,2000,11(1):57~60.

Plant Rehabilitation on Degraded Land at Debris-prone Dry Valley

SHEN You-xin, ZHANG Yan-dong and LIU Wen-yao

(Xishuangbanna Tropical Botanic Garden, The Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223 China)

Abstract Land degradation was serious along Xiaojiang river at Dongchuan of the Northeast of Yunnan. The portion of gravel (>2mm) had exceeded 60% at the land surface and its organic matter, total N, available N, P, K had dropped sharply compared with those of red soil. The grass which was the major vegetation cover at the research area, did not play the role on preventing soil from degradation. Plantations of *Leucaena glauca* and *Coriaria sinica* had effect on land restoration. Dense tree (*L. glauca*) plantations (2 types) had resulted in significant changes of grass species composition and related quantity. Shade-tolerant species dominated the grass layer, species types and respective diversity indexes decreased in the *L. glauca* communities compared with grass-land. Under the three *C. sinica* plantations, grown environment still remained for grass species as that of grass land, but also new environment was created by *C. sinica*. As a result, the species types and diversity indexes increased at those plantations compared with grassland. The highest biomass of *L. glauca* had significant meanings for the fuel-shorting villagers. Biomass of *C. sinica* plantations were not as higher as that of *L. glauca*, since they still could provide grass for animal fodder to the local villagers as grass land did, they were a substitute way to grass land.

Key words: degraded land; plant rehabilitation; dry valley; debris flow