

银合欢冲沟治理水土保持效益研究

拜得珍, 纪中华, 杨艳鲜, 方海东, 廖承飞  
(云南省农科院热带亚热带经济作物研究所, 云南 元谋 651300)

摘 要: 通过对金沙江干热河谷区元谋县人工银合欢(*leucaena*)治理区与非治理区的土壤理化性质、土壤侵蚀量及林地土壤贮水等方面的研究表明: 银合欢作为干热河谷退化生态冲沟治理的先锋树种, 具有较好的水土保持效益、很强的水源涵养功能和明显的经济效益, 治理区减少地表径流的能力是对照地的 5~6 倍, 减少的泥沙量是对照地的 8~9 倍, 经济产值增加 4 倍多, 并极大地改善干热环境, 降低旱季最高温 0.93℃, 增加空气相对湿度 17.15%, 为其进一步综合治理奠定了基础。  
关键词: 冲沟治理; 银合欢; 水土保持  
中图分类号: S157 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2004)03-0226-03

Effect Study of Water and Soil Conservation on  
Leucaena Harnessing Area in Rushing Gully

BAI De-zhen, JI Zhong-hua, YANG Yan-xian, FANG Hai-dong, LIAO cheng-fei  
(Tropical and Subtropical Cash Crops Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Yuanmou 651300, China)

**Abstract:** In the Yuanmou River dry-hot valley, the study on the physicochemical properties of soil, water storage capacity of soil and soil erosion amount about the soil and water conservation of the leucaena in controlled area was conducted. The result shows that the leucaena has better function of soil and water conservation and the marked economic effect in the controlled area where has the ecological crisis of Jinsha River dry-hot valley. The controlled area can decrease surface flow by 5~6 times and stream load 8~9 doubles, increased economic 4 times as much as the contrast plot. Also it improved the dry and hot environment and reduced the maximum temperature and increased the air relative humidity, so that established the foundation for continuous comprehensive treatment in rushing gully.  
**Key words:** controlling of rushing gully; leucaena; soil and water conservation

银合欢是多年生地豆科小乔木, 起源于墨西哥, 经驯化后的品种具有抗旱、速生等明显特征, 蛋白质含量高, 对于解决饲料尤其是蛋白质饲料严重短缺, 具有重要意义<sup>[1]</sup>, 本文试图说明银合欢在元谋小跨山流域的冲沟治理中所取的水保、生态、经济效益, 为干热河谷冲沟治理工作起到一定的推动作用。

1 研究区概况

该研究区在云南元谋县城附近的小跨山流域进行, 年均气温 21.9℃, 极端最高气温 42℃, 极端最低气温 -2℃, 年降雨量 613.8 mm, 集中在 5~9 月份, 其它月份少雨或无雨, 年蒸发量 3 911.2 mm。处于云贵高原和四川盆地过渡地带, 区内新构造运动强烈, 垂直节理众多, 频繁的地震降低了岩石强度和山体稳定性, 生态环境脆弱, 对外界干扰敏感, 自我恢复能力差, 冲沟发育剧烈, 水土流失严重, 土地极为贫瘠, 生

态重建和恢复工作难度极大。

2 研究方法

2.1 典型区的设置

在试验区已连续进行了 5 年的银合欢人工林体系 营建, 现选银合欢冲沟治理典型区(A、B、C)和对照区(D)分别进行土壤理化性质、蓄水能力和水保效益的调查, 进行治理区的效益评价, 以此说明银合欢作为金沙江干热河谷冲沟治理先锋树种的作用。各典型区的基本情况如(表 1)所示:

2.2 试验方法

对典型地进行每木检尺(胸径、株高、嫩叶量), 分别以平均株高和平均胸径选银合欢的平均标准木, 用“样方收获法”测定薪材量、架材量和所产种子、饲料量。容重、孔隙度、田间持水量等采用常规烘干法, 在各典型区设 1 m×1 m 的沉淀池进行径流量和含沙量的测定。

<sup>1</sup> 收稿日期: 2003-12-03  
基金项目: “十五”国家攻关项目“干热河谷生态恢复技术与示范”(2001BA606A-07)  
作者简介: 拜得珍(1981-), 男, 见习, 西北农林科技大学本科毕业生。

表 1 在冲沟调查区典型调查区的基本情况									
处理	植被组成	密度/(株·100 m <sup>-2</sup> )	平均胸径/cm	生长状况	坡度/°	土体结构	人为活动	侵蚀强度	
A	银合欢	57	8.12	旺盛	30.1	< A/2+	B+ C	轻微	中度
B	银合欢+ 扭黄茅等草	31	12.34	良好	31.6	B+ C		轻微	强度
C	扭黄茅+ 山蚂蝗等草	80%		良好	32.3	B+ C		较多	强度
D	荒草坡				42.5	< B+ C		频繁	剧烈

注: 本次土壤侵蚀强度等级评价参考了史德明等《中国南方侵蚀土壤的退化指标体系研究》。

3 结果与分析

3.1 典型区土壤物理性状及其蓄水效益

林地土壤由于林木根系和枯枝落叶层作用,增加了土壤的疏松性、通气性及透水性,使土壤物理性质得以改善<sup>[2]</sup>。银合欢人工林内大量有机残体、在土壤中腐烂分解形成腐殖质,底土的钙质也因根系的吸收而积聚于表层,以及强大根系的穿透、挤压及根系分泌物对钙的活化,促进了土壤良好结构的形成,改善了土壤物理性状。容重的大小反映了土壤物理性状的好坏,而土壤的渗透和持水能力与土壤物理性状,尤其是与土壤孔隙度的大小和性质密切相关<sup>[3]</sup>。土壤孔隙性是土壤结构性的重要指标,土壤结构的好坏,往往反映在土壤孔隙性,影响土壤孔隙的因素,主要有土壤质地、土壤容重、有机质含量<sup>[4]</sup>。在各种孔隙中,尤其是通气孔隙和毛管孔隙属良好孔隙,这两种孔隙直接影响土壤供水和持水性能,随土壤退化,土壤结构易被破坏,大量细颗粒分散添充,堵塞土壤孔隙,再加上土壤有机质匮乏,难以形成良好的团粒,这些都影响土壤孔隙分布,导致土壤水热不调。从表中可以看出治理区 A、B、C 的容重分别比对照区 D 降低了 1.5、1.03、1.02 倍,总孔隙度较对照区增大了 1.03~1.11 倍,特别是治理区 A、B、C 非毛管孔隙度比对照区高 1.18、1.11、1.06 倍,增大了土壤持水透水性能。结果表明:通过治理使土壤表层变得疏松,团粒结构较高,土壤通透性改良,持水透水能力提高,A 区物理性状均好于其它,B 区次之,D 区即对照区最差。

林地土壤是水分储藏的主要场所,土壤水分的贮藏量和贮藏方式受土壤质地、结构、容重、有机质的影响很大。贮水总量与土壤有机质含量正相关,与黏粒及物理性黏粒负相关,随土壤容重的增加而减少<sup>[5]</sup>,而非毛管孔隙的大小直接影响制约林地水分的下渗能力和下渗速度,在林地调节水分运动中起重要作用,是评价林地涵养水源的重要指标。本试验以土壤

的贮水量为毛管孔隙和非毛管孔隙蓄水之和来评价土壤层的蓄水效益,贮水量根据实测孔隙度和土壤表层 40 cm 的厚度来计算,A 区是对照区的 1.10 倍,B 区是对照区的 1.07 倍,C 区是对照的 1.03 倍。可见,A 区贮水效益最好,B 区次之。C 区的吸湿系数、凋萎系数和田间持水量均较好与 B 区,说明 C 区在含水量和暂时滞留水的效果好于 B 区。

表 2 典型区(0~40 cm)土壤物理性状及持水效益									
调查区	吸湿系数/%	凋萎系数/%	田间持水量/%	毛管水/(g·cm <sup>-3</sup> )	土壤容重/%	总孔隙度/%	非毛管孔隙度/%	0~40 cm 总贮水量/(t·hm <sup>-2</sup> )	
A	5.67	8.65	15.42	6.77	1.69	36.23	24.78	1449.2	
B	5.02	6.53	13.45	6.92	1.72	35.09	23.19	1403.6	
C	5.19	7.79	14.54	6.75	1.75	33.96	22.14	1358.4	
D	4.68	6.08	12.75	6.67	1.78	32.83	20.96	1313.2	

3.2 典型区土壤肥力

在治理区由于水土保持性能良好使土壤养分流失得到较大控制,再加上林木枯枝落叶层的淋溶作用和银合欢根系产生有机酸分解一些难溶性钾盐的原因,增加了土壤有机质、全氮和钾的含量<sup>[6]</sup>,据杨忠等人研究表明银合欢可固氮 750 kg/hm<sup>[2,7]</sup>,具有很强的固氮能力,表现出较为明显的持水保肥能力。通过(表 3)可知:治理区比对照区有机质含量分别增加 1.70~2.92 倍,全氮含量较对照区增加 1.82~2.15 倍,有效钾增加 1.67~2.33 倍,治理区都表现出较高的含氮量和很好的肥力状况。

表 3 典型区土壤肥力调查汇总表									
调查区	pH	有机质/%	全氮/%	全磷/%	全钾/%	速效养分/(mg·kg <sup>-1</sup> )	水解氮	有效磷	有效钾
A	5	1.11	0.066	0.015	1.071	39.5	0.45	196.42	
B	4	1.11	0.071	0.030	1.639	26.11	3.03	176.37	
C	5.5	0.65	0.060	0.023	1.050	14.54	0.55	140.72	
D	5	0.38	0.033	0.021	1.323	7.38	2.91	84.25	

3.3 水土保持效益

在本试验中采用流域对比法分析计算元谋小跨山流域所产生的次洪径流量和输沙量、次洪径流模数和次输沙模数,进而分析对比其蓄水减沙效益。

地表径流是降雨除了林冠截留、地被物的拦蓄以及填洼、入渗、蒸发等损失后,剩余部分在地表形成的径流,它是造成土壤侵蚀和水土流失的主要驱动力。而植被减少和调节地表径流的主要功能在于植被增加了土壤表面的粗糙度,地表径流、侵蚀量、土壤泥沙量与地上植物生长状况、土壤物理性质、土壤渗透性及抗蚀性能密切相关<sup>[8,9]</sup>。

表 4 流域对比法估算小跨山流域减沙蓄水效益							
对比流域	流域面积/m <sup>2</sup>	地表径流系数/%	悬质输沙率/(g·cm <sup>-3</sup> )	次洪径流模数/(m <sup>3</sup> ·a <sup>-1</sup> ·km <sup>-2</sup> )	次洪输沙模数/(t·km <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )	平均增加蓄水效益/%	平均减沙效益/%
A	82.3	0.799	0.106	364.5	0.0386	67.5	89.7
B	102.9	0.85	0.296	388.7	0.115	65.45	71.3
C	321.34	4.62	0.340	2108.6	0.717	- 87.6	67.0
D	115.7	2.46	1.03	1123.5	1.157		

注: 本次试验采用 2003 年 9 月 22 日次降雨为 45.6 mm 时的数据,由于两流域降水性质很相似,所以不需进行降水校正。

治理区通过治理改善了土壤理化性质,增加了地表覆盖度和地表粗糙度,据我们调查胸径 2 cm 左右高 5 m 左右的银合欢主根可达 3 m,侧根可达 1.5 m 左右,大量深根系的存在极大的增加了土壤抗蚀性能,降低了地表径流量和泥沙含量。如(表 4)所知:A 区地表径流系数为 0.799%,较对照 D 区 2.46%,减少了 307.9%,B 区减少了 289.3%,A、B、C 区泥沙量分别减少了 89.7%、71.3%、67%,可见治理区较对照区明显减少了水土养分的流失。D 区径流系数小于 C 区,是由

于 D 区人为活动频繁在汇水面上有许多洼地,在径流过程中增大了填洼水量,表现出了较小的径流系数。另外,由于此次降雨强度较大,草被对雨水的截留作用小,C 区与 D 区效果不明显,而银合欢治理区的银合欢乔灌层对雨水高层截留作用大,导致 A 区 B 区径流消减率提高。

3.4 小气候的改善

冲沟银合欢人工林生态系统建立后,和其它森林系统一样,具有了调节改善小气候的能力。林冠的存在使林内乱流作

用减弱,再加上林冠对林内水汽扩散的阻挡作用,使林区湿度增大,改变了“干”的气候。由于林内湿度增大,树体光合作用吸收热量增大,再加上林区郁闭度增大,阻挡入辐射,减少射出辐射,使林区最高温有所下降,改善了“热”的气候。抽样调查林中最高气温和空气相对湿度发现:由于治理后林区植被的覆盖率和蓄水量的增大,旱季最高气温平均降低 0.93 ,相对湿度平均增加 17.14%,调节小气候作用明显。

表 5 林区与对照区最高温度和相对湿度对比调查表

日期	林区			裸地			降低了最 高温/ 度/°C	增加了相 对湿度/ 度/°C
	湿球 /	干球 /	相对湿 度/°C	湿球 /	干球 /	相对湿 度/°C		
5.17	20.7	32.8	64	25.2	31.4	61	1.4	3
5.18	22.2	24.8	80	18.5	25.0	54	- 0.2	26
5.19	24.8	31.0	71	19.7	29.3	41	0.7	30
5.20	22.5	25.0	81	19.0	25.0	57	0	24
5.21	20.2	20.5	97	21.2	21.8	95	1.3	2
5.22	24.8	29.0	71	22.2	29.4	54	0.4	17
5.23	26.8	28.2	91	26.2	30.2	73	2	18
平均							0.93	17.14

3.5  水保生态经济效益分析评价

在本试验中以自然禁封荒草坡为对照进行治理区效益评价见(表 6)。

(1) 用中小型水库单位容积造价和单位水价近似计算治理区蓄水效益,即:蓄水效益(元/km<sup>2</sup>)= 平均减少径流量 ×

表 6  各效益评价及对比(相对与 D 区)

调查区	产沙量/ (m <sup>3</sup> · km <sup>-2</sup> )	径流总量/ (m <sup>3</sup> · km <sup>-2</sup> )	蓄水效益/ (元 · km <sup>-2</sup> )	防洪效益/ 元	减沙效益/ 元	经济分析(km <sup>2</sup> )		
						薪+ 种子 /(元 · km <sup>-2</sup> )	架 /(元 · km <sup>-2</sup> )	饲/ (羊单位 · km <sup>-2</sup> )
A	228.4	365	789	9628	790.2	2.73 × 10 <sup>4</sup>	8.8 × 10 <sup>4</sup>	159
B	669.00	389	764	9621	734.7	3.65 × 10 <sup>4</sup>	7.2 × 10 <sup>4</sup>	220
C	4097	2110	- 1035	- 12423	302.7	2.28 × 10 <sup>4</sup>	2.2 × 10 <sup>4</sup>	113
D	6500	1124						311

注:在上式计算中除经济分析外,其余均为一次降水所产生的效益,其中 A = 1 500 km<sup>2</sup>, I: 单位容积造价为 16.8 元/ m<sup>3</sup>,在本试验中以小型水库试用期为 20 年计,则每年耗单位容积造价 0.84 元,即 I = 0.84 元,单位水价为 0.2 元/ m<sup>3</sup> 计。薪、架、饲分别代表各区薪材、架材和饲料经济效益[薪材价值(元)= 材积 × 比重 × 单价 0.4(元/ kg),种子价值(元)= 种子量 × 单价(3.0 元/ kg),架材价值(元)= 株数 × 单价(0.2 元/ 株),饲料价值(羊单位)= 总饲料量/ 羊年饲量 · 个]最后将他们折合人民币。在本试验中只计算了银合欢的经济效益和草效益,暂不做桉树等其他植物的效益。

从表中可看出治理区所取得的经济效益明显。未治理区 D 中每 1 km<sup>2</sup> 径流总含量低于治理 C 区,是因为 D 区洼地很多,在径流过程中因填洼而消费了极多的径流量。

4  结论与建议

4.1  结  论

(1) 经过治理,土壤理化性质得到改良:土壤紧实度降低,孔隙度、湿度、土壤肥力增加,空气相对湿度升高,降低了最高气温,减缓了植被恢复的限制因子的制约,为其它植物的入侵和定居改善了土壤和空气环境,为退化生态环境进一步治理创造了有利的条件。

(2) 银合欢人工林对降水的层层拦蓄作用,减少了水分和

(中小型水库单位容积造价+ 单位水价)

(2) 防洪效益采用对等替代法来评价其防洪效益,公式如下:

$$P = (Q_1 - Q_2) \times A \times I$$

式中: P —— 林草措施防洪效益(元); Q<sub>1</sub> —— 非治理区的洪水总量(元/ m<sup>3</sup>); Q<sub>2</sub> —— 治理区洪水总量(m<sup>3</sup>/ km<sup>2</sup>); A —— 治理区面积/ km<sup>2</sup>; I —— 为当地水库单位容积造价(元/ m<sup>3</sup>);

(3) 减沙效益采用中小型水库死容的建筑定额作为拦沙效益计算标准,公式如下:

$$P = (S_1 - S_2) \times A \times B \times I$$

式中: P —— 林草措施防洪效益(元); S<sub>1</sub> —— 对照流域产沙量(m<sup>3</sup>/ km<sup>2</sup>); S<sub>2</sub> —— 林草流域产沙量(m<sup>3</sup>/ km<sup>2</sup>); A —— 治理区面积/ km<sup>2</sup>; B —— 输移比。本试验中测得数据为悬质含沙量,故按 B = 1 计; I —— 当地水库单位容积造价(元/ m<sup>3</sup>);

(4) 经济效益采用产值、产量直接经济分析法,以治理区内银合欢薪材、种子、架材以及饲料来分析其经济效益。分析过程中,将直径大于 5 cm 以上的银合欢作为薪材,直径 2 ~ 5 cm 的作为架材,将种子采摘销售,银合欢嫩叶经昆明云大生化技术研究所测得其所含毒素 minosine(相思碱)为 1.79%,可作为饲料,所以本试验经济效益分析过程中将株高小于 2 m 的银合欢嫩叶作为饲料来计算其治理经济效益。

养分的流失,具有明显的水土保持效益。

(3) 通过银合欢的治理调节了冲沟流域小气候,改良了生态环境,取得了显著经济效益。

(4) 银合欢速生、旱生,具有较高的经济价值,是干热河谷冲沟治理的优良树种。

4.2  建  议

(1) 由于银合欢速生、繁殖力强,如规划不合理,易造成林地深层土壤干化。

(2) 银合欢治理区具有较高的经济效益,但商品转化率低。

(3) 银合欢在冲沟治理中,生物措施和工程措施相结合会取的更明显的效益。

参考文献

[ 1 ]  杨家晃. 浅谈银合欢的开发、利用雨推广[J]. 亚热带植物通讯, 1997, 26( 1 ): 89– 102.  
[ 2 ]  袁春明, 等. 长江上游云南松林水保生态效益的研究[J]. 水土保持学报, 2002, 16(2): 89– 90.  
[ 3 ]  许峰, 蔡国强, 等. 三峡库区坡地生态控制土壤养分流失控制[J]. 地理研究, 2000, 19(3): 303– 309.  
[ 4 ]  朱祖祥. 土壤学[M]. 北京: 农业出版社, 1983.  
[ 5 ]  史德明, 等. 中国南方侵蚀土壤退化指标体系研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(4): 4– 5.  
[ 6 ]  林成谷. 土壤学[M]. 北京: 农业出版社, 1983. 120– 123.  
[ 7 ]  杨忠, 张信宝, 等. 金沙江干热河谷植被恢复技术[J]. 山地学报, 1999, 17(2): 152– 156.  
[ 8 ]  纪中华, 李建增, 沙毓沧, 等. 元谋干热退化坡地罗望子人工林水土保持效益[J]. 水土保持学报, 2001, 15( 4 ): 64– 65.  
[ 9 ]  李德生, 刘文彬, 许慕农. 石灰岩山地植被水土保持效益的研究[J]. 水土保持学报, 1993, 7(2): 57– 62.