

## 退耕还草坡耕地水土保持效应的研究\*

车伟光<sup>1</sup>, 赵小社<sup>2</sup>

(1. 云南农业大学园林园艺学院, 云南 昆明 650201;  
2. 云南农业大学动物科学技术学院, 云南 昆明 650201)

**摘要:** 2002~2004年在金沙江流域海拔2000m的半山区进行退耕还草试验。结果表明,多年生黑麦草和白三叶混播组合在植被覆盖度和生物量均高于其它混播组合,土壤抗剪强度与根系密度呈显著的正相关( $P < 0.05$ ),可作为衡量土壤耐侵蚀能力的一个参考指标;与撂荒坡地相比较,人工混播草地土壤的抗崩解时间延长219~583h,地表径流量减少42.1%~52.73%,土壤侵蚀量减少66.45%~70.25%;退耕还草表现出良好的水土保持效应,也为山区群众发展草食动物提供了大量的饲草,收到了良好的经济效益。

**关键词:** 退耕还草; 水土保持; 土壤抗剪强度

**中图分类号:** S 152.71    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1004-390X(2007)05-0731-05

## Soil-water Conservation Function of Artificial Grassland Returning from Sloping Fields

CHE Wei-guang<sup>1</sup>, ZHAO Xiao-she<sup>2</sup>

(1. Faculty of Landscape and Horticulture, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;  
2. Faculty of Animal Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

**Abstract:** Two years establishment of artificial grassland was made in the Jinsha River Valley of mountain area with elevation of above 2000 metres at Yiliang county in Yunnan Province. The result showed that the combination of *Trifolium repens* and *Trifolium repens* were higher than combinations for vegetative coverage and biomass. It is in most close relations ( $P < 0.01$ ) between soil anti-shear strength and density of roots. So anti-soil shearing strength may be an index of anti-soil erosion. Compared with control, anti soil lose-breaking time of the artificial grassland lengthen 219~583 h. 42.1%~52.7% of flowing water on the earth's surface of the artificial grassland were reduced. 66.45%~70.25% of the soil-erosion amount of the artificial grassland were reduced. Artificial grassland returning from sloping fields showed the good soil-water conservation function and more forages for the villager of the mountain region.

**Key words:** artificial grassland; soil and water conservation; anti-shear strength

坡耕地退耕还草可以改善已遭受严重破坏的生态环境,提高地面植被覆盖度,减少水土流失,涵养水源和净化空气,因此,退耕还草已经成为西南山区保护生态环境,发展生产的重要措施。金沙江流域位于长江的上游,生态环境保护极为重要。多

年来,由于缺乏生态保护意识,金沙江流域的草山草坡大量开垦种粮,造成了严重的水土流失,导致生态环境的恶化。为了保护长江流域的生态安全,近几年来,我国在金沙江流域大面积地开展了退耕还草工作,在恢复山地植被,遏止水土流失,保护生

收稿日期: 2007-01-12

\* 基金项目: 云南省自然科学基金重点项目(2003C0008Z); 云南省科技攻关项目资助(2004NG04)。

作者简介: 车伟光(1958-),男,内蒙古通辽市人,主要从事草业科学和园林科学研究。

态环境方面发挥了重要的作用。

云南昭通彝良县位于金沙江流域,是国家级贫困县。近几年随着农业产业结构的调整,退耕还林还草、种草养畜已经成为当地农业发展的主导方向。目前草少畜多,冬、春季严重缺草,草畜矛盾非常突出。在国家退耕还林还草政策的指导下,坡度大于 25°的坡地大量建植人工草地,因此,开展了退耕还草试验。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地的概况

试验区位于云南省彝良县龙街乡恒底村,东经 104°03',北纬 27°16',海拔高度 2 000 m,典型的半山区。年均温 9.3 ~ 11.7℃,最热月均温 18.1 ~ 20.1℃,最冷月均温 -1.0 ~ 2.5℃,无霜期 175 ~

210 d,  $\geq 0^\circ\text{C}$  积温 2 300 ~ 3 200℃。年日照时间 930 ~ 1 660 h,太阳总辐射 90 ~ 102 kJ/cm<sup>2</sup>,年降水量 930 ~ 1 120 mm,全年无夏季,只有春、秋、冬季。土壤为黄红壤,pH 值 5.5,有机质含量 23.4%。<sup>[1]</sup>

### 1.2 供试草种及其组合

试验选用草种为:高羊茅(*Festuca arundinacea* cv. FineLawn)、多年生黑麦草(*Lolium perenne* CV. Mada)、鸭茅(*Dactylis glomerata* CV. Amba)、无芒雀麦(*B. inermis* CV. Common)、草地早熟禾(*Poa pratensis*),紫羊茅(*Festuca rubra*)、红三叶(*Trifolium pratense* CV. Dory)、白三叶(*Trillium repens* CV. Haifa)。这些品种都是经过引种试验在该地表现适宜的优良牧草种或品种。

混播牧草草种组合及比见表 1。

表 1 各混播组合草地的生物量和盖度  
Tab.1 Biomass amount of grass combination

| 处理<br>treatments                            | 总生物量/(g · m <sup>-2</sup> )<br>totall biomass | 总盖度/%<br>totall coverage |
|---|---|--------------------------|
| V <sub>3</sub> :白三叶(2.6 g) + 多年生黑麦草(25.6 g) | 382.80 A                                      | 94.00 A                  |
| V <sub>9</sub> :多年生黑麦草(30.5 g)单播草地          | 322.10 B                                      | 85.43 AB                 |
| V <sub>8</sub> :白三叶(2.6 g) + 草地早熟禾(8.3 g)   | 295.30 B                                      | 83.67 AB                 |
| V <sub>5</sub> :红三叶(2.6 g) + 鸭茅(25.6 g)     | 254.13 C                                      | 88.90 AB                 |
| V <sub>10</sub> :鸭茅单播(30.5 g)草地             | 199.67 D                                      | 74.27 AB                 |
| V <sub>6</sub> :白三叶(2.6 g) + 紫羊茅(25.6 g)    | 188.00 DE                                     | 70.33 B                  |
| V <sub>4</sub> :白三叶(2.6 g) + 高羊茅(25.6 g)    | 175.00 DE                                     | 70.57 AB                 |
| V <sub>7</sub> :白三叶(2.6 g) + 无芒雀麦(33.3 g)   | 148.67 E                                      | 74.90 AB                 |
| V <sub>2</sub> :原草地植被                       | 64.57 F                                       | 44.90 C                  |
| V <sub>1</sub> :撂荒坡耕地                       | 37.10 F                                       | 34.67 C                  |

### 1.3 试验设计

试验于 2002 ~ 2004 年进行。小区面积 2.7 m × 5.0 m,开沟条播,行距 20 cm,重复间设有 0.3 m 的隔离带。随机区组排列,重复 3 次。同一重复置于同一台地上,共用了 3 个台地。

### 1.4 研究内容和方法

植被覆盖度:指植物群落总体或者各个种地上部分的垂直投影面积与取样地面积之比的百分数。用针刺样点法<sup>[2]</sup>测定,即在 1 m<sup>2</sup> 样方内用插钎垂直插下所触及植物和植物种的次数,所得百分率。总盖度(%) =  $\sum B/L \times 100\%$ 。其中,B - 草种在样方中触及次数,L - 在样方中扦插次数, $\sum B$  - 样方中各种草总触钎次数。

生物量的测定:在样地内选 0.5 m × 0.5 m =

0.25 m<sup>2</sup> 范围内的牧草地上部剪断称其鲜重,把地下部根系全部挖出,称其鲜重,烘干样品,得出样地生物量,计算出单位面积上的生物量。

鲜草产量测定:样方面积 0.25 m<sup>2</sup>,齐地刈割,分别测出各样方产草量,按下列公式计算: $M$  草产量(kg/hm<sup>2</sup>) =  $(S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n)/n \times 10\ 000 \times 4$  其中, $n$  为测产时所设样方数, $S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n$  为所测样方产量(kg)。

土壤抗蚀性能测定:用环刀在试验地内取 5 cm 深的原状土,应用浸水法测定土壤完全崩解所需的时间。

根系调查:在试验地内调查 10 cm × 10 cm × 10 cm = 1 000 cm<sup>3</sup> 土层内的根系,测量根系的鲜重、数量、直径及所占比例。根系密度是指 30 cm<sup>3</sup> 根系

土样中有效根系的数量,而且规定直径大于或等于0.1 mm的根系为有效根系。

地表径流量及土壤侵蚀量测定:设置试验小区,面积为5 m × 4 m = 20 m<sup>2</sup>,四周用油毡纸隔开,小区坡底设出水口和集水沟、集水池(池内衬塑料膜,设有水池,均加盖板)。在场地四周挖排水沟。通过集水尺测量集水池及集水沟水深,结合集水池及集水沟的面积测算出试验小区的径流量。集水池及集水沟沉积泥沙按体积和容重计算,悬沙用简易比重法测定,容器取样法用500 mL烧杯取均匀搅拌后的浑水样品,经过滤后称取干土重,得出所含泥沙干重(g/500 mL)。观测时间为2003年6~7月。观测项目包括降雨量、降水历时、径流量、土壤侵蚀量等。降雨量、降水历时采用虹式雨量观测计观测。

土壤抗剪强度测定:土壤抗剪强度(anti-shear strength)是表征土体力学性质的一个主要指标,其太小直接反映了土体在外力作用下发生剪切变形破坏的难易程度。测定方法为:按土工试验,进行常规直剪试验,用环刀直接在混播草地根分布量比较密集9~11 cm取样。取样前先将草剪掉,再将环刀压入土中,至环内土柱略高出环刀顶面为止。取出盛满土样的环刀,削平两端,擦净环刀外壁即成<sup>[3,4]</sup>。同样在裸地取样,作为对照。试样环刀内直径为62 mm,高20 mm。其中土质为黄红壤土。法向压力分别为25,50,75,100 kPa等4个级别。

2 结果与分析

2.1 各处理的植被特征分析

从表1可知,多年生黑麦草和白三叶混播组合牧草生长迅速,植被覆盖度可达到94%,鸭茅和红三叶混播组合植被覆盖度可达88.90%,多年生黑麦草单播可达85.43%,草地早熟禾和白三叶为83.67%,而对照的撂荒坡耕地(V<sub>1</sub>)和原草地植被(V<sub>2</sub>)覆盖度分别为34.67%和44.90%。多年生黑麦草和白三叶组合的生物量为382.40 g/m<sup>2</sup>,明显高于其它组合。单播多年生黑麦草草地的生物量为322.10 g/m<sup>2</sup>,草地早熟禾和白三叶组合的生物量为295.30 g/m<sup>2</sup>。多年生黑麦草和白三叶混播草地植被恢复速度较快,生物量高,植被覆盖度好,在退耕还草工作中可作为优先考虑的混播组合。

2.2 各处理鲜草产量、根系分布、土壤抗剪强度和抗蚀性能的关系

表2表明,人工草地的鲜草产量远高于自然植被,其中多年生黑麦草和白三叶草地混播草地,当年鲜草产量高达3734.5 kg/hm<sup>2</sup>。各处理的鲜草产量从大到小的顺序为:V<sub>3</sub> > V<sub>8</sub> > V<sub>5</sub> > V<sub>9</sub> > V<sub>10</sub> > V<sub>4</sub> > V<sub>7</sub> > V<sub>6</sub> > V<sub>2</sub> > V<sub>1</sub>。多年生黑麦草和白三叶混播草地80%以上的根分布在0~20 cm的土层内,两年后植株根深达32 cm,根幅35 cm,土壤中根系鲜重17.01 t/hm<sup>2</sup>。由表2可知,由于根量的成倍增加,根对土壤的固结作用增强,将土粒牢牢地缠绕住,同是也改变了土壤的通透性和粘性,使土壤的理化性质趋于稳定,土壤肥力增强,有利于植物生长,形成“土—草—畜”生态系统的良性循环。

表2 各处理鲜草产量、根系分布、土壤抗剪强度和抗蚀性能的关系

Tab.2 Fresh grass output, roots distribution, anti-shear strength of soil and resist the performance of losing of treatments

| 处理编号<br>treatments  | 凝聚力<br>/kPa<br>cohesion | 鲜草总产量/<br>(kg · hm <sup>-2</sup> )<br>total fresh output | 根系鲜重/<br>(g · 1 000 cm <sup>-3</sup> )<br>root system fresh output | 根系密度/<br>(个 · 30 cm <sup>-3</sup> )<br>root system density | 完全崩解所需的时间/h<br>complete collapse time |
|---------------------|-------------------------|--|--|--|---------------------------------------|
| V <sub>3</sub>      | 38.63                   | 3734.5 A   | 9.5 A  | 59 A   | 778 A                                 |
| V <sub>8</sub>      | 45.97                   | 3504.7 A   | 7.7 C  | 41 CD  | 725 A                                 |
| V <sub>5</sub>      | 28.30                   | 3234.9 B   | 7.8 C  | 42 C   | 473 B                                 |
| V <sub>9</sub>      | 24.17                   | 3128.3 B   | 8.6 B  | 49 B   | 743 A                                 |
| V <sub>10</sub>     | 20.83                   | 3069.4 B   | 7.5 C  | 39 CD  | 540 B                                 |
| V <sub>4</sub>      | 36.33                   | 2551.6 C   | 6.5 DE   | 36 D   | 730 A                                 |
| V <sub>7</sub>      | 26.97                   | 2540.9 C   | 6.9 D  | 38 CD  | 556 B                                 |
| V <sub>6</sub>      | 33.60                   | 2406.4 C   | 5.6 E  | 29 E   | 412 B                                 |
| V <sub>2</sub>      | 24.87                   | 1244.2 D   | 3.2 F  | 15 F   | 231 C                                 |
| V <sub>1</sub> (CK) | 16.47                   | 243.1 E  | 2.3 G  | 10 F   | 193 C                                 |

各处理的土壤完全崩解所需要的时间由大到小顺序是:  $V_3 > V_9 > V_4 > V_8 > V_7 > V_{10} > V_5 > V_6 > V_2 > V_1$ , 多年生黑麦草和白三叶混播草地完全崩解所需时间比对照增加 749 h, 表明该混播组合草地不仅鲜草产量最高, 而土壤的抗蚀性能最高。白三叶 + 早熟禾混播草地次之, 表明, 该两个组合在金沙江流域种草养畜和水土保持方面具有推广前途。

土壤抗剪强度的大小在某种程度上能够反映土壤的固土水平的高低。抗剪强度不仅受土壤含水量, 土壤容重和土壤的颗粒组成的影响, 而且受土壤中的根系的分布、质量, 数量和比例的影响更大。从图 1, 图 2, 图 3 和图 4 可知, 根系密度、鲜草产量、完全崩解所需时间及根系鲜重与凝聚力的相关系数  $R$  依次为 0.581 5, 0.388 0, 0.281, 0.242 8, 其中, 土壤中的根系密度对土的抗剪强度影响较大 ( $R=0.581 5$ ), 表明在一定程度上, 土壤中的根系密度越大, 土壤的抗剪强度就越高, 两者具有一定的正相关性。从图 2 可知, 当  $X=36$  个/30  $\text{cm}^3$ , 土壤的抗剪强度  $Y=36.33$  kPa, 达到最大, 但当根系密度超过某个极限 ( $X=36$  个/30  $\text{cm}^3$ ) 时, 土壤的抗剪强度降低, 这也是导致南方草地在长时间降雨

时易产生山体滑坡的重要原因。

### 2.3 地表径流量和土壤侵蚀量的分析

有资料表明<sup>[5,6]</sup>, 当草本植物覆盖度达到 40% ~ 50% 时, 就有明显的保土效果, 当覆盖度增加到 80% 以上时, 基本上无土壤侵蚀, 土壤已经得到有效的保护。提高土壤渗透率, 减少地表径流, 水土流失相对减弱。草本植物的枯枝落叶所形成的土壤腐殖质与土壤结合, 可形成良好的水稳性团粒结构, 土壤容重变小, 增加土壤的非毛管孔隙, 提高土壤的透水性。因此, 大量的雨水渗入并保存于土壤内, 或称为地下水, 这样就大大减少了地表径流及对土壤的冲刷。由表 3 可知, 种植混播牧草后, 多年生黑麦草和白三叶组合草地的地表径流和土壤侵蚀量大幅降低, 当降雨强度为 7.58 mm/h, 地表径流和土壤侵蚀量分别降低 52.73%, 70.26%。在本项研究中, 试验区 6~7 月共降雨 7 次, 产生较大的径流有 4 次, 混播草地起到了良好的水土保持作用。由此可见, 混播牧草有很强的根系, 能构成密集的根网, 可机械固持土壤, 提高土壤抗冲性能, 免遭径流冲刷。草地形成的枯枝落叶层能截持降水, 具有强大的水土保持功能。

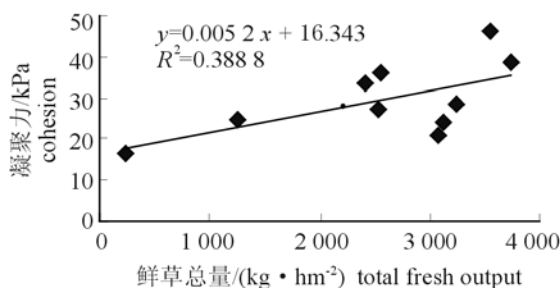


图 1 鲜草产量与土壤凝聚力的关系

Fig. 1 Relation between total fresh output and soil cohesion

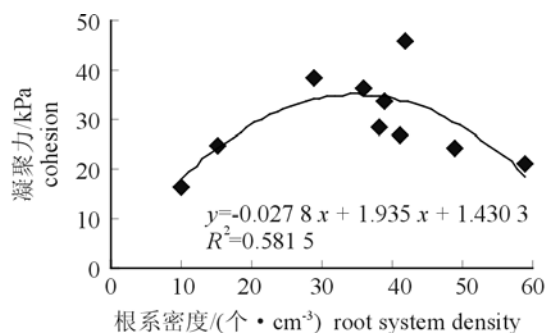


图 2 根系密度与土壤凝聚力的关系

Fig. 2 Relation between root density and soil cohesion

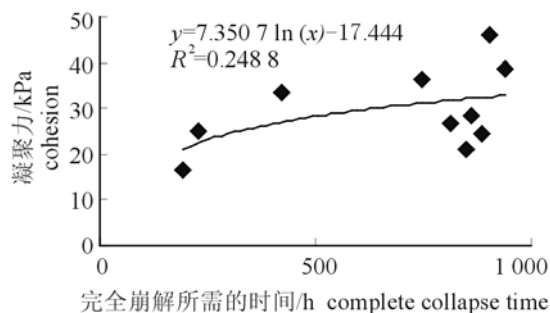


图 3 完全崩解所需时间与土壤凝聚力的关系

Fig. 3 Relation between complete collapse time and soil cohesion

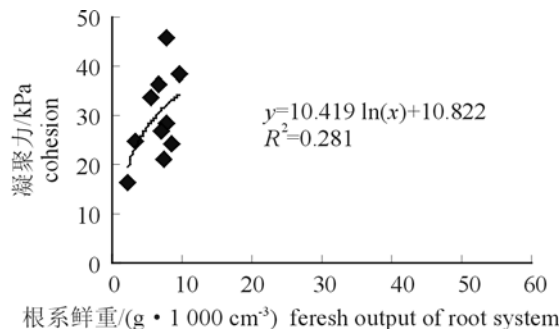


图 4 根系鲜重与土壤凝聚力的关系

Fig. 4 Relation between root fresh weight and soil cohesion

表3 退耕还草地土壤侵蚀量的分析(2005年5~8月期间)

Tab.3 Analysis of surface runoff and erosion volume of Soil in artificial grassland (during May - August of 2005)

| 测定日期<br>(日/月) | 降雨量<br>/mm<br>rainfal | 降雨强度<br>/(mm·h <sup>-1</sup> )<br>rainfall<br>intensity | 地表径流量/(m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup> )<br>soil surface runoff |        |       | 土壤侵蚀量/(m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup> )<br>soil erosion volume |        |       |
|---------------|-----------------------|---|--|--------|-------|--|--------|-------|
|               |                       |   | 白三叶+<br>多年生黑麦草   | 对照(CK) | 减少/%  | 白三叶+<br>多年生黑麦草   | 对照(CK) | 减少/%  |
| 12/6          | 56.1                  | 3.52  | 18.22  | 30.1   | 39.57 | 65.83  | 198.5  | 66.84 |
| 22/6          | 33.1                  | 4.67  | 12.58  | 20.3   | 38.06 | 66.51  | 201.1  | 66.97 |
| 5/7           | 23.6                  | 5.63  | 16.32  | 28.2   | 42.1  | 78.69  | 234.6  | 66.45 |
| 20/7          | 19.5                  | 7.58  | 20.45  | 43.2   | 52.73 | 87.37  | 293.8  | 70.26 |

3 结论

(1) 多年生黑年麦草和白三叶混播草地可有效迅速增加地面植被覆盖度,提高土壤凝聚力和抗剪强度。水土保持效果尤其显著。与对照相比,地表径流减少 52.73%,土壤侵蚀量减少 70.26%。

(2) 红三叶和鸭茅,白三叶和早熟禾等混播组合及多年生黑麦草单播的保水能力也比较好,都明显高于撂荒坡耕地和原始退化植被。但是,从生物量和水土保持的角度来分析,多年生黑麦草和白三叶混播草地适应性强,生长迅速,茎叶繁茂,植被覆盖度好,其恢复植被盖度达 95%,生物量达 382.4 g/m<sup>2</sup>,当年鲜草总产量达 3 734.5 kg/hm<sup>2</sup>,可有效减轻雨水对地表的侵蚀作用;根量大,分布广,可有效固结土壤,拦蓄地表径流,减少土壤侵蚀量。枯叶和老化的根系腐烂后可有效改良土壤的物理性状,增加土壤孔隙度,提高渗透速率,增强土壤的蓄

水保水保肥能力。因此,多年生黑麦草和白三叶组合是坡耕地实现退耕还草,恢复退化草山植被的优良草种组合。

[参考文献]

[1] 贺东北,胡永. 退耕还林(草)试点工程存在的问题及对策研究[J]. 中南林业调查规划,2000,19(4):18-21.

[2] 陈宝书. 草原学与牧草学实习实验指导书[M]. 兰州:甘肃科学技术出版社,1998.

[3] 李广信. 高等土力学[M]. 北京:清华大学出版社,2004.

[4] 刘成宇. 土力学[M]. 北京:中国铁道出版社,2000.

[5] 范兴科,蒋定生. 黄土高原坡耕地水土保持措施效益评价试验研究[J]. 水土保持学报,1990,4(2):1-10.

[6] 李占斌,鲁克斯. 黄土坡面土壤侵蚀动力过程试验研究[J]. 水土保持学报,2002,16(2):5-7.

(上接第 730 页)

[4] TANG Ke-li, ZHENG Fen-li, CA Xuan. Soil erosion on the sloping farmland in the loess plateau of China, proceeding of the fourth interhational symposium on river dimentation[M]. Beijing: China Ocean press, 1989. 34-56.

[5] 朱显谟. 黄土高原脱贫致富之道——三论黄土高原的国土整治[J]. 水土保持学报,1998,12(4):1-5.

[6] 朱显谟,田积莹. 强化黄土高原土壤渗透性及抗冲性的研究[J]. 水土保持学报,1993,7(3):1-10.

[7] 陈宝书. 草原学与牧草学实习实验指导书[M]. 兰州:甘肃科学技术出版社,1998.

[8] 李西开. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京:科学出版社,1983.

[9] 林萍,刘世忠,苏现平,等. 山丘区灌木保持水土及综合开发效益的研究[J]. 水土保持研究,2001,(3):12-13.

[10] 龙忠富,唐成斌,钱晓刚. 几种草被植物保持水土效益的研究[J]. 水土保持研究,2002,(4):136-138.