

金沙江流域退耕还草地水土保持效益分析研究

文亦蒂, 毕玉芬, 董亚芳

(云南农业大学动物科学技术学院, 昆明 650201)

摘要: 为评价牧草在防止水土流失上的作用, 2001 年在金沙江流域退耕还林还草综合配套技术试验示范区建立了径流观测场。3 年的试验结果表明: 林草复合模式能有效地控制水土流失, 其植被覆盖能显著地降低径流速度而增加雨水入渗, 减少径流和侵蚀量。退耕还草后, 土壤养分流失减少, 土壤体积质量(容重)降低, 土壤理化性质改善, 由于牧草能截获流失的养分, 试验区具有更高的草地生产力。

关键词: 金沙江流域; 退耕还草; 水土保持效益

中图分类号: S15

水土流失已被许多国家和组织公认为当今世界的头号环境问题, 它已成为影响和制约可持续发展战略的最基本问题。云南省流域耕地以坡耕地为主, 陡坡耕地比重较大, 而坡耕地由于整个作物管理和种植过程使表土受到人为剧烈干扰, 极易产生水土流失, 尤其在汛期旱作作物收获翻耕后, 因受频繁大雨、暴雨打击和地表径流冲刷, 水土流失现象严重。所以, 该流域成为我国西部生态环境最脆弱、水土流失最严重的区域之一。目前, 其脆弱的生态环境已成为制约该区域经济发展的瓶颈。进行生态环境建设, 对陡坡地开展有计划、有步骤的退耕还草已经成为当地经济发展的根本和切入点。因此, 在实施西部大开发战略之际, 国家把退耕还林还草、进行生态环境治理、实施可持续发展战略作为西部大开发决策的重要组成部分, 这是一项功在当代、利在后世的千秋伟业, 是一项规模宏大的生态系统工程, 同时也是一项技术性很强的工作。这不仅对西部, 而且对整个世界的可持续发展, 对中华民族的繁衍生息都具有重要而深远的意义。

鹤庆县是 2000 年 4 月国家确定的云南省金沙江流域 8 县之一的一个退耕还林还草试点县, 本试验历时 3 年, 通过对该地区退耕还草项目实施后草地、林地、裸地之间土壤理化性状和径流指标的比较分析, 深入探讨退耕还草的生态效应, 为这一地区退耕还草恢复草地植被提供理论依据。

1 试验材料和方法

1.1 试验地概况

鹤庆县位于云贵高原西北部, 大理州北部, 地处北纬 $25^{\circ}51'$ ~ $26^{\circ}42'$, 东经 $100^{\circ}05'$ ~ $100^{\circ}25'$, 境内地形复杂, 最高海拔 3958 m, 最低海拔 1162 m。试验调查所在地鹤庆县西园乡位于鹤庆县城以南 60 km 处, 北纬 $26^{\circ}06'$, 东经 $100^{\circ}11'$ 处, 海拔 2530 m, 多年平均气温 12.9°C , 最热月均温 17.6°C , 最冷月均温 6.4°C 。一年中 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 日数为 247 天, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 3810.7°C , 年降雨量 1071.5 mm, 雨量分布极不均匀, 冬春干旱, 夏季多雨, 属中温带冷凉山区, 土壤以山地红棕壤为主, 植被类型主要是云南松。

1.2 供试材料

在退耕还草地中, 分别按不同植被组合: 禾本科单播、豆科单播、禾本科和豆科混播、林-草结合地进行采样, 以裸地为 CK, 对不同的植被类型下的土壤的理化性质进行分析研究。土壤的取样深度为 0~7.5 cm, 重复 3 次, 经风干后, 研磨通过 0.5 mm 的筛孔, 供实验与分析。

1.3 研究方法

(1) 利用径流小区定位观测径流量和泥沙量。每次降雨后, 测量各小区的径流量和池底泥沙量, 并采集 800 ml 水样。加 1 ml 盐酸沉淀其中的泥沙, 过滤烘干后测得径流水中的含泥沙量。

(2) 植被盖度调查采用针刺法, 样方面积为 1 m

①基金项目: 云南省“十五”科技攻关项目“金沙江流域退耕还林(竹)还草综合配套技术试验示范”(2001NG55) 资助。

作者简介: 文亦蒂 (1972—), 女, 博士, 副教授, 主要从事草地农业可持续发展研究。E-mail: yifeiw2005@yahoo.com.cn

× 1 m, 重复 3 次。

(2) 土壤含水量测定采用烘干法。

(3) 土壤体积质量 (容重) 测定采用环刀法。

(4) 土壤 pH 值分析采用电位法。

(5) 土壤有机质测定采用重铬酸钾法 (油浴锅法)。

2 结果与分析

2.1 退耕还草对土壤物理性状的影响

土壤含水量是土壤理化性质的重要指标之一, 含水量较高的土壤可以为植物提供较多的水分, 减弱干旱胁迫的影响。土壤含水量数值的大小受大气降水、植物对水分的利用程度、植物蒸腾及蒸发等因素的综合影响。由表 1 可以看出, 两年间不同植被类型的土壤含水量差异均达显著性水平 ($P < 0.05$), 表明不同植被类型对土壤含水量影响较大。在本项试验中, 虽然林-草结合地的植被盖度最高, 但其 2004 年土壤的含水量却最低, 仅为 62.2 g/kg, 这表明含水量与盖度之间并不存在明显的相关关系, 即含水量不随盖度的增加而增加。研究表明: 一般情况下, 在干旱半干旱地区, 地表植被密度越高, 在生长季节, 林-草结合地土壤水分消耗量也越大, 土壤含水量就越低^[1]。此外, 由于植物根系对土壤水分含量有明显的影响, 在生长旺盛季节植物

的蒸腾作用加强, 根系吸水强烈, 往往导致根系集中分布层土壤含水量大幅度降低^[2]。就是因为林-草结合地植物生长旺盛, 蒸腾作用强, 耗水量较大, 从而导致其覆盖下的土壤含水量低。由表 1 也可知, 土壤含水量的季节变化明显, 且不同年份有所不同: 经过一个生长季后, 除林-草结合地土壤含水量下降外, 下降幅度为 67.4%, 其他各类型土壤含水量均有不同程度的提高, 裸地、禾单、豆单和禾豆混播草地的提高幅度依次为 13%、11%、12% 和 32%, 其中, 禾豆混播草地的土壤含水量提高幅度最大。这表明混播草地经过一个生长季后, 地下形成的致密根系网可改善土壤结构, 增加土壤持水能力, 使土壤含水量增加。2003 年和 2004 年期间裸地与禾本科单播区的土壤含水量均高于其他植被类型区, 其中禾本科单播区为最高, 347.6 g/kg (2003 年) 和 394.0 g/kg (2004 年)。大量的研究证实, 土壤的持水能力与土壤的理化性质和地形的变化有关, 一般来说, 质地越黏则持水量越高^[3]。在本试验区, 禾本科单播区和裸地均处于坡底, 土壤物理性黏粒多, 故二者的土壤持水力最强, 含水量也最高, 而豆科单播区和禾豆混播区位于坡中, 土壤物理性黏粒少, 土壤含水量低, 此结果与一般规律相吻合。在本次调查中, 可以看出影响土壤含水量的最大因素是地表的植被类型、植被生长状况及地形条件。

表 1 不同植被类型下的盖度、土壤含水量、体积质量和孔隙度

Table 1 Effect of various vegetable on coverage, soil water content, bulk density and soil total porosity

植被类型	时间 (年)	盖度 (%)	含水量 (g/kg)	体积质量 (g/cm ³)	孔隙度 (%)
禾本科单播	2003	56 a	34.76 a	1.87 bc	32.16 a
	2004	62 a	39.40 a	1.50 b	37.84 a
禾本科和豆科混播	2003	49 a	16.40 b	1.70 ab	37.75 b
	2004	57 a	24.20 a	1.47 c	38.30 b
豆科单播	2003	24 a	17.04 b	1.71 bc	37.64 a
	2004	59 a	19.37 a	1.52 ab	36.24 a
裸地	2003	12 b	21.14 b	2.14 abc	16.40 a
	2004	10 b	24.57 a	2.55 ab	17.64 a
林-草结合地	2003	60 a	19.09 b	1.51 bc	44.13 a
	2004	79 a	6.22 b	1.42 b	39.27 a

注: 多重比较仅限于同一年限内, 相同时间下不同字母间差异显著 ($P < 0.05$)。

植被覆盖度主要反映的是植被生长状况, 植被覆盖度越高, 表明地表植物生长状况越好, 植被地下根系网络系统越强, 土壤的抗侵蚀能力越大, 固水保水作用也就越强。牧草根系发达且交错分布成

紧实的根网, 能很好地固结土壤, 同时牧草生长快, 茎叶茂盛, 能较快地覆盖地面, 大大增强了土壤的抗蚀能力。

从表 1 还可以看出: 与 2003 年相比, 2004 年

各种植被的盖度均有所提高,以林-草结合地的盖度最高(79%),禾本科单播地次之,豆科单播地最低(59%)。这说明退耕还草能够提高植被的盖度。2003年期间,禾本科单播地盖度仅为56%,而豆科单播地盖度更低,仅为24%,这是因为在试验期间(5月份)降雨较少,持续干旱,加之无人工灌溉,致使刚刚返青的牧草盖度较低。总的来讲,试验区植被的盖度不是很高,出现此种情况的原因可能有:①由于无有效的人工管理措施和及时的施肥灌溉,致使土壤养分供应不足,牧草生长受阻;②由于当地居民的不合理放牧及刈割,造成牧草刚返青的过早利用和草地的过度利用;③供试草种本身抗逆性及竞争力的影响。

土壤孔隙度是重要的土壤物理性状之一,孔隙度较大的土壤可以容纳较多的水分和空气,有利于增强土壤微生物的活动和促进养分的转化。由表1可知,2003年和2004年不同植被类型土壤孔隙度之间差异达到显著性水平($P < 0.05$),表明不同植被类型对土壤孔隙度的影响较大。两年间各植被区土壤孔隙度均高于裸地,其中林-草结合地孔隙度最大为39.27%,经一个生长季后,禾本科单播草地的土壤孔隙度提高幅度最大,为15%,禾本科单播草地和林-草结合地下的土壤具有较强的保水保肥能力。

土壤体积质量反映的是土壤颗粒间排列的紧实程度,同时也是计算孔隙度的必要数据,土壤体积质量越小则土壤孔隙度越大,土壤通透性、保水保肥性能越好,越有利于植物生长。由表1可以看出:在2003年和2004年的调查中,裸地体积质量最高(2.55 g/cm^3),孔隙度最小,林-草结合地体积质量最低(1.42 g/cm^3),孔隙度最大(39.27%),表明林-草结合地的根系发达,土壤空隙度大,其植被长势都较好,而土壤在退化过程中,确实存在总孔隙度减少,而体积质量增加的现象。

2.2 退耕还草对土壤肥力的影响

作为耕地的坡地退耕后,由于利用方式的变化,土壤肥力也发生相应的变化^[3-4],通过对退耕还草地中不同植被类型下的土壤样品进行比较分析,可以看出:退耕还草对土壤养分的影响是积极的。土壤有机质是评价土壤质量的一个重要指标^[5],它不仅能增强土壤的保肥和供肥能力,提高土壤养分的有效性,而且可以促进团粒结构的形成,改善土壤的透水性、蓄水能力及透气性,增强土壤的缓冲性。

在水土流失严重的土壤上,一些学者研究了牧草对土壤化学性状的影响,结果表明:草本植物枯枝落叶中灰分含量丰富,养分含量高且易于分解,对改善土壤肥力具有良好的作用。由图1可知,草地在建植2年后,各植被类型区土壤有机质含量较裸地有不同程度的提高,提高幅度在1.0%~24.6%之间,不同处理小区有所不同,禾豆混播草地提高最多,平均提高75.5%,禾本科单播、豆科单播草地次之(74%、70%),林-草结合地最低(56%)。在各处理小区中,林-草结合地的有机质含量在两年期间均是最高,依次为 90.7 g/kg (2002年)和 207.1 g/kg (2003年)。这是由于林-草结合地形成时间长,根系网络广,所以它的有机质含量最高,而退耕还草后的土壤中豆科单播地(171.5 g/kg)和禾豆混播地(203.3 g/kg)的有机质含量均高于禾本科单播地(110.2 g/kg),这与豆科植物的根系具有固氮能力有关,由此可以看出,退耕还草对于改善土壤的养分含量具有积极的作用。而退耕还草后不同植被类型对于土壤pH值的影响不太明显(图2),但较裸地而言,在植被覆盖下的土壤pH值有明显提高,提高幅度为8.0%~21.9%;其中禾豆混播地的变化最大。结果表明:在退耕还草地上由于地表植被的

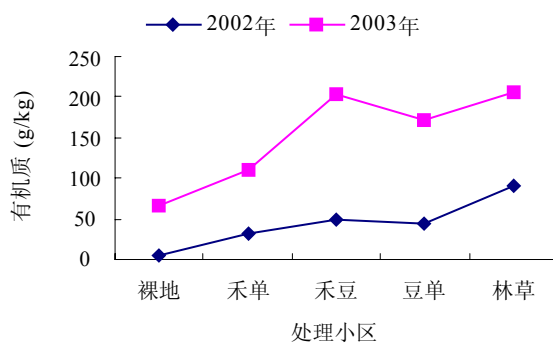


图1 各植被类型区有机质年际间变化

Fig. 1 Organic matter change of different vegetation

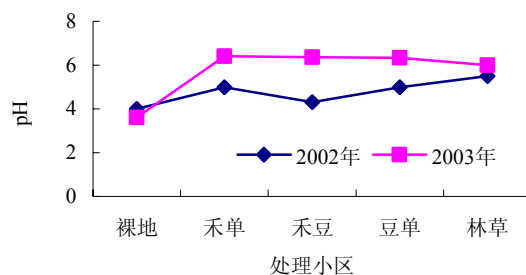


图2 各植被类型区 pH 值年际间变化

Fig. 2 pH change of different vegetation

恢复,使地面受水流冲刷的强度降低,径流带走的土壤养分数量减少,土壤的保水保肥能力提高。因此,对坡地退耕能够减少土壤中养分的流失,增强土壤腐殖化作用,促进土壤有机质形成、发育,显著提高土壤有机质含量水平,改善土壤肥力状况。

2.3 径流小区的径流量和泥沙量的变化分析

2002 年和 2003 年 5—9 月,在试验区具有代表性的相同坡度(11.5°)坡地上,进行了裸地与植被区的水保效益对比试验,试验期间共观测到 5 次产流。通过连续两年对径流小区的定位观测(表 2),可以看出:两年期间裸地的径流量大于植被区,这是因为植被区具有一定的植被覆盖,增强了分散和搬运泥沙水的能力,不易形成结盖,而裸地地表裸露,易形成结盖,从而降低土壤的入渗量。研究表明建植 1~5 年的苜蓿地比农田减少径流 33.1%,减少泥沙 37.5%^[6];红豆草草地比农田减少径流 15.8%,减少泥沙 73.5%^[7]。牧草可以使地表覆盖度增加,改善土壤结构,减少土壤侵蚀,增强土壤的稳定性^[8]。Fullen^[9]研究认为,陡坡坡度(>12°)的草地基本没有地表径流和土壤侵蚀发生,大多数降水可以渗入到草地土壤中,并以地下径流的方式被送到坡底。与 2003 年相比,植被区在 2002 年径流的效果较弱,这是由于牧草刚建植,5—6 月期间又特别干旱,牧草生长很差,随着植被的逐渐恢复,

植被覆盖处理的径流与裸地相比越来越少。植被覆盖区的径流量与裸地的百分比分别是 2002 年的 58.1%、52.84%、32.8%、40.3% 和 39.2%,2003 年 27.4%、21.6%、46.9%、30.5% 和 34.2%,植被控制径流的效果特别显著。在降雨初期,植物截留使水分在植株间缓慢流动,使得渗透增多,地表径流量减少,又因为洼地蓄水的初始损失以及初始高入渗损失,从而导致地下径流量大而地表径流量小。由表 2 还可以看出,植被覆盖区对泥沙流失量的影响与对径流的影响趋势一致,但其效果更明显,特别是 2003 年植被区的侵蚀量平均为 0.9 kg。在大量野外调查基础上建立的根系提高土壤抗冲机制的数学模型中,显示了根系因子与土壤抗冲性有很好的相关性^[10]。土壤的抗冲能力取决于根系的缠绕和固结作用,由于根系的盘绕和固结作用使得土壤紧实,并具有较高的水稳结构和抗蚀强度,从而不易被径流带走。根系还通过增加土壤有机质的含量来增强土壤的抗冲刷能力,当有植被覆盖时,坡面径流具有较强的分散和搬运泥沙的能力,从而使沉积沙量减少。而裸地情况则不同,由于地面裸露,水蚀、风蚀、重力侵蚀的频繁,致使土体疏松,土壤结构不稳定,因此在降雨时,裸地土壤的渗透能力和抵抗径流冲刷能力减弱,致使其易被径流冲刷,沉沙量大。这也就是植被覆盖区径流量小于裸地区径流量的情况下,其泥沙量也小于裸地区的原因。

表 2 径流小区降水、径流量、泥沙量统计分析结果

Table 2 Statistical analysis on runoff volume and quantity of sediment

降雨次数 (次)	径流量 (m ³ /hm ²)				泥沙量 (kg)			
	2002 年		2003 年		2002 年		2003 年	
	裸地	植被区	裸地	植被区	裸地	植被区	裸地	植被区
1	167.839	97.640	234.560	64.324	32.40	1.90	46.30	1.6
2	169.243	89.432	266.784	57.60	27.89	1.60	39.70	1.4
3	98.760	32.430	92.134	43.226	20.23	1.24	23.60	0.9
4	78.623	31.754	74.20	22.675	16.56	0.09	17.46	0.3
5	63.270	24.830	62.350	21.30	14.23	0.04	17.22	0.3

3 讨论

位于鹤庆县北衙乡西园村的山区地形复杂,气候多样,冬春干旱,夏季多雨,由于强大的生存压力,加之盲目的开垦,进而造成了生态环境的不平衡,水土流失严重。

(1) 在金沙江流域,通过退耕还草可以明显改

善土壤的物理性状,不同退耕还草方式对土壤物理性状的改善效果不同,林-草结合比单一草地更利于土壤物理性状的改善。单播牧草中豆科牧草较禾本科牧草的土壤体积质量、孔隙度等物理性状的改善效果较好,而豆禾混播效果最佳。退耕还草后,随生长年限的增加,牧草改善土壤物理性状的程度也有所不同。

(2) 退耕还草后, 草地土壤化学性质比裸地有明显的改善。不同牧草处理对牧草改善土壤化学性质的程度有较大影响。禾豆混播牧草对土壤化学性质的改善比单播牧草显著。单播牧草中, 禾本科牧草可以较大幅度地提高土壤有机质和 pH 值。

(3) 在退耕地上种植牧草后, 土坡的保水能力显著提高。在植物生长旺盛季节(6—7 月份), 人工草地和林-草结合地保持的水分均比裸地多, 人工草地保持的水分多于林-草结合地; 相同地类上, 退耕还草地土壤平均储水量, 在主要降雨时期(7—8 月份) 都比裸地大, 各类草地中, 禾本科单播草地保持水分的效果最好。试验结果与以往的研究结果相吻合。较裸地而言, 无论植被盖度还是土壤含水量的高低, 草被植物都起到了改善土壤结构(如降低土壤体积质量, 增加孔隙度) 增强土壤持水量和水分调节能力以及提高土壤有机质含量的作用。

(4) 最佳的水保配置模式不单只是草或林, 而应是林-草结合。在草地建成后, 结合当地情况, 种植具有水土保持作用的经济林木, 开展草地畜牧业生产的同时, 又能促进经济林木的生长, 提高当地农户收入。因此, 解决红壤地区水土流失问题改善生态环境, 应当林-草结合。

参考文献:

- [1] He QH, He YH, Bao WK. Research on Dynamics of soil moisture in Arid semiarid Mountainous Areas. *Journal of mountain Science*, 2003, 21 (2): 149-156
- [2] 何其华, 何永华, 包维楷. 干旱半干地区山地土壤水分动态变化. *山地学报*, 2003, 21 (2): 149-156
- [3] 袁春明. 长江上游云南松林水土保持生态效益的研究. *水土保持学报*, 2002, 16 (2): 87-90
- [4] 沈慧. 水土保持土壤肥力及其评价指标. *水土保持学报*, 2000, 14 (2): 60-65
- [5] 李学垣. 土壤化学. 北京: 高等教育出版社, 2001: 49
- [6] 韩玉峰, 茅庭玉. 几种多年生豆科牧草的水土保持效益. *草业科学*, 1995, 10 (2): 6-10
- [7] 张光辉, 梁一民. 植被盖度对水土保持功效影响的研究综述. *水土保持研究*, 1996, 3 (2): 104-110
- [8] 侯喜禄, 曹清玉. 陕北黄土丘陵区植被减沙效益研究. *水土保持通报*, 1990, 10 (2): 33-42
- [9] Fullen MA. A comparison of runoff and erosion rates on bare and grassed loamy sand soil. *Soil Use and Management*, 1991, 7 (3): 136-139
- [10] 傅涛. 坡耕地土壤侵蚀研究进展. *水土保持学报*, 2001, 15 (3): 123-130

Benefit of Forage on Water and Soil Conservation in Jinsha Valley

WEN Yi-fei, BI Yu-feng, DONG Ya-fang

(Animal Science Faculty, Yunnan Agriculture University, Kunming 650201, China)

Abstract: In order to evaluate the effect of incorporation of forage with forest and shrubby on erosion control, runoff plots were constructed in 2001 in Jinsha River Experimentation Demonstration Plots. The results of three years showed that forages and forest had very significant effects on controlling runoff and soil loss. The vegetation could reduce runoff speed and increase rainfall penetration remarkably, thus could reduce runoff and erosion. After grain for green, soil nutrient increased, soil bulk density decreased, soil physical and chemical characteristics improved, and plot production promoted greatly due to the interception and capture of the lost soil nutrient by forage.

Key word: Jinsha Valley, Grain for green, Benefit of water and soil conservation