

元谋干热河谷优势乡土草群落水土保持效益研究

张明忠¹, 何光熊¹, 方海东¹, 熊东红², 冉林³, 张宝军², 史亮涛¹

(1. 云南省农业科学院 热区生态农业研究所, 云南 元谋 651300; 2. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041; 3. 云南省元谋县水土保持办公室委员会, 云南 元谋 651300)

摘要:通过在金沙江元谋干热河谷不同坡度径流小区内人工构建优势乡土草群落, 研究了自然降雨对不同坡度径流小区产流量和泥沙量的影响。结果表明:不同径流小区产流量和土壤侵蚀模数与降雨量呈正相关, 与植被盖度呈负相关; 种植处理与对照 CK 差异显著, 且小区坡度越大越显著; 降雨利用率随坡度增加而减少, 而且乡土草植被群落盖度越大小区降雨利用率越高。通过构建乡土草群落能有效地降低水土流失, 增加降雨利用率, 且随着坡度增大, 水土流失治理效果越明显。

关键词:干热河谷; 乡土草; 侵蚀模数; 径流量; 水土保持

中图分类号: S157.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2017)02-0101-04

Effects of Dominant Native Grasses Constructed Communities on Soil and Water Conservation in Dry-Hot Valley of Yuanmou

ZHANG Mingzhong¹, HE Guangxiong¹, FANG Haidong¹,
XIONG Donghong², RAN Lin³, ZHANG Baojun², SHI Liangtao¹

(1. *Institute of Tropical Eco-Agricultural sciences, Yunnan Academy of Agriculture Sciences, Yuanmou, Yunnan 651300, China*; 2. *Institute of Mountain Hazards and Environment, China Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Chengdu 610041, China*; 3. *Soil and Water Conservation Office Committee of Yuanmou county, Yuanmou, Yunnan 651300, China*)

Abstract: Dominant native grasses were assembled for constructing communities in different slope runoff monitoring sites, and their effects and efficiencies on water and soil loss were examined under Yuanmou dry-hot valley conditions. The observation results from 2013 to 2015 showed that runoff generations and soil erosion modulus were positively correlated with rainfall ($p < 0.05$); soil and water losses were significantly different between constructed native grasses community sites and CK sites, runoff generations and soil erosion modulus increased with the rise of slope gradients across all communities and CK sites; in contract, water utilization efficiencies of constructed native grass communities reduced with the increase of site slope gradients, and rose with increase of community coverage. The above results suggested that planted native grass communities significantly reduced water and soil loss and improved the reutilization of rainfall, and the reduction of soil and water loss was more obvious with the increase of slope gradient, which reveled that it could be more efficient when those communities were built in steep sloping lands in hilly.

Keywords: dry-hot valley; native grass; soil erosion modulus; runoff generation; soil and water conservation

金沙江干热河谷区气候炎热干旱, 水土流失强烈, 土地退化严重, 干热少雨的气候环境和复杂的土壤质地造就了天下元谋土林奇观的美誉。元谋干热河谷面积 67 hm², 气候干旱, 植被稀疏, 降雨集中, 高温持续时间长, 土壤质地复杂等诸多因素是导致该区水土流失严重的主要原因。严重的坡地水土流失导

致农业资源遭到破坏, 生态环境恶化, 土壤退化严重, 土地生产力降低, 影响水资源的有效利用^[1-2], 人工植被建植是一种常用且有效的生物防治水土流失措施^[3], 大量研究表明, 植被建植对水土流失具有很好的防治效果, 可固土改土、明显减少地表径流和土壤侵蚀量^[4-5]。为遏制该区的土壤流失, 拟利用优势乡

土草植物资源拦截降雨,研究其对土壤的侵蚀的影响。乡土草具有抗旱能力和适应性强,生物量高,稳定性好,管理简便等优势,地下根系及种子具有“野火烧不尽,春风吹又生”的效果。十五期间以来,纪中华^[6]利用罗望子等乔灌木对水土保持效益研究评价,张映翠^[7]利用乡土草本植物与退化土壤间的相互作用为切入点对该区生态环境和效益及土壤修复改良做了大量研究,但对乡土植被与地面水土流失方面没有更多的阐述。本文重点利用乡土草被对土壤退化区在不同坡度和盖度条件下阻止水土流失及有效降雨利用率方面进行相应研究。

1 研究区概况

试验区位于云南省农业科学院热区生态农业研究所苴林试验地内,处于金沙江元谋干热河谷区。该区气候干旱燥热,海拔 1 088~1 167 m,土壤水分低于凋萎湿度的时期长达 7~8 个月。光热充沛,气候炎热干燥,旱湿季分明,干热少雨,蒸发量是降水量的 6.4 倍,年均气温 21.9℃,极端最高温 42℃,极端最低温 -2℃,≥12℃ 的持续天数 349 d,≥10℃ 积温 7 786℃,是典型的南亚热带季风河谷干热气候;年降水量 600~800 mm,集中在 5—9 月,土壤属干热燥红土,土壤贫瘠,中性偏酸^[8]。

2 试验设计与研究方法

在野外试验地用砖切成高于地面规格(L×W×H)为 2.5 m×25 m×1 m 的径流小区,每个径流场彼此平行相邻,供试土壤为清除杂质的压碎的紫色土壤,填平径流场,并平整小区土壤表面,土壤表面低于径流场隔埂 10 cm 以上,以防强降雨对相邻小区的影响。试验坡度设置为 5°,10°,20°三种,每个径流小区坡底部的径流池分别有大小各一个,规格(L×W×H)分别为 1.0 m×1.0 m×1.0 m 和 1.0 m×1.0 m×0.5 m,分别用来收集地表径流和地下壤中流。径流场和径流池及连接的径流槽内侧均用水泥砂浆抹平,其间用 PVC 管链接产生的径流到径流池中。土壤底部保持与土面相同坡度收集壤中流于小区底部下端,用 PVC 管导出测定壤中流量。小区坡面下部用集流装置收集地表径流;底端土壤表面用管槽接入大径流池,测定每次产生的径流量和泥沙含量。在植被处理小区内等量混播种植乡土草种扭黄茅(*Heteropogon contours* L. Beauv.)和三芒草(*Andropogon chinensis*),每个坡度设置一个对照 CK(无植被种植),种植处理区 3 个重复。定植当年

2013 年开始连续 3 a 雨季测定降雨量和每次每个径流场产生的径流量,并充分搅拌均匀后,取样 500~1 000 ml 进行过滤,将泥沙烘干、称量,把烘干样放于干燥器保留,折算径流量及土壤侵蚀量,同时把径流池清理干净以便承接下次径流。采用虹吸式自计雨量计观测降雨量。待雨季过后,完成全年取样。加和计算各次数据,得到全年径流量和土壤侵蚀量以及降雨利用率。降雨利用率=(当年降雨量-径流量)×100%/当年降雨量,其中把径流量按单位面积折换成降雨量,即径流量/小区面积×1 000。

3 结果与分析

3.1 草本覆盖下不同坡度对降雨产生的径流和土壤侵蚀量的影响

降雨量、降雨强度及降雨历时等降雨特征对降雨径流输沙的形成有重要影响^[9-10]。降雨类型与水土流失的程度、分布规律、发生频率等特征都存在着极为密切的关系^[11-13]。2013—2015 年连续三年各年降雨量分别为 762.9,520.8,659.2 mm。在 3 种坡度的对照 CK 小区,所有侵蚀模数随坡度增加而增大,坡度越大,侵蚀模数越大。2014 年 5°至 20°CK 从 147.33 t/km² 猛增加到 2 358.15 t/km²,其中 5°与 10°坡度增幅不明显,20°坡度增幅显著。同等坡度下种植乡土草的小区侵蚀模数均较 CK 小,在未种植植被的 CK 小区 5°与 10°坡度土壤侵蚀模数随时间而增加,20°坡度小区的土壤侵蚀模数略有降低;而种植有乡土草植被的小区土壤侵蚀模数均随种植年限而减少,20°坡度小区在 2015 年增加降雨量的前提下减少量较大,从 2014 年的 174.73 t/km² 到次年的 31.21 t/km²。数据表明:无植被的 CK 产生的径流和泥沙均高于有植被的小区,而且产沙量随坡度的增大而增多,5°与 10°缓坡对水土流失具有一定的缓冲作用,水土流失明显低于 20°坡度的径流及侵蚀模数,20°陡坡无植被对照区水土流失严重;而同等坡度下,植被覆盖产生的径流和侵蚀模数均高于无植被的 CK 小区,坡度越大,结果越明显。种植 3 a 后 2015 年植被覆盖区 3 个坡度下土壤侵蚀模数变化不显著,均在 30~40 t/km² 范围内。而无植被的对照区坡度越大,水土流失越严重,说明该类乡土草被对建植不同坡度群落具有较好的水土保持效应。

3.2 草本植被对降雨产生的径流和土壤侵蚀量的影响

植被定植当年,植被的稳定性和地面及地下的生物量都在逐年增加,特别是植被的盖度对小区的径流

和土壤侵蚀模数影响较大。种植小区乡土植被盖度从种植当年的 70%~80%到第三年的 90%~100%。植被覆盖度的增加会拦截降雨,降低降雨能量,进而减少降雨侵蚀力^[14-15],植被能够改善流域表层土壤结构、物理化学和水文性质以及微地形,这些性质的改变会进一步影响水土流失^[16-17]。而增加植被覆盖可以减缓降雨对坡面土壤侵蚀的影响^[18],且具有很好的水土保持效益,已被国内外诸多学者证实^[19-20]。Xu^[21]等在对中国西南一个干热河谷中的 3 种植物形态学特征对地表径流和土壤流失的影响的研究中指出,随着植物覆盖度的增加,地表径流量和土壤侵蚀量显著降低。植被盖度是影响水土流失的一项重要指标,随着植物总盖度的增加,平均地表径流量和土

壤侵蚀量呈现减小趋势^[22]。植被覆盖有效地防止了水土流失,随着植物总覆盖度的增加,平均地表径流量和土壤侵蚀量呈现减小的趋势^[23]。表 1 中数据表明:20°的大坡度无植被区地表径流量和土壤侵蚀量均明显加剧,而有植被小区对地表径流量和土壤侵蚀量具有较强的作用。20°坡度 CK 最高土壤侵蚀模数和地表径流量分别达到 2 358.15 t/km²,86 621 m³/km²,而植被区最低是 2015 年 20°坡度,其盖度从种植当年的 80%到第二年为 90%,第三年后达到 100%,产生的土壤侵蚀模数和地表径流量为 31.21 t/km²,15 668 m³/km²,高坡度植被区与 CK 两者数据相差甚大,说明大坡度下建植乡土植被具有明显的水土保持效益。

表 1 2013—2015 年三种坡度的土壤侵蚀模数和产生的径流量

坡度	处理	土壤侵蚀模数/(t·km ⁻²)			径流量/(m ³ ·km ⁻²)		
		2013 年	2014 年	2015 年	2013 年	2014 年	2015 年
5°	CK		147.33a	212.11b		58386A	67647A
	植被		112.33a	37.97c		29973B	16509C
10°	CK	177.90a	240.01b	269.67a	43653A	41244A	48242A
	植被	82.64c	32.43c	39.19c	32286B	16114B	11242C
20°	CK	894.69b	2358.15a	2190.05a	62602B	86621A	79406B
	植被	174.73b	202.78a	31.21c	42145B	21297C	15668C

注:小写和大写分别表示 *t* 测验在 0.05,0.01 水平上差异显著。植被区数值均为平均值,2013 年为试验初期,对低坡度当时没有考虑,在 2014 年第二年做试验过程中才开始完善补充 5°坡度,所以 2013 年 5°坡度没有相应的数据。

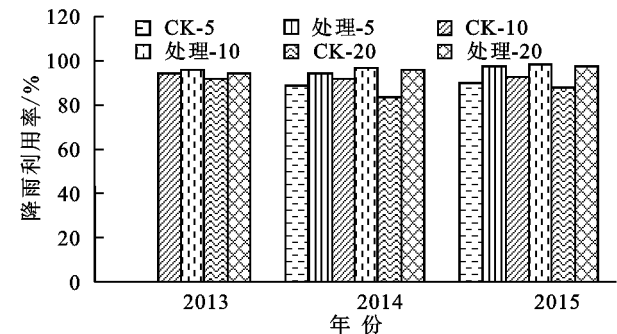


图 1 2013—2015 年四种坡度各小区的有效降雨利用率

4 讨论与结论

4.1 讨论

降雨量是影响地表径流量和土壤侵蚀量的一个重要因素但不是唯一因素,它与植被覆盖、坡度等因素共同影响着地表径流量和土壤侵蚀量,随降雨量增加,植被对控制土壤侵蚀量产生的作用更加明显。地表径流和土壤侵蚀量不仅受降雨量的影响,同时受地上植被等其他因素的影响。在降雨量较小时,植被的截流效果更明显,但是当降雨量较大时植被覆盖对控制土壤侵蚀量的效果更明显^[24]。降雨利用率的高低取同样决于雨强、土壤性状和地表植被覆盖物等诸多

因素,坡度对坡面侵蚀产沙的影响随雨强的增大而增强^[25]。对植被覆盖的小区,地上生物量与地表的枯落物相对具有一定的缓解作用,正如一些学者^[26-27]所述,地面植被对降雨与地表的冲刷有一定的防治效果。同时,地下根系吸附壤中流减少径流损失,增加降雨利用率起到促进作用。图 1 表明:在降雨利用率方面,无论那个坡度,有植被处理的小区均比 CK 的降雨利用率高。降雨利用率最高的是 2015 年度 10 坡度植被覆盖区达到 98.29%,从数据表得知,CK 小区坡度越大,降雨利用率越小,最低约在 83%,而在平坡上的植被区降雨利用率达到 98%。

4.2 结论

- (1) 该 2 种乡土草被植物在陡坡下拦截泥沙和径流量作用比缓坡明显,草被种植 3 a 后坡度对水土保持效益不明显。
- (2) 同等坡度下植被种植小区径流模数和径流量均比 CK 低。
- (3) 植被盖度越大,径流模数和径流量越小。

参考文献:

[1] 王晓东,袁仁茂,王烨.西部开发中水土流失问题的生态角度透视[J].水土保持研究,2001,8(2):104-106.

- [2] 吕俊杰,杨浩. 水土流失对水环境影响研究进展[J]. 土壤, 2003, 35(3): 198-203.
- [3] 李鹏,李占斌,张兴昌. 草灌植被拦蓄径流和泥沙有效性研究[J]. 水土保持学报, 2002, 16(1): 32-34.
- [4] 米艳华,潘艳华,沙凌杰,等. 云南红壤坡耕地的水土流失及其综合治理[J]. 水土保持学报, 2006, 20(2): 17-21.
- [5] 刘斌,罗全华,常文哲,等. 不同林草植被覆盖度的水土保持效益及适宜植被覆盖度[J]. 中国水土保持科学, 2008, 6(6): 68-73.
- [6] 纪中华,李建增,沙毓沧,等. 元谋干热河谷退化坡地罗望子人工林水土保持效益[J]. 水土保持学报, 2011, 25(4): 63-65.
- [7] 张映翠. 乡土草本植物对干热河谷退化土壤修复的生态效应及机制研究[D]. 重庆:西南农业大学, 2005.
- [8] 张明忠,史亮涛,龙会英,等. 灌溉对柱花草和坚尼草产量与品质的影响[J]. 草业科学, 2011, 28(12): 2175-2178.
- [9] Bi H X, Liu B, Wu J, et al. Effects of precipitation and landuse on runoff during the past 50 years in a typical watershed in the loess plateau, China [J]. International Journal of Sediment Research, 2009, 24(3): 352-364.
- [10] 李广,黄高宝. 雨强和土地利用方式对黄土丘陵区水土流失的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(11): 85-90.
- [11] Fang H Y, Cai Q G, Chen H, et al. Effect of rainfall regime and slope on runoff in a gullied loess region on the loess plateau in China[J]. Environmental Management, 2008, 42(3): 402-411.
- [12] Fang N F, Shi Z H, Li L, et al. The effects of rainfall regimes and land use changes on runoff and soil loss in a small mountainous watershed[J]. Catena, 2012, 99(4): 1-8.
- [13] Wei W, Chen L D, Fu B J, et al. The effect of land uses and rainfall regimes on runoff and soil erosion in the semi-arid loess hilly area, China [J]. Journal of Hydrology, 2007, 335(3/4): 247-258.
- [14] 朱冰冰,李占斌,李鹏,等. 草本植被覆盖对坡面降雨径流侵蚀影响的试验研究[J]. 土壤学报, 2010, 47(3): 401-407.
- [15] 徐宪立,马克明,傅伯杰,等. 植被与水土流失关系研究进展[J]. 生态学报, 2006, 26(9): 3137-3143.
- [16] 查轩,唐克丽,张科利,等. 植被对土壤特性及土壤侵蚀的影响研究[J]. 水土保持学报, 1992, 6(2): 52-59.
- [17] 王升,王全九,赵伟,等. 黄土坡面不同植被覆盖度下产流产沙与养分流失规律[J]. 水土保持学报, 2012, 26(4): 23-27.
- [18] Sarah M W, Paul V D. The impact of land use on soil carbon in Miombo woodlands of Malawi[J]. Forest Ecology and Management, 2004, 203(1/3): 345-360.
- [19] Sagger S, Yeates G W, Shepherd T G. Cultivation effects on soil biological properties, micro fauna and organic matter dynamics in Eutric Gleysol and Gleyic Luvisol soils in New Zealand [J]. Soil & Tillage Research, 2001, 58(1/2): 55-68.
- [20] 毛艳玲,杨玉盛,邢世和,等. 土地利用方式对土壤水稳性团聚体有机碳的影响[J]. 水土保持学报, 2008, 22(4): 132-137.
- [21] Xu X L, Ma K M, Fu B J, et al. Influence of three plant species with different morphologies on water runoff and soil loss in a dry-warm river valley, SW China[J]. Forest Ecology and Management, 2008, 256(4): 656-663.
- [22] 刘斌,罗全华,常文哲,等. 不同林草植被覆盖度的水土保持效益及适宜植被覆盖度[J]. 中国水土保持科学, 2008, 6(6): 68-73.
- [23] 伍红琳,张辉,孙庆业. 坡面人工植物群落修复对水土流失及控磷的影响[J]. 水土保持学报, 2011, 25(3): 26-30.
- [24] 张会茹,郑粉莉. 不同降雨强度下地面坡度对红壤坡面土壤侵蚀过程的影响[J]. 水土保持学报, 2011, 25(3): 40-43.
- [25] 朱永杰,毕华兴,霍云梅,等. 坡度与降雨强度对狗牙根草地产流的影响[J]. 中国水土保持科学, 2015, 13(6): 20-25.
- [26] Zhang M Z, Zhu H Y, Jin J, et al. Grass Litter Decomposition Rate and Water-Holding Capacity in Dry-Hot Valley of Jinshajiang River[J]. Wuhan University Journal of Natural Sciences, 2009, 14(1): 92-96.
- [27] 孙铁军,刘素军,武菊英,等. 6种禾草坡地水土保持效果的比较研究[J]. 水土保持学报, 2008, 22(3): 158-162.