

四川紫色土丘陵区农林系统的水土保持作用

刘刚才¹,朱波¹,林三益²,张先婉¹

(1 中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所,成都 610041; 2 四川大学,成都 610015)

摘 要:以中科院盐亭紫色土农业生态试验站的历年有关资料为基础,研究结果表明:林地侵蚀模数较草地的高出约 30 %,径流模数则减少 45 %;林区耕地的侵蚀模数和径流模数较草地耕地的分别减少约 70 %和 25 %,表明农林复合生态系统(AAS)对耕地有较明显的水土保持作用。农林复合生态系统其年均径流量为非农林复合系统(NAAS)的 1/2,洪峰模数相对后者削减约 40 %,表明该系统对削减流域径流及其洪峰和防洪有明显作用。

关键词:农林复合系统;土壤侵蚀;丘陵区
中图分类号:S157, S156 **文献标识码:**A

已有研究表明,农林复合生态系统(Agro-forestry system)是一种可持续发展的系统^[1~4],是合理开发利用土地资源的一种有效模式。自 70 年代以来,四川省大力推广植树造林(以桉柏混交林为主),其中四川盐亭县林山乡就是一个典型的农林复合生态系统模式。80 年代以来,中科院盐亭紫色土农业生态试验站开始进行这种模式的有关观测,本文将进一步探讨农林系统的水土保持作用。

1 研究材料与方法

为了研究环境生态系统对该多目标管理体系的作用,我们选定了有林区(桉柏混交林区——AAS)和无林区(荒草坡区——NAAS)两集水区,进行长期定位试验,有关基本情况如下:

1.1 集水区的基本情况

两个集水区分别属于盐亭县林山乡西沟和红星乡刘家沟,同属弥江流域,相距约 6 km,自然经济条件基本相似,只是西沟流域的坡顶或坡坎陡坡处是桉柏混交林,而刘家沟的相应部位是荒草地。两地多年平均雨量为 825.7 mm,多年平均气温为 17.3 ℃,基本参数如表 1 所示。

表 1 有林区(AAS)和无林区(NAAS)的地形地貌

Table 1 The relief of AAS and NAAS

项目		AAS	NAAS
海拔(m)	最高	576.5	675.0
	最低	365.0	376.5
	相差	100.0	150.0
坡降比	上游	1:2	1:1.6
	中游	1:2.3	1:2.3
	下游	1:3.1	1:2.8
谷底宽(m)		80~100	50~80
流域面积(km ³)		4.38	1.66
沟长(m)		4.34	2.5
沟比降(km)		10.52	34.4
工程蓄水量(m ³)		94000	57000

1.2 径流观测场的基本特征

在有林区内设了林地(AL)和耕地(AA)径流场,在无林区内设了草地(GL)和耕地(GA)径流场,各自径流场的基本特征如表 2 所示。

收稿日期: 2001—07—29。
基金项目: 中科院成都山地所“种子基金”、世行贷款支持的“中国中西部环境管理与保护”。
作者简介: 刘刚才(1967—),男,四川安岳人,在职博士生,副研究员。主要从事水土保持、水文水资源和农业生态等研究,发表论文 20 余篇。Tel: 028—5235869; E-mail: gangcailiu@hotmail.com.

表 2 集水区内各径流场的基本特征
Table 2 The basic features of both basins

项目	AAS		NAAS	
	林地	耕地	草地	耕地
地形部位	分水岭旁	二台地	分水岭旁	二台地
面积(ha)	0.26	0.31	0.37	0.22
岩石	砂岩占 70% 以上	泥岩占 80% 以上	砂岩占 70% 以上	泥岩占 80% 以上
坡度(°)	32	2~4	32	5~10
土层厚度(cm)	20~30	>100	20~30	>100
耻容重(g/cm ³)	1.32~1.35	1.27~1.49	1.28~1.33	1.21~1.49
植被状况	桉柏混交林, 树龄>10 a 树高>10 m, 荫闭度>0.7 m	小春: 油菜—玉米; 大春: 玉米—甘薯。	白茅草为主, 另有扭黄 茅、袁草、地瓜藤等, 盖 度达 60%~70%。	小春: 油菜—玉米; 大春: 玉米—甘薯。

从以上两表看出, 两研究区域的基本特征是相似的。差异明显的是沟比降, 对洪流的可比性有一定影响, 但可根据水文手册^[3]进行校正。

1.3 观测方法

各径流场水土流失观测系统的设置和测定方法, 以及所测得结果的侵蚀模数 EQ 和径流系数 RC 的表示方法同作者的前文; 在两小流域溪流出口处设置三角径流观测堰, 用自计水位仪测定水位而计算流域的径流模数; 水稳定性团聚体含量用筛分法^[4]测定。

结果与讨论

2.1 桉柏混交林对土壤侵蚀的影响

表 3 是多年观测结果的一部分, 反映出林地侵蚀模数(95.0)较草地的(73.7)高出 30 %, 而产流模数较草地减少 45 %。不过, 两集水区的这两种模数的差异未达显著水平, 表明林地有保水蓄水的作用、减少径流外泄的趋势, 但同时, 林地本身的土壤侵蚀较草地稍重一些, 这与国内外有关研究^[5,6]结果一致。

表 3 林地和草地的土壤侵蚀量 Table 3 Soil erosion quantity of agro-forestation and grass land				
年份	EQ		RC	
	林地	草地	林地	草地
1990	85.5	62.2	7.4	13.5
1991	71.0	53.8	801	14.8
1992	132.5	112.2	19.4	32.8
1993	90.5	66.4	8.3	11.2
均值	95.0	73.7	10.8	18.1
方差	F=2.7		F=3.6	
分析	F _{0.05(1,6)} =6.0		F _{0.01(1,6)} =13.7	

从图 1 可得上述结果的进一步认识, 可以看出, 在土层 0 cm~20 cm 内, 林地的多级(1 mm~5 mm)水稳性团聚体都较草地少, 这揭示了林地一方面由于截雨而改变了雨滴特性, 增加了降雨侵蚀力, 另一方面, 其土壤本身的抗蚀性不如草地。

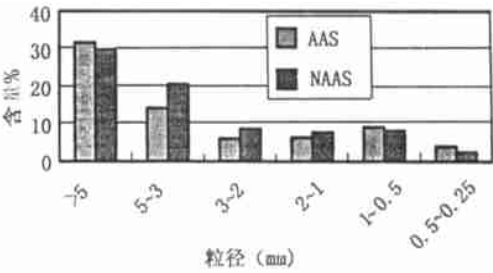


图 1 在 0 cm~20 cm 土层内林地和草地的水稳定性团聚体量
Fig. 1 The content of water-stable aggregates of 0 cm~20 cm soils for AAS and NAAS.

2.2 桉柏林混交林对农耕地的水土保持作用

表 4 说明, 林区耕地的水土流失量明显少于草区耕地, 特别是土壤流失量, 较草区的平均减少 71.3 %, 分析表明差异达极显著水平。因此建立耕作的多目标管理体系, 必须考虑支持系统的配合, 才能提高水土保持效益的水平。

2.3 桉柏混交林对流域的调蓄作用

桉柏混交林不仅对耕地有削减径流的作用, 对流域的径流也有调节作用。表 5 说明, 无林区年均流量模数是有林区的 2 倍之多, 二者差异达极显著水平, 说明桉柏混交林有极显著的调节径流、增加流域蓄水的作用。调蓄的水一方面用于桉柏混交林本身消耗, 另一方面供给流域其它系统的需要。

表 4 两集水区内耕地的水土流失状况

Table 4 the famland erosion quantity of both

年份	EQ			RC		
	AA	GA	$100(GA-AA)/GA$	AA	GA	$100(GA-AA)/GA$
1990	54.0	178.1	69.7	16.9	19.7	14.2
1991	91.1	342.8	73.4	14.8	22.4	33.9
1992	106.1	358.3	70.4	29.9	34.8	14.1
1993	93.8	332.6	71.8	16.5	24.4	32.1
均值	86.3	303.0	71.3	19.5	25.3	23.6
方差分析	F= 25.1			F= 1.3		

表 5 不同集水区域的年均径流量($L^3 \cdot km^{-2} \cdot s^{-1}$)

Table 5 The runoff quantity of averaged year basis for both basins

年份	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	均值
AAS	11.4	1.6	2.7	2.1	2.2	1.6	2.1	3.2	5.4	2.5	3.5
NAAS	10.3	3.5	9.8	4.4	6.2	14.1	10.7	2.8	9.4	5.2	7.6
方差分析	F= 7.6						$F_{0.05(1,18)}=4.4$; $F_{0.01(1,18)}=8.3$				

从不同月份两区的流量比较(图 2)来看,也揭示出上述同样的结果。其流量相差最大的在 8、9 月份,进一步反映了桉柏混交林在汛期有很好的调蓄洪水、涵养水源之作用。从图 3 更直观看出林网的调洪作用,图中列举的洪水过程线表明:有林区比无林区的(校正后的)洪峰模数削减了约 $115L^3 \cdot km^{-2} \cdot s^{-1}$,占 37 %,而且涨洪过程较缓,峰现时间有所推迟;洪水过程线路平坦,退洪过程延长。但是,与无

林区对比,有林区地下径流模数却增加。据 1982 年 8 月 2 日观测,在降雨量同为 49.7 mm 的条件下,有林区的径流模数为 $2680 m^3/km^2$,无林区为 $1230 m^3/km^2$,有林区比无林区净增约 1.2 倍。其它的洪水过程线也表明了同样的结果。因此,桉柏林混交林在汛期有很好的削洪、调蓄、涵养水源之作用,特别值得开发利用的是地下径流。如何进一步涵养地下径流,将是紫色砂泥岩丘陵区应当解决的问题。

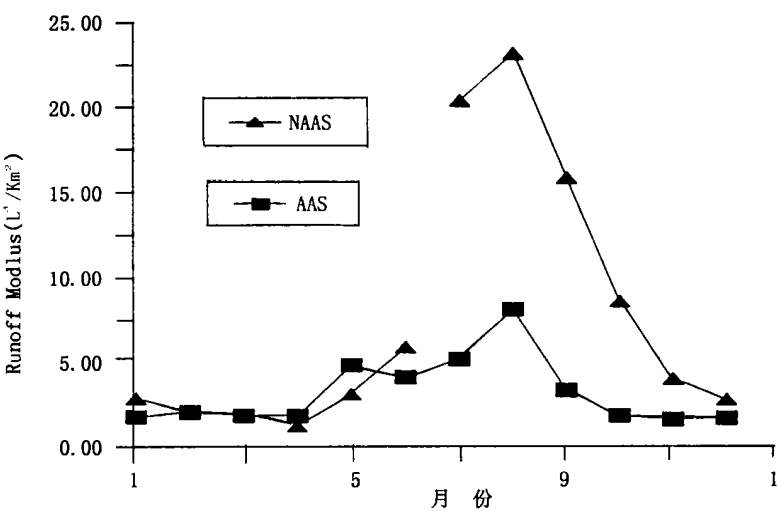


图 2 两区不同月份的流量模数比较

Fig. 2 The runoff modulus for both watersheds at different month

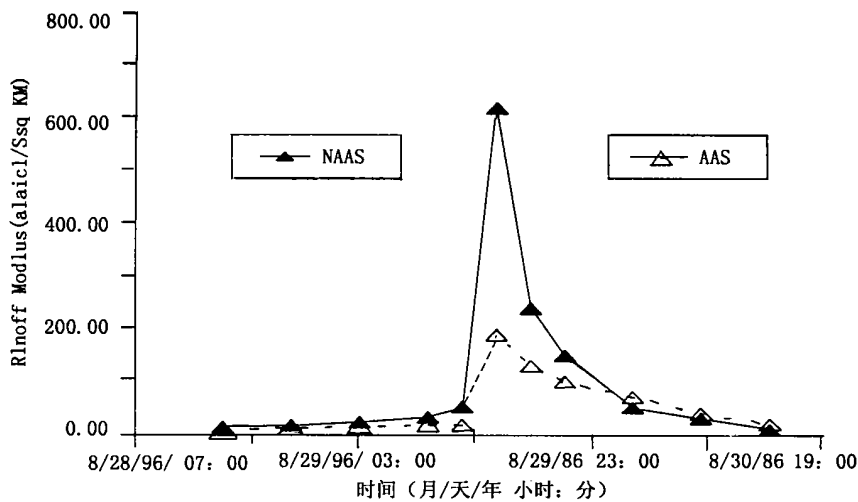


图 3 一次暴雨的洪水过程线

Fig. 3 A typical storm hydrograph for AAS and NAAS basin

再从枯水期两区的径流特征看(表 6), 林区的流量约为草区的一半, 差异未达极显著水平, 这与一般森林能增加枯水期流量的结果不一致。究其原因: 一是该区为人工林网带, 分布零星, 尤其是没有形成森林所特有的渗漏地表枯枝落叶层, 因此, 地表水较其它森林消失快; 由于紫色土渗漏层浅薄, 转化为深层地下水有限, 紫色岩大多数是砂泥岩互层、孔隙多, 这些特点又决定地下水(包括壤中流)流时也短。二是林地蒸散发消耗了较多水分, 加之林区高大的植被覆盖度较大, 又消耗了更多的水分, 进一步降低了林区枯水期的径流量。三是两区的水利设施尽管基本一致, 但冬水田的面积和管理不完全一样。

表 6 不同集水枯水期区域的年均径流量(L³·km⁻²·s⁻¹)

Table 6 The runoff modulus of averaged year basis at drought season

月份	10	11	12	1	2	3	均值
AAS	2.0	1.8	1.9	1.8	2.1	1.5	1.9
NAAS	8.8	4.2	3.2	2.9	2.0	2.0	3.9
方差	F= 3. 5						
分析	F _{0.05 (1,10)} = 5. 6; F _{0.01 (1,10)} = 10. 0						

3 结论

1. 农林复合系统对林区的耕地有较明显的水

土保持作用, 水土流失较对照区的分别减少 25 %和 70 %;

2. 农林复合区的年均径流模数为对照的 50 %, 其洪峰模数也减少约 40 %, 说明农林复合系统有较好的蓄流和防洪作用, 这与大多数的研究结果一致。

参考文献:

[1] 李文华. 中国农林复合系统[M] . 科学出版社, 北京, 1994.

[2] 河北省地质局地质水文四大队. 水文地质手册[M] . 地质出版社, 北京, 1978.

[3] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M] . 上海科学技术出版社, 上海, 1978.

[4] Napoleon, T. V. : Agroforestry: A Sustainable Land Use for Fragill Ecosystems in Humid Tropics. Pages in 7— 18 in H. L. Gholz, Ed: Agroforestry: Reatities, Possibilities and Potential. Martinus Nizhoff publisher, 1987.

[5] Shama, P. P. ; et al: Soil detachment by single raindrops of varying kinetic energy [J] . Soil Science Society of American Journal, 1991, 55: 301 ~ 233.

[6] Gregory, J. M. : Soil cover prediction with various amounts and types of crop residues [J] . American Society of Agricultural Engineering (ASAE), 1982, 25(5): 12 ~ 16.

The Impact of Agro-forestation System upon Soil Erosion in Purple Hilly Area of Sichuan, China

LIU Gang-cai¹, ZHU Bo¹, LIN San-yi², ZHANG Xian-wan¹

(1 *Institute of Mountain Hazard and Environment of Chinese Academy of Science and Water Resources Conservancy Ministry, Chengdu, 610041;*

2 *Sichuan University, Chengdu, 610015*)

Abstract: Agro-forestry system is believed as a kind of sustainable agro-ecosystem. In this paper, agro-forestation mainly inter-planted with Cypress and Alder (AAS) was investigated. The results based upon continuous data have shown the soil erosion rate of afforestation-land is higher by 30% than that of grassland, while the runoff modulus of the former is lower with 45% than that of the later. Meanwhile, AAS appeared a significant reduction of about 70% and 25% for soil and water loss of farming land respectively, and a notable reduction of 50% for runoff of basin and dropping peak-runoff of about 40%, comparing with the contrast system cultivated basin with no afforestation (NAAS). The results implicated AAS have the evident function of controlling farm-land erosion and palliating water flooding

Key words: agro-forestation, soil erosion, hilly area