

湘西山地不同植被类型的水土保持效益研究

李锡泉<sup>1</sup>, 田育新<sup>1</sup>, 袁正科<sup>1</sup>, 陈晓萍<sup>2</sup>, 何友军<sup>2</sup>, 孙圣团<sup>3</sup>  
( 1. 湖南省林业科学院, 长沙 410004; 2. 湖南省林业厅; 3. 慈利县林业局)

**摘 要:** 根据 6 种不同植被径观测流场资料分析发现: ① 荒山的坡面年产流量比 5 种有林地的坡面年产流量要大 11. 37%; 不同林分类型坡面年产流量相差 83. 19%; ④ 荒山坡面年产沙量、输沙率比有林地坡面要大 238% ~ 381%、335% ~ 779%; 天然次生林的坡面年产沙量、输沙率为经济林的 54. 35%、65. 45%, 林分保土效益大于保水效益 335 倍; ④ 林地土壤侵蚀模数逐渐减少, 造林 5 年后, 可使造林前的中度流失降低到轻度流失; ¼ 坡耕地土壤侵蚀模数为 5 580 t/(km<sup>2</sup> · a), 比荒山的土壤侵蚀模数还要大 110 t/(km<sup>2</sup> · a)。  
**关键词:** 径流量; 产沙量; 输沙率; 小流域  
**中图分类号:** S 157. 433      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1005-3409( 2003) 02-0123-03

Effects of Different Vegetative Types on Soil and Water Conservation at Erosion Areas

LI Xi-quan<sup>1</sup>, TIAN Yu-xin<sup>1</sup>, YU AN Zheng-ke<sup>1</sup>, CHEN Xiao-ping<sup>2</sup>, HE You-jun<sup>2</sup>, SUN Sheng-tuan<sup>3</sup>  
( 1. *Hunan Academy of Forestry, Changsha 410004, Hunan, China*; 2. *Hunan Forestry Department, Hunan, China*; 3. *Forestry Bureau of Cili County, Hunan, China*)

**Abstract:** Data collected from 6 runoff plots with different types of vegetation indicated that: 1) The annual flow at barren land slope was 11. 37% more than that at the other 5 forested land slopes; the difference of flow at slopes of forested lands with different vegetation was 83. 90%; 2) The annual sediment production and discharge at the barren land slope were respectively 238% ~ 381% and 335% ~ 779% more than those at slopes of forested land; and the sediment production and flow at the primary natural forest land were only 54. 3% and 65. 45% respectively of those from the economic forest land; the effects of soil conservation was 335 times as much as that of water conservation; 3) The specific erosion of forested land soil will decrease little by little, it's predicted that 5 years after afforestating, the severe and middle erosion area before afforestating will decrease; 4) The specific erosion at slope crop land was 5 580 t/(km<sup>2</sup> · a), which was 110 t/(km<sup>2</sup> · a) more than that at barren land.  
**Key words:** runoff flow; sediment production; sediment discharge; catchments

水土流失是不利的自然因素和人为的不合理经营等因素共同的结果。在诸多的人为因素中, 植被因素是一个最活跃的因素。植物的破坏会加速水土流失, 人工造林可以加快植被恢复, 减少水土流失, 对于这方面的研究甚多; 但是对不同植被类型保土、保水作用的差异研究不多。因此, 本文通过对一个小流域内 6 种不同地表植被和坡耕地为期 3 年观测、分析其作用的差异。

1 研究区自然概况

试验点位于湖南省慈利县女儿寨, 一个相对封闭的小流域, 北纬 29°30', 东经 110°10', 沟口海拔 210 m, 最高峰 917. 4 m。一级沟口控制面积 2. 81 km<sup>2</sup>, 二级沟口控制面积 0. 188

km<sup>2</sup>。母岩主要为板页岩、石灰岩, 土壤主要为山地黄壤。通过人工造林和封山育林方式, 主要植被类型有: 马尾松天然林、杉木人工林、杜仲人工林、油桐人工林、润楠、栎类—木—毛竹等杂灌林, 其中防护林占 65. 2%, 用材林占 17. 3%, 经济林占 17. 5%。观测设施建于 1996 年, 第二年开始观测至今。

2 试验设计

在一级沟口设一个巴歇尔量水槽, 二级沟口设一个 60°薄壁三角堰, 巴歇尔量水槽获取总沟口的径流、泥沙资料; 60°的薄壁三角堰获取二级沟口的径流、泥沙资料; 根据流域内植被类型, 选择 5 种主要植被类型径流小区和一个坡耕地

<sup>1</sup> 收稿日期: 2002-10-14  
基金项目: “十五”国家重点科技攻关项目 2001BA501B- 01- 06 子课题内容之一。  
作者简介: 李锡泉( 1956- ), 男, 湖南省华容县人, 副研究员, 主要从事森林生态、水土保持等方面的研究。

径流小区、一个 CK(荒山)径流小区,每个植被类型设 3 种重复,每个小区 100 m<sup>2</sup>,共 17 个径流观测小区,每次降水后,量取径流小区集水池中的水沙总量,然后,将就集水池中的水沙搅拌均匀,用量筒取 500 ml 水样,通过过滤、烘干测定泥

沙含量<sup>[1,2]</sup>。在流域内设小气候观测站一个。分别进行大气温度、湿度、降水、蒸发、地面温度、地下温度等观测。径流小区情况见表 1、表 2。

表 1 各径流小区的土壤物理特征

样地号	地形	坡位	坡向	坡度/°	母岩	土类	质地	土层厚 /cm	含水量 /%	非毛孔隙度 /%	渗透速度 /(mm·min <sup>-1</sup> )
001	低山	坡下	南坡	35	砂岩	红壤	砂壤土	55	10.91	6.88	2.3
002	低山	坡中	南坡	15	砂岩	红壤	砂壤土	75	11.63	12.14	9.2
003	低山	坡下	南坡	18	砂岩	黄红壤	轻壤土	40	15.76	10.23	4.2
004	低山	坡中	西坡	35	砂岩	黄红壤	轻壤土	80	16.01	8.63	5.1
005	低山	坡下	南坡	30	砂岩	黄红壤	砂壤土	90	17.05	9.85	9.2
006	低山	坡中	北坡	30	砂岩	黄壤	轻壤土	65	39.54	14.37	12.8
007	低山	坡中	南坡	40	砂岩	黄壤	轻壤土	65	11.29	11.65	9.1

表 2 径流小区的林分状况

样地号	群落名称	优势树种	株数 株	树高 /m	胸径 /cm	枝下 高度 /m	总 盖度 /%	乔层 盖度 /%	灌层 盖度 /%	草层 盖度 /%
001	CK	(荒山)					22			
002	马尾松林	马尾松	153	9.61	10.86	4.9	100	60	85	
003	杜仲林	杜仲	53	4.20	3.49	1.3	80	60	30	
004	坡耕地	油菜、甘薯								
005	油桐林	油桐	56	3.61	8.57	1.0	70	60	20	
006	润楠林	润楠	73	11.28	16.26	4.2	90	70	15	15
007	灌丛	(封山)					100	20	68	40

3 结果与分析

3.1 径流小区产流量的变化

本区属湿润地区,湿润地区的坡面产流方式主要有二种<sup>[3]</sup>:一种是蓄满产流,或称超蓄产流。所谓“蓄满”,是指土壤含水量达到田间持水量;蓄满产流是指在土湿满足田间持水量以前不产流,所有的降水都被土壤吸收;而在土湿满足田间持水量以后,所有的降水在减去同期蒸散发和土壤稳渗率后的产流。这种产流既有地表径流,也有地下径流。蓄满产流是湿润地区的主要产流方式。另一种是超渗产流,或称不蓄满产流,是指土湿未达到田间持水量以前因雨强大于土壤入渗率时的产流。这样产流完全是地表径流,没有地下径流。

通过连续多年对不同植被类型径流小区的定位观测,结果见表 3:

表 3 不同林分类型降水、径流统计分析表 m <sup>3</sup>				
径流小区	小区面积/m <sup>2</sup>	2000 年	2001 年	平均
降水量/mm		1417.1	934.4	1175.75
CK(荒山)	100	35.402	22.004	28.70
坡耕地	100	34.229	20.524	27.38
马尾松林分	100	30.841	18.526	24.68
封山育林(灌丛)	100	31.907	19.247	25.58
油桐林分	100	32.815	19.944	26.40
润楠原始次生林	100	29.681	17.724	23.70
杜仲林	100	35.566	21.411	28.49

从表 3 中可以看出:在年平均降水量为 1 175.75 mm 的

情况下:<sup>1</sup> CK(荒山)类型,坡面年产流为 0.287 0 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>;杜仲幼林坡面产流为 0.284 9 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>;坡耕地,坡面年产流为 0.273 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>,为对比类型(荒山)坡面年产流 95.40%;<sup>(四)</sup>马尾松林分,坡面年产流为 0.246 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>,为对比类型(荒山)坡面年产流 85.99%;<sup>¼</sup>封山育林(灌丛),坡面年产流为 0.255 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>,为对比类型(荒山)坡面年产流 89.13%;<sup>½</sup>油桐林分,坡面年产流为 0.264 0 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>,为对比类型(荒山)坡面年产流 91.99%;<sup>¾</sup>润楠天然次生林,坡面年产流为 0.237 0 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>,为对比类型(荒山)坡面年产流 82.58%。

经过比较分析,CK、杜仲、坡耕地 3 种坡面年产流量比有林地的平均坡面年产流量要大 11.37%。CK 比天然次生林坡面年产流量要大 21.09%。说明林分层次多、林冠层高,林冠截留面积大,降水到达林地坡面的年产流量比林分层次简单、林冠层低矮的林地坡面年产流量要小。如润楠天然次生林坡面年产流量比所有其它林地的产流量都低,比较杜仲幼林林地坡面年产流量少 20.2%,比 CK(荒山)坡面年产流量少 20.4%。这除了土壤的渗透系数差异以外,主要是因为林分的树冠对降水具有强大的截留作用,减少了大气降水到达林地的雨量,既相对减少了大气降水量所致<sup>[4]</sup>。

3.2 对坡面产沙量、输沙率的影响

坡面产沙量是指坡面产生地表径流后,由于地表径流对地表土壤的冲刷而引起的泥沙流失量,输沙率是指单位径流量中所含泥沙的量,与产沙量成正比。不同植被类型的产沙量、输沙率见表 4。

表 4 不同林分类型降水、泥沙量、输沙率统计分析表

径流小区	泥沙、径流量	小区面积/ $\text{m}^2$	2000 年	2001 年	平均
CK(荒山)	泥沙量/t	100	0.6895	0.4049	0.5470
	输沙率/ $(\text{t} \cdot \text{m}^{-3})$	100	0.0195	0.0184	0.0190
坡耕地	泥沙量/t	100	0.7236	0.3920	0.5580
	输沙率/ $(\text{t} \cdot \text{m}^{-3})$	100	0.0211	0.0191	0.0200
马尾松林分	泥沙量/t	100	0.121	0.0968	0.109
	输沙率/ $(\text{t} \cdot \text{m}^{-3})$	100	0.0039	0.0052	0.0046
封山育林(灌丛)	泥沙量/t	100	0.115	0.0807	0.0979
	输沙率/ $(\text{t} \cdot \text{m}^{-3})$	100	0.0036	0.0042	0.0034
油桐林分	泥沙量/t	100	0.151	0.0971	0.1241
	输沙率/ $(\text{t} \cdot \text{m}^{-3})$	100	0.0046	0.0049	0.0047
润楠天然次生林	泥沙量/t	100	0.0987	0.0687	0.0837
	输沙率/ $(\text{t} \cdot \text{m}^{-3})$	100	0.0033	0.00398	0.0036
杜仲林	泥沙量/t	100	0.1869	0.1208	0.154
	输沙率/ $(\text{t} \cdot \text{m}^{-3})$	100	0.0053	0.0056	0.0055

注: 2000 年降水量 1 417.1 mm, 2001 年降水量 934.4 mm, 平均降水量 1 175.75 mm。

从表 4 中可以看出: 2000 年降水 1 417.1 mm, 泥沙量以坡耕地最高。呈现出坡耕地> CK(荒山)> 杜仲幼林> 油桐林> 马尾松林> 封山育林> 润楠天然林的现象。2001 年降水 934.4 mm, 泥沙量的变化不大, 只是荒山大于坡耕地。这可能跟当年种植农作物品种有关, 输沙率也呈现同样的变化规律。

综上所述, CK(荒山)的坡面年产沙量、输沙率比坡耕地坡面要小 0.011 t/100 m<sup>2</sup>、0.001 t/m<sup>3</sup>; CK(荒山)的坡面年产沙量、输沙率比 5 种有林地坡面平均要大 283%~381%、335%~779%。说明植被层次越多、质量越好的林地坡面的年产沙量、输沙率比林分层次简单、林分质量较差的林地坡面要小。如天然次生林坡面年产沙量、输沙率为杜仲林的 54.35%、65.45%。这主要是因为: ①林分具有强大地下根系网络系统, 根系的强大缠绕、固结作用, 巩固和提高土壤的渗透性, 同时也强化了土壤的团聚能力, 大大地提高了土壤的抗侵蚀性; 植被层次越多、林分质量越好, 则根系的缠绕、固结作用就越强, 土壤的团聚能力就越大, 土壤的抗侵蚀能力就越大, 其坡面的年产沙量、输沙率就越小。④植被的树叶对降水具有强大的截留作用, 减少了大气降水到达地表的雨量, 还改变了降水到达地面的运动特征。降水在到达林地之前经过林冠层的有效拦截, 减低了雨滴到达地面的速度, 从而削弱了降水的动能, 减弱了雨滴对地表的溅击力, 从而直接保持了土壤, 减轻了土壤流失。④林分生长好、林地枯落物多, 对保护地表免遭冲击, 直接保护了土壤。另外, 枯落物越多, 增加了土壤有机质, 改善了土壤物理性能, 从而间接地保持了土壤水分, 呈良性循环之势。林分层次越多、林分质量越好, 这些作用就越强, 坡面年产沙量、输沙率就越小。

3.3 林地土壤涵水功能评价

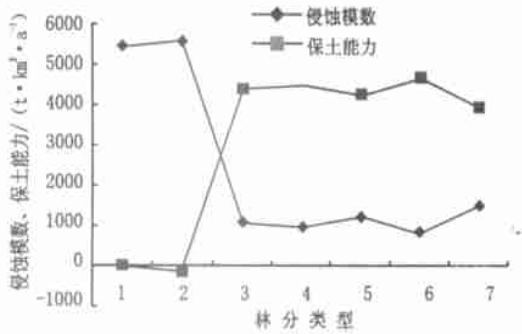
不同林分类型最大涵水能力、最大涵水深见表 5。

从表 5 中可看出: ①CK(荒山), 土壤最大涵水量为 378.4 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>、涵水深 37.84 mm。④坡耕地, 土壤最大涵水量为 690.4 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>、涵水深 69.04 mm, 为 CK 的 1.82 倍。④马尾松林分, 土壤最大涵水量为 910.5 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>、涵水深

91.05 mm, 为 CK 的 2.41 倍。④封山育林(灌丛), 土壤最大涵水量为 757.2 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>、涵水深 75.72 mm, 为 CK 的 2.00 倍。⑤油桐林分, 土壤最大涵水量为 3 886.5/hm<sup>2</sup>、涵水深 88.65 mm, 为 CK 的 2.34 倍。④润楠天然次生林, 土壤最大涵水量为 934.1 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>、涵水深 93.41 mm, 为 CK 的 2.47 倍。⑧杜仲林, 土壤最大涵水量为 409.2 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>、涵水深 40.92 mm, 为 CK 的 1.08 倍。由此可见, 林地土壤具有显著的涵水能力。

表 5 林地土壤最大涵水能力表

林分类型	非毛管孔隙度/%	土层深/cm	涵水量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2})$	涵水深/ $\text{mm}^{-1}$
CK(荒山)	6.88	55	378.4	37.84
坡耕地	8.63	80	690.4	69.04
马尾松林分	12.14	75	910.5	91.05
封山育林(灌丛)	11.65	65	757.2	75.72
油桐林分	9.85	90	886.5	88.65
润楠天然次生林	14.37	65	934.1	93.41
杜仲林	10.23	40	409.2	40.92



1——CK(荒山), 2——坡耕地, 3——杜仲林, 4——油桐林, 5——马尾松林, 6——封山育林(灌丛), 7——润楠天然次生林

图 1 主要林分类型林地土壤保土能力评价表

0.38 mg/L; 其缺点是系统较复杂, 操作管理要求严格且需投入 8.5 万元, 增加产品成本约 3.2%, 当然, 这对于保护人类及生态环境来说是完全值得的。

#### 4 结 语

综上所述, 把镀铬三废处理归结为对含铬人类及生态环境

#### 参考文献:

[ 1 ] 李茵. 兼氧技术应用于有机污泥的处理[ J ]. 化工环保, 2002( 2 ): 12.  
[ 2 ] 唐光临, 等. 铁屑法预处理焦化废水[ J ]. 重庆大学学报( 自然科学版 ), 2001( 5 ): 93.  
[ 3 ] 王淋, 等. 活性炭与超滤组合工艺深度处理饮用水[ J ]. 中国给水排水, 2002( 2 ): 10.  
[ 4 ] 苏德纯, 等. 油菜作为超面积植物修复铬污染土壤的潜力[ J ]. 中国环境科学, 2002( 1 ): 48.  
[ 5 ] 叶芬霞. 宁波地区海产品中铬污染现状研究[ J ]. 环境污染与防治, 2002( 2 ): 106.

( 上接第 125 页 )

#### 3.4 林地土壤保土能力评价

通过林地土壤物理性质的测定, 不同林分类型的林地土壤保土能力见图 1。

从图 1 中可以看出: ① CK (荒山), 侵蚀模数为 5 470 t/(km<sup>2</sup> · a), 保土能力为零(假设), 侵蚀程度属中度侵蚀; ④坡耕地, 侵蚀模数为 5 580 t/(km<sup>2</sup> · a), 保土能力为 - 110 t/(km<sup>2</sup> · a), 属中度侵蚀; ④马尾松林分, 侵蚀模数为 1 090 t/(km<sup>2</sup> · a), 保土能力为 4 380 t/(km<sup>2</sup> · a), 属轻度侵蚀; ④封山育林(灌丛), 侵蚀模数为 979 t/(km<sup>2</sup> · a), 保土能力为 4 491 t/(km<sup>2</sup> · a), 属轻度侵蚀; ⑤油桐林分, 侵蚀模数为 1 241 t/(km<sup>2</sup> · a), 保土能力为 4 229 t/(km<sup>2</sup> · a), 属轻度侵蚀; ⑥润楠天然次生林, 侵蚀模数为 837 t/(km<sup>2</sup> · a), 保土能力为 4 633 t/(km<sup>2</sup> · a), 属轻度侵蚀; ⑧杜仲林, 侵蚀模数为 1 540 t/(km<sup>2</sup> · a), 保土能力为 3930 t/(km<sup>2</sup> · a), 属轻度侵蚀。因此, 在除掉地形因素影响的前提下, 植树造林的保土作用是十分显著的。虽然本区的防护林还处在幼龄林阶段, 其林地土壤的保土能力还是比较强的, 5 种林地的侵蚀模数较 CK(荒山) 减少 3 930 ~ 4 633 t/(km<sup>2</sup> · a), 平均较坡耕地减少 4 442.6 t/(km<sup>2</sup> · a), 具有显著的保土能力, 对改变脆弱生态环境具有显著的作用。另外, 坡耕地是我省水土流失的另一个重要来源, 实施“退耕还林”是治理水土流失最有效的措施之一。

#### 4 结 语

(1) 通过分析, 防护林的保土效果大于保水效果。CK 比润楠天然次生林地产流量大 21.09%, 而产沙量、输沙率为

境造成严重污染的 Cr<sup>6+</sup> 的镀铬废水处理, 从而用双阴柱串联全饱和流程离子交换法处理镀铬废水, 实现了铬酸的直接回收利用, 解决了多年废水排放严重超标的问题。

553.52% 和 427.78%, 产流与产沙量相差 33.5 倍。

(2) 荒山的坡面年产流量比 5 种有林地的坡面年平均产流量要大 11.37%; 林分层次越多, 林分质量越好的林地坡面的年产流量比林分层次简单、林分质量较差的林地坡面年产流量要小, 如润楠天然次生林的坡面年产流量为杜仲林林分坡面年产流量的 83.19%。荒山(对比)的坡面年产沙量、输沙率比有林地坡面要大 238% ~ 331%、335% ~ 779%。林分层次越多、林分质量越好的林地坡面的年产沙量、输沙率比林分层次简单、林分质量较差的林地坡面要小, 如润楠天然次生林坡面年产沙量、输沙率为杜仲林的 54.35%、65.45%。

(3) 5 种林地可使土壤侵蚀模数下降 80.2%。杜仲、油桐下降较少, 土壤侵蚀模数比天然林大 84.7%。可能是因为追求幼林产量而每年垦复林地所致, 同时说明造林地的抚育对水土流失有一定的影响。

(4) 立地条件基本相同而林分类型不同其保持水土的效益相差较大。坡度较缓的马尾松林和杜仲林, 前者为封造结合的生态公益林, 后者为人工营造的经济林, 其径流量相差 10.2%、泥沙量相差 41.3%、输沙率相差 19.6%、侵蚀模数相差 41.3%; 坡度较大的润楠林和油桐林相比, 其径流量相差 11.4%、泥沙量相差 48.3%、输沙率相差 30.6%、侵蚀模数相差 48.3%。

(5) 坡耕地是我省水土流失的另一个重要来源, 坡耕地土壤侵蚀模数为 5 580 t/(km<sup>2</sup> · a), 比荒山的土壤侵蚀模数还要大 110 t/(km<sup>2</sup> · a)。所以, 实施“退耕还林”是一个治理水土流失, 改善生态环境的有效措施。

#### 参考文献:

[ 1 ] 赵人俊. 流域水文模型—新安江模型与陕北模型[ M ]. 北京: 水利电力出版社, 1984. 32- 33.  
[ 2 ] 马雪华. 森林水文学[ M ]. 北京: 中国林业出版社, 1993.  
[ 3 ] 田育新, 袁正科, 李锡泉, 等. 湘南丘陵区林下间种作物生产量与泥沙流失量的关系研究[ J ]. 湖南林业科技, 2000, 27( 3 ): 72- 77.  
[ 4 ] [ 苏 ] A X 瓦久尼娜, 等. 土壤及土质物理性质测定法[ M ]. 程云生等译. 北京: 科学出版社, 1965.