

湘南红壤区不同林分类型涵水保土效益研究

田育新¹, 李锡泉¹, 袁正科¹, 何友军², 陈晓萍², 倪爱平³

(1 湖南省林业科学院森林生态及环境研究所, 长沙 410004; 2 湖南省林业厅; 3 衡阳县林业局)

摘要: 通过对湘南丘陵区不同林分类型涵水保土效益的定位观测, 分别对林地的产流量、产沙量、输沙率、最大涵水能力及保土效果进行了探讨, 发现: CK 坡面的地表径流系数比有林地的地表径流系数要大 1.04~1.21 倍, 林分质量越好的林地坡面的径流系数比林分质量较差的林地坡面的径流系数要小; CK 坡面的产沙量、输沙率比有林地的产沙量、输沙率要大 2.80~3.73 倍, 2.58~3.26 倍; 林分质量越好的林地坡面的比林分质量较差的林地坡面的产沙量、输沙率要小; 湘南红壤区长江防护林的各种林分类型虽然还处于幼龄林阶段, 但其林地的保土、涵水能力还是比较强的, 其林地土壤的涵水能力为 CK 的 1.56~3.08 倍, 保土能力在 3 860 t/(km²·a)~4 390 t/(km²·a) 之间。

关键词: 径流系数; 产沙量; 输沙率; 林分类型; 湘南

中图分类号: S157; S714.7

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2002)04-0080-03

Studies on Benefit of Soil and Water Conservation of Different Forest Area Types in Red Soil Regions of South Hunan

TIAN Yu-xin¹, LI Xi-quan¹, YUAN Zheng-ke¹, HE You-jun², CHEN Xiao-ping², NI Ai-ping²

(1 Forestry Academy of Sciences of Hunan Province, Changsha 410004, Hunan Province, China;

2 Forestry Department of Hunan Province; 3 Forestry Bureau of Hengyang County)

Abstract: The 3 conclusions were summed up after the runoff, sediment yield, sediment transport rate, the biggest capacity of preserving water and soil were investigated according to the data of the orientation observation about benefit of soil and water conservation of the different forest area types in the red soil regions in South Hunan. First, the coefficient of runoff on the CK land is 1.04~1.21 times than that of woodland, and the coefficient of runoff on the land with better forest is smaller than that on the land with bad forest. Second, the sediment yield and sediment transport rate on the CK land are 2.80~3.73 times and 2.58~3.26 times than that of woodland, and sediment yield and sediment transport rate on the land with better forest are smaller than that on the land with bad forest. Third, although the protecting forest in the red soil regions in the South Hunan is young growth, the capacity of preserving water is 1.56~3.08 times than that of CK land, the effects of preserving soil reached 3 860 t/(km²·a)~4 390 t/(km²·a).

Key words: coefficient of runoff; sediment yield; sediment transport rate; forest area types; south Hunan

湘南红壤区是中国南方面积最大、垦殖指数最高、水土流失最为严重的区域, 曾一度成为“南方红色沙漠”。为了治理、改善这一区域生态环境, 1990 年纳入长江防护林工程进行启动, 至 2000 年底, 采取人工造林和封山育林的办法, 恢复植被 141.77 × 10⁴ hm²[1]。为了探讨不同森林植被类型的生态服务功能和估算长江防护林的生态效益, 我们结合长江防护林生态效益监测站的观测, 开展了该项研究。现将结果报告如下。

1 监测站概况

湘南红壤区长江防护林生态效益监测站位于衡阳县白水乡长冲村小流域, 地处北纬 27°05', 东经 112°18', 海拔 86~147 m。小流域面积 2.90 km², 二级沟口控制面积 0.153 km²。母岩主要为砂页岩, 土壤主要为红壤, 主要林分类型有: 国外松人工纯林、马尾松栎类天然林、含阔叶树的杉木萌芽林、油茶经济林等。

* 收稿日期: 2002-06-25

基金项目: “十五”国家重点科技攻关项目 2001BA501B-01-03 子课题研究内容之一。

作者简介: 田育新, 男, (1968-), 湖南省澧县人, 副研究员, 1993 年毕业于北京林业大学水土保持学院, 主要从事水土保持、森林生态等方面的研究, 发表论文 20 多篇。

2 研究方法

2.1 试验设计

在小流域内坡面上分 5 个典型林分类型共设置了 15 个 5 m × 20 m 的 100 m² 径流小区 (每个典型林分类型设 3 个重复), 在小流域具代表性的区域设标准小气候观测站一个。

2.2 研究方法

(1) 观测项目。降雨量、径流量、泥沙量等水文要素及各径流小区林分生长、发育状况。

(2) 方法。降水量的测定: 通过雨量筒和自记雨量计获取降水量、降水历时、降水过程等资料; 径流量的测定: 每次降水产流后, 在集水池内测量径流量; 泥沙含量测定: 每次降水

后, 将集水池中的水搅拌均匀, 用量筒取 500 ml 水样, 通过过滤、烘干测定泥沙含量。

(3) 观测时间。降水、径流、泥沙观测, 每天早上 8: 00 测定一次^[2, 3]。

(4) 径流小区的林分生长、发育状况及土壤物理特性: 植被调查方法^[4]和土壤物理特性^[5]按规程进行测定。

3 结果与分析

3.1 林分状况及土壤特性

根据小流域本底调查结果, 林分生长、发育状况见表 1, 土壤物理特征见表 2。

表 1 径流小区林分生长、发育状况表

样地号	群落名称	优势树种	树高 /m	胸径 /cm	枝下高 /m	总盖度 /%	乔层 盖度 /%	灌层 盖度 /%	草层 盖度 /%
001	国外松林	湿地松	6.77	8.87	3.2	90	65	35	15
002	马尾松、栎类天然林	马尾松	7.80	10.02	3.0	100	80	90	45
003	CK (荒地)					16		15	8
004	油茶林	油茶	2.80	10.62	0.8	100	65	85	10
005	混阔杉木萌芽林	杉木	4.00	7.50	1.2	98	90	20	3

表 2 径流小区土壤物理特性表

样地号	地形	坡位	坡向	坡度 /°	母岩	土类	质地	土厚 /cm	含水量 /%	非孔隙度/%	稳渗率/ (mm · m ⁻¹)
001	丘陵	坡下	东坡	25	砂页岩	红壤	轻壤土	52	12.84	12.58	0.51
002	丘陵	坡中	东坡	25	砂页岩	红壤	中壤土	70	15.49	14.37	0.92
003	丘陵	坡中	东南	25	砂页岩	红壤	轻壤土	50	10.13	6.54	0.22
004	丘陵	坡下	西坡	18	砂页岩	红壤	轻壤土	53	18.35	9.62	0.33
005	丘陵	坡下	西坡	25	砂页岩	红壤	中壤土	70	16.84	11.65	0.42

从表 1、表 2 中可以发现: 国外松林、马尾松栎类天然林、油茶林、混阔杉木萌芽林所处地形、坡位、坡度、母岩、土类、质地均与 CK (荒地) 基本相同, 所以, 我们在开展下面的各项研究时, 可以忽略因地形、坡位、坡度、母岩、土类、质地的不同而形成的系统误差。各典型林分及 CK (荒山) 之间的林分生长、发育状况差异显著。马尾松、栎类天然林的平均树高、胸径最大, 乔、灌、草的生长势及整个林分质量均较好; 其次为国外松林、混阔杉木萌芽林、油茶林, CK (荒山) 最差。

各典型林分及 CK (荒山) 之间的土壤物理特性差异很大。最大的土层厚度、非孔隙度、稳渗率 (K_{10})、含水量均比最小的要大 140%、219.7%、418.2%、142.9%, 而且这种变化与林分质量成正相关。林分质量越好, 则其土壤的土层厚度、非孔隙度、稳渗率 (K_{10})、含水量就越大。

3.2 对坡面地表径流量及径流系数的影响

通过对湘南红壤区不同林分类型的定位观测, 得到了荒山 (CK)、国外松、马尾松与栎类、油茶、杉木萌芽林分等五个林分类型的地表径流系数列入表 3。

表 3 不同林分类型降水量、地表径流系数表

径流小区	降水量 /mm	地表径流量 /m ³	地表径流系数	大小 排序
CK (荒山)	1438.8	23.024	0.1600	1
国外松林	1438.8	21.525	0.1496	3
马尾松、栎类林	1438.8	20.187	0.1403	5
油茶林	1438.8	22.384	0.1556	2
杉木萌芽林	1438.8	21.146	0.1470	4

从表 3 中可以看出: 在多年平均降水量为 1 438.8 mm 的情况下: CK (荒山), 坡面年产流为 23.024 m³、径流系数为 0.160; 国外松林分, 坡面年产流量为 21.525 m³、径流系数为 0.149 6, 为 CK (荒山) 93.50%; 马尾松、栎类混交林分, 坡面年产流为 20.187 m³、径流系数为 0.140 3, 为 CK (荒山) 87.69%; 油茶林分, 坡面年产流为 22.384 m³、径流系数为 0.155 6, 为 CK (荒山) 97.25%; 混阔杉木萌芽林分, 坡面年产流为 21.146 m³、径流系数为 0.147 0, 为 CK (荒山) 91.88%。地表径流系数从大到小的排列顺序为: CK (荒山) > 油茶林分 > 国外松林分 > 混阔杉木萌芽林分 > 马

尾松、栎类林分。

从上面不难发现,有林地的坡面年产流量及地表径流系数比CK(荒山)的要小;林分层次越多、林分质量越好的林地坡面年产流量及地表径流系数比林分层次相对较少、林分质量相对较差的林地坡面年产流量及地表径流系数小。

出现上述现象主要有二方面的原因:林分的树冠对降水具有强大的截流作用,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;林分层次越多、林分质量越好的林地土壤的渗透性越强,如马尾松、栎类天然林分林地土壤的稳渗率($K_{10}=0.92$)比油茶林分林地土壤的稳渗率($K_{10}=0.33$)要大 2.79 倍,从而使尽快地渗入土壤,地表径流相对减少,从而使坡面的产流量及地表径流系数相对减少。

3.3 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;输沙率是指地表径流单位水体所携带的泥沙量。从表 4 中可以看出:在年平均降水量为 1 438.8 mm 的情况下:CK(荒山),坡面年产沙量为 0.6 t/100 m²、输沙率为 0.026 1 t/m³;国外松林分,坡面年产沙量 0.195 t/100 m²,为对比类型(荒山)的 32.5%;输沙率为 0.009 1 t/m³,为CK(荒山)的 34.87%。马尾松、栎类天然林分,坡面年产沙量 0.161 t/100 m²,为CK(荒山)的 26.8%;输沙率为 0.008 0 t/m³,为CK(荒山)的 30.65%。

油茶林分,坡面年产沙量 0.184 t/100 m²,为CK(荒山)的 30.7%;输沙率为 0.008 2 t/m³,为CK(荒山)的 31.42%。混阔杉木萌芽林分,坡面年产沙量 0.214 t/100 m²,为CK(荒山)的 35.7%;输沙率为 0.010 1 t/m³,为CK(荒山)的 38.70%。

表 4 不同林分类型坡面产沙量及输沙率表

径流小区	泥沙、径流量	平均
	降水量/mm	1438.8
CK (荒山)	泥沙量/(t·hm ⁻²)	60
	输沙率/(t·m ⁻³)	0.0261
国外松 林分	泥沙量/(t·hm ⁻²)	19.5
	输沙率/(t·m ⁻³)	0.0091
马尾松、栎类 天然林分	泥沙量/(t·hm ⁻²)	16.1
	输沙率/(t·m ⁻³)	0.008
油茶 林分	泥沙量/(t·hm ⁻²)	18.4
	输沙率/(t·m ⁻³)	0.0082
混阔杉木 萌芽林分	泥沙量/(t·hm ⁻²)	21.4
	输沙率/(t·m ⁻³)	0.0101

综上所述,CK(荒山)的坡面年产沙量、输沙率比有林地坡面要大 2.80~3.73 倍、2.58~3.26 倍;林分层次越多、林分质量越好的林地坡面的年产沙量、输沙率比林分层次相对简单、林分质量相对较差的林地坡面要小,如马尾松、栎类天然林分坡面年产沙量、输沙率为杉木萌芽林的 75.23%、79.21%。这主要是因为:林分具有强大的地下根系网络系统,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蚀、抗冲性;林分层次越多、林分质量越好,根系的缠绕、固结作

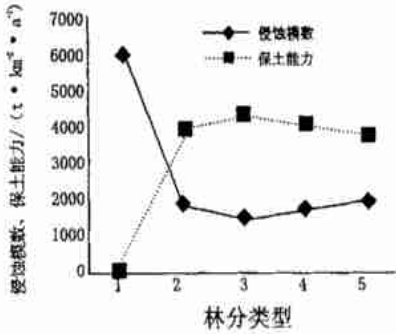
用就越强,土壤的团聚能力就越大,土壤的抗蚀、抗冲性能力就越大,其坡面的年产沙量、输沙率也就越小。林分的树冠对降水具有强大的截流作用,减少了大气降水到达林地的雨量,同时还改变了降水到达地面的运动特征。降水在到达地面之前经过林冠层的有效拦截,减低了雨滴到达地面的速度,从而削弱了降水的动能,减弱了雨滴对地表的溅击力,减轻了土壤流失。林分层次越多、林分质量越好,这种削弱作用就越强,坡面年产沙量、输沙率就越小。

3.4 林地土壤的涵水、保土能力评价

林地土壤最大涵水能力(m^3/hm^2)= $10\,000(m^2) \times$ 非毛管孔隙度(%) \times 土层深(m);林地土壤最大涵水深(mm)= $100 \times$ 非毛管孔隙度(%) \times 土层深(m);保土能力=现林地土壤侵蚀模数-荒山(对比)土壤侵蚀模数。湘南红壤区不同林分类型的林地土壤最大涵水能力和保土能力见表 5、图 1。

表 5 主要林分类型林地土壤涵水能力表

林分 类型	非毛管 孔隙度%	土层深 /cm	涵水量 /(m ³ ·hm ⁻²)	涵水深 /mm
CK(荒山)	6.54	50	327.0	32.7
国外松林	12.58	52	654.2	65.4
马尾松、栎类林	14.37	70	1005.9	100.6
油茶林分	9.62	53	509.9	51.0
杉木林	11.65	70	815.5	81.6



注:1—CK(对比);2—国外松林分;3—马尾松、栎类天然林分;4—油茶林分;5—混阔杉木萌芽林分

图 1 不同林分类型林地保土能力图

从表 5、图 1 中可以看出:CK(荒山),林地土壤最大涵水量为 327.0 m³/hm²,最大涵水深为 32.7 mm,土壤侵蚀模数为 6 000 t/(km²·a),保土能力为零(假设);国外松林分,林地土壤最大涵水量为 654.2 m³/hm²,最大涵水深为 65.4 mm,为CK(荒山)2.00 倍;土壤侵蚀模数为 1 950 t/(km²·a),保土能力为 4 050 t/(km²·a);马尾松、栎类混交林分,林地土壤最大涵水量为 1 005.9 m³/hm²,最大涵水深为 100.6 mm,为CK(荒山)3.08 倍;土壤侵蚀模数为 1 610 t/(km²·a),保土能力为 4 400 t/(km²·a);油茶林分,林地土壤最大涵水量为 509.9 m³/hm²,最大涵水深为 51.00 mm,为CK(荒山)1.56 倍;土壤侵蚀模数为 1 840 t/(km²·a),保土能力为 4 140 t/(km²·a);杉木萌芽林分,林地土壤最大涵水量为 815.5 m³/hm²,最大涵水深为 81.6 mm,

(下转第 86 页)

植物及其枯落物的覆被在内,免耕、少耕法所保留的作物残茬,人工利用各种秸秆以及工业产品等物所作的覆盖等。

(2)增加地表造率措施。农地的等高耕作,林草地下面的枯落物等等都起到增加地表造率,减缓水流速度,减小冲刷作用,同时也就增加了渗漏,相应地减少了径流,进一步起到防治侵蚀的作用。

4.2 农业技术措施

在黄土高原地区的农业生产中,保持水土的主要措施有土壤改良、减缓地面坡度和缩短坡长等。

(1)土壤改良主要是通过对耕地平整深翻和施肥,使土壤形成较厚的海绵结构层,以增加土壤渗漏速度及增加持水能力。包括深耕、自然免耕法、底层耕松法、钻破底层、增加有机质、多施农家肥、改良土壤增加团粒结构等措施,都有这样的作用。

(2)减缓地面坡度的措施。各种形式的梯田,如水平梯田、隔坡梯田、反坡梯田、渐变梯田、水平阶等等措施。

(3)缩短坡长措施。各种形式的地埂、截流沟、地中或底边的软埝(或称宽底地埂)以及前面所述的各种梯田也都起到同样作用。

4.3 水利工程措施

根据不同的黄土地貌类型,采取相应的工程措施。如黄

土沟谷的治理,主要有柳沟坊、淤地坝、小水库和护岸工程等。这些措施主要是削弱水流冲刷能力,变荒谷沟为川台地以及防止沟谷的扩展等。对末梢水文网流路的控制措施,包括排洪渠、导流沟、有纵坡的各种地埂软埝等输水工程等都属之。对于黄土沟间地的治理,特别是保护黄土塬,减轻其因沟谷发展的蚕蚀和破坏,也必须采取一定的工程措施,主要有沟头封沟埂、坡面截流槽和各种蓄水槽,如旱井、水窖、水塘(涝池)等,这是为了防止坡面水流的集中或将水流引向无害地段,并蓄集起来以供利用,同时可以保护耕地,防止沟头扩展。

此外,结合黄土地区的大型水利工程、道路工程以及城镇厂矿等建设所进行的水土保持工作也取得了重要经验,如兴修水库,不仅可调节径流,蓄水灌溉,改变土地干旱状况,而且也可以提高较大范围的侵蚀基准面,配合支流和坡面工程,更有利于减轻流域内的水力侵蚀。

又如人工边坡的稳定,滑坡的防护等方面都取得了显著的效果,也丰富了水土保持的内容。

水土保持的最终目的是改善生态环境,在采取生物措施时候,既要看到它对保持水土的积极作用,又要看到它受其它条件的制约;利用工程措施保水保土,创造适合植物生长的条件,促进生态环境的改善,使流水侵蚀降低到最低限度。

参考文献

- [1] 刘东生,等.第四纪环境[M].北京:科学出版社,1997.
- [2] 刘东生,等.黄土与环境[M].北京:科学出版社,1985.
- [3] 刘东生,等.中国的黄土堆积[M].北京:科学出版社,1965.
- [4] 孙建中,等.黄土高原第四纪[M].北京:科学出版社,1991.
- [5] 甘枝茂.黄土高原地貌与土壤侵蚀研究[M].西安:陕西人民出版社,1989.
- [6] 赵景波.黄土高原的侵蚀历史[A].资源产业化开发与生态环境建设[M].北京:中国环境科学出版社,1998.20-25.
- [7] 黄河水利委员会编.治河文选[M].郑州:黄河水利出版社,1996.
- [8] 吴以.略论水土保持学科特性及治理措施分类[J].中国水土保持,1990(12):23-26.

(上接第82页)

为CK(荒山)2.50倍;土壤侵蚀模数为 $2\,140\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$,保土能力为 $3\,860\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 。因此,湘南红壤区长江防护林虽然还处在幼龄林阶段,其林地土壤的涵水、保土能力还是比较强的,具有显著的涵水、保土能力,对改变湘南红壤区的脆弱生态环境具有显著的作用。

4 结 论

(1)CK(荒山)坡面的地表径流系数比有林地坡面的地表径流系数要大1.04~1.21倍;林分层次越多,林分质量越好的林地坡面的地表径流系数比林分层次简单、林分质量较差的林地坡面地表径流系数要小,如马尾松、栎类混交林分

的坡面年产流量为杉木萌芽林分坡面年产流量的90.17%。

(2)CK(荒山)的坡面年产沙量、输沙率比有林地坡面要大2.80~3.73倍、2.58~3.26倍;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,如马尾松、栎类混交林分坡面年产沙量、输沙率为杉木萌芽林的75.23%、79.21%。

(3)湘南红壤区长江防护林虽然还处在幼龄林阶段,其林地土壤的涵水、保土能力还是比较强的。林地土壤的涵水能力为荒地的1.56~3.08倍,保土能力在 $3\,860\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})\sim 4\,390\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 之间,具有显著的涵水、保土能力,对改变湘南红壤区的脆弱生态环境具有显著的作用。

参考文献

- [1] 陈晓萍,何友军.青山作证:湖南长防林工程建设成就斐然[J].湖南林业,2001(8):12-13.
- [2] 国家林业局长防办.长江中上游防护林体系建设效益监测与评价操作细则[S].1999.
- [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] [日]木村允.陆地植物群落的生产量测定法.姜恕译[M].北京:科学出版社,1981.
- [5] [苏]A. X. 瓦久尼娜,等.土壤及土质物理性质测定法.程云生等译[M].北京:科学出版社,1965.