

滇中高原山地防护林体系水土保持效益研究

孟广涛, 郎南军, 方向京, 李贵祥, 袁春明, 温绍龙

(云南省林业科学院, 云南 昆明 650204)

摘要: 以小流域为单元, 根据山地防护林体系配置的特点, 采取定位和半定位研究方法, 分层次对山地防护林体系蓄水保土功能进行监测分析。研究表明: 不同地类及用地方式, 不同森林类型保持水土效益差异较大, 在滇中高原, 裸地和坡耕地是流域产沙的主要来源, 农耕地侵蚀量是林地的 18.7~36.0 倍, 裸地侵蚀量远大于坡耕地, 高达林地的 100 倍左右; 营建防护林体系后, 防护效益显著, 土壤侵蚀模数随森林覆盖率的增加而减少, 流域森林覆盖率由 18.6% 上升到 42.4% 时, 土壤侵蚀模数减少 36%; 坡地造林后, 地表径流减少 79.44%~96.9%, 泥沙削减 87.8%~99.9%; 要使山地小流域水土流失得以控制, 森林覆盖率必须达到 30% 以上。

关键词: 山地; 防护林体系; 水土保持效益

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2001)01-0069-04

中图分类号: S157.2

Soil and Water Conservative Effect of Protection Forest System in Plateau and Mountainous Region of Central Guizhou Province

MENG Guang-tao, LANG Nan-jun, FANG Xiang-jing, LI Gui-xiang, YUAN Chun-ming, WEN Shao-long
(Yunnan Academy of Forestry, Kunming 650204, Yunnan Province, PRC)

Abstract Taking small watershed as a unit, according to the allocating feature of mountainous protection forest system, and adopting locating and semi-locating research technique, the function of water accumulation and soil conservation of mountainous protection forest system was monitored and analyzed in hierarchical way. The research results are as follows. The difference of soil and water conservative effect is relatively large in different land types, different land use methods and different forest types. The main source of sand producing is the bare area of central Guizhou plateau and cultivated slopeland in drainage area. The erosion quantity of cropland is 18.7~36.0 times than that of forest land; The erosion quantity of bare land is far larger than that of cultivated slopeland, and is as high as about 100 times than that of forest land. After the protection forest system was established, the protection effect was obvious, the modulus of soil erosion reduced following the increase of forest cover rate. The modulus of soil erosion decreased 36% when the forest cover rate of drainage area increased from 18.6% to 42.4%. After the construction of plantation in sloping field, the surface runoff decreased from 79.44% to 96.9%, and the silt amount decreased from 87.8% to 99.9%; In order to control soil and water loss of small watershed in mountainous region, forest cover rate must be more than 30%.

Keywords mountainous region; protection forest system; soil and water conservative effect

滇中高原是云南高原的主体部分, 它包括云南中部和东部的广大地区。面积 $8.5 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占云南省总面积的 21.9%, 是云南省水土流失最严重的地区。该区在中新世以来的新构造运动中被整体抬升, 形成了由高山、高原和低中山峡谷组成的山地地貌特征。属典型的西部季风气候, 但由于垂直地带性的影响, 具有明显的山地气候特征, 气候受海拔高度的影响很大, 年均温、蒸发量和 $> 10^\circ\text{C}$ 积温随海拔高度的增加

而减少, 降雨量具有与海拔高度比较密切的正相关关系, 就总体来看, 区域内大部分属北亚热带气候, 平均海拔 1870m, 年平均温 $14.8^\circ\text{C} \geq 10^\circ\text{C}$ 积温 4574°C , 多年平均降雨量 908mm, 干湿季明显, 5-10月的降雨占全年的 90% 左右, 蒸发量与降雨量之比 (P/R) 为 2.0~5.0 地带性植被为半湿性常绿阔叶林。但由于人为活动的长期影响, 发育较好的原生林已经很少, 大部分林分质量低劣, 生态功能退化。高原山地以小

收稿日期: 2000-10-08

资助项目: 国家“九五”科技攻关项目“云贵高原西部山地防护林体系建设综合配套技术研究”(96-007-02-05-02); “生态林业工程的生态功能观测网络及生态功能研究”(96-007-04-06-02)

作者简介: 孟广涛(1969-), 男(汉族), 助理。主要从事森林生态与水土保持研究工作。电话: (0871)5211534, E-mail menggt@km169.net

流域为单元可划分为 4 个层次,即沟谷区、山下部缓坡区、山中部过渡区和山上部陡坡区。小流域的沟谷至山下部集水区基本以农业为主,沟谷至山中部(或山上部)的集水区以农林或以林为主。

1 山地防护林体系建设

山地防护林体系的结构配置是实现防护林体系整体功能和效益优化的基础。根据对滇中高原小流域山地系统的结构和功能的分析,针对小流域的地貌结构、土地利用现状、径流及侵蚀状况等生态经济系统特征,对防护林体系的土地利用、林种结构及林分系统(包括片、带、网、点)的空间配置如下。

1.1 以地貌结构和分布格局为依据的配置模式

(1) 山体上部依据土壤现实侵蚀和潜在侵蚀危险性等级配置水土保持和防护—用材兼容相结合的集中林片。为提高林分防护功能,或在一定时间内暂时替代或补充乔木层防护林功能,采取以松(*Pinus sp.*)—水冬瓜、松(*Alnus Cremastogyne*)—栎类(*Quercus sp.*)等混交林或松树、柏木(*Cupressus sp.*)、马桑(*Coriaria nepalensis*)等乔木与灌木复层林形式配置。

(2) 山体下部及中部配置护沟林带、护坡林及护坡—薪炭兼容林相结合的林片。护沟林早期种植滇杨(*Populus yunnanensis*)、圣诞树(*Acacia dealbata*)、水冬瓜、刺槐等速生树种,对侵蚀沟的封闭,控制溯源侵蚀和侧蚀有很好的作用;护坡薪炭林以圣诞树、合欢(*Albizia mollis*)、马桑等优良薪炭树种为主。

(3) 山体下部缓坡耕地、村庄周围以及耕地与山地连接部配置与经济林相结合的农林片、带、网。

1.2 以耕地为主的低山缓坡地带配置模式

在以耕地为主的低山缓坡地带采取以经济林木为主的生物埂与护沟、护路林带相结合的农田林网式配置;及以村庄为中心的林间农作模式与居民点四周的庭院经济树种结合的网点式配置。选择适于本地的经济林树种有花椒(*Zanthoxylum bungeanum*)、苹果(*Malus pumila*)、杜仲(*Eucommia ulmoides*)、板栗(*Castanea mollissima*)、核桃(*Juglans sigillata*)、猕猴桃(*Actinidia chinensis*)等。该模式可以提高经济效益、降低水土流失。

1.3 严重水土流失区的治理型配置模式

在严重水土流失区,由于草被自然恢复能力很差,应尽早获取防护效益,需配置以速生树种为主的防护林,并辅以淤沙坝、排水沟、微型谷坊、坡改台等工程措施治理并举的山地侵蚀沟保护体系。树木种植后,采取种草或种灌、种草相结合的办法,迅速提高地表覆盖,以降低水土流失。如采取圣诞树或栓皮栎

(*Quercus variabilis*) + 马桑 + 光叶紫花苜蓿(*Vicia cracca*)或戟叶蓼(*Polygonum thunbergii*)、黑麦草(*Lolium perenne*)的乔灌草配置模式。

2 研究方法与结果

2.1 研究方法

根据滇中高原的区域特征,分别在高原面的大姚县、边缘切割区的会泽县、干热河谷的元谋县选择了 3 个典型小流域,建立了防护林体系效益监测网络;以小流域为单元,采取分层控制的研究方法,建立小流域—小集水区—一坡面—地块的层层控制的监测体系^[1]。以定位观察为主,调查与半定位研究相结合,探讨防护林体系在不同区域范围的水土保持功能。

2.2 山地坡面森林类型的水保效益研究

2.2.1 不同用地类型的水保效益 不同用地方式,土壤侵蚀差异显著。由会泽县头塘小流域径流场(表 1)观测资料看出,在滇中高原,裸地和坡耕地是流域产沙的主要来源。农耕地侵蚀量是林地的 18.7~36.0 倍,是灌草地的 6 倍;裸地侵蚀量远大于坡耕地,高达林地的 10 倍左右。

表 1 头塘小流域径流小区侵蚀量比较

径流 场号	处 理	坡度 / (°)	土厚 / cm	植被盖 度 %	平 均 泥沙量	平均径 流量 /mm
1	针阔混交林	38	65	80	13.48	2.55
2	针叶纯林	28	65	70	26.15	13.98
3	灌草地	31	25	80	79.50	25.84
4	裸 地	30	40		1987.90	42.56
5	坡耕地	31	35		486.50	11.34

注:①母岩为沙页岩;②平均泥沙量的单位为: kg/hm²

2.2.2 不同植被类型的水土保持功能。

(1) 不同林分类型枯落物的持水能力。枯枝落叶层水文生态作用的大小首先取决于它的数量和质量。从表 2 中可看出,枯枝落叶层蓄积量分异的共同规律是:阔叶林大于针叶林;混交林大于纯林;近成熟林大于中幼林;乔木林大于灌木林地。枯枝落叶层处于林分植物层与土壤层之间,对制止水土流失涵养水源起着重要作用,因此,应加强封山育林,保护好现有植被,使枯枝落叶层蓄积量不断增加。不仅可以充分发挥现有自然植被的水源涵养功能,更重要的是可为营建水源涵养林提供天然模式。

(2) 不同地类土壤物理性状及持水性能。从表 3 可见,林地土壤孔隙多,土壤疏松,贮水量大,因此,其物理性状和持水性能优于其它地类。土壤贮水量的大小取决于土壤容重和土壤的孔隙度,林地土壤的水文效应以针阔混交林最好,其次是阔叶林、针叶林。

表 2 不同林分类型枯枝落叶层的持水量

林分类型	枯枝落叶蓄积量 / (t hm ⁻²)	枯落物饱和持水量 / mm
灌木林—华山松林	3.79	1.35
旱冬瓜—华山松林	4.30	1.53
旱冬瓜—云南松林	4.19	0.54
云南松幼林	3.28	0.34
萌生栓皮栎	5.90	1.45
旱冬瓜林	8.30	1.75
圣诞树人工林	16.35	3.22
灌木林地	1.64	0.25

表 3 不同地类土壤物理性状及持水性能 %

林分类型	土壤平均容重	总孔隙度	非毛管孔隙度	平均最大持水率	土层最大容水量 / mm
华山松林	1.28	50.98	15.17	41.31	426.65
旱冬瓜—华山松林	1.06	61.12	13.65	66.87	550.67
云南松林	1.14	59.24	17.17	54.93	532.21
云南松幼林	1.28	53.02	9.55	42.88	454.03
阔叶林	1.12	59.49	10.53	53.14	535.12
圣诞树林	0.99	65.54	11.32	66.26	507.69
灌木林地	1.34	51.13	7.14	38.59	410.69
裸地	1.45	38.52	4.15	32.62	322.50
草地	1.34	42.59	4.47	34.30	340.67

注: 土壤平均容重的单位为: g/cm³

表 5 头塘小流域不同森林类型的径流和侵蚀比较

类型	坡度 / (°)	覆盖度		径流深 / mm	与对照相比的径流削减率 %	泥沙量 / (kg hm ⁻²)	与对照相比的泥沙量削减率 %
		乔木	灌草				
华山松水冬瓜混交林	38	0.9	0.4	2.55	94.1	13.48	99.3
华山松林	28	0.8	0.5	5.16	87.9	26.15	98.7
云南松林	25	0.6	0.4	13.96	67.2	72.14	96.3
水冬瓜林	31	0.4	1.0	5.80	86.4	35.67	98.2
马桑灌木林	31	0.8	0.8	25.84	39.3	79.50	96.0
草地	35	0.0	1.0	4.51	89.4	48.00	97.6
裸地(对照)	25	0.0	0.1	42.56	0.0	1987.90	0.0

2.2.3 新造试验林的水保效益分析 通过对 3 个小流域中新造试验林的水土流失观测,分析不同新造林地的水土保持效益。从表 6 看出,经过几年的生长,新造试验林林分郁闭度增加,林下草被渐渐繁茂,土壤所承受的雨滴直接溅击作用逐渐减弱,渗透能力逐渐增强,水土保持功能显著提高,随着幼林的长大,其削减径流和泥沙的能力将随之增加。

2.3 山地防护林体系的效益

2.3.1 集水区土壤侵蚀量 采取平行对比流域研究方法,对会泽县头塘小流域北区的 II、IV、VI 3 个集水区的土壤侵蚀量进行了观测,由 1993—1995 年的水文站观测数据可知:集水区林地面积分别占总面积的

(3) 不同地类的土壤含水量。定期分层测定了各地类 0—40 cm 土层的土壤含水率(表 4)。土壤中水分的变化差异显著,这是因为林地土壤增加了降水的入渗量,涵养了水源,林地雨季和旱季的土壤含水量均高于其它地类,同时其土壤受地上植被的保护,蒸发散失量少得多。

表 4 不同地类的土壤含水量 %

地类	旱季平均	雨季平均	全年平均
针阔混交林	19.89	26.74	26.03
阔叶林	24.10	27.92	23.33
针叶林	16.96	23.44	20.22
草地	16.98	17.95	17.46
裸地	11.21	18.73	14.97
耕地	12.96	20.39	16.09

(4) 不同林分类型的径流和侵蚀比较。用会泽头塘小流域径流场的观测资料,分析不同森林类型的径流和泥沙特征。从表 5 可以看出,由于植被本身能截持一定的降雨,缓冲雨水直接对地表土壤的冲击,对土壤表层也有保护作用。各类植被的保土效益以乔灌草覆盖度高者为好,从而表明,控制水土流失,必须从恢复植被入手,以营造针阔混交林和乔灌草复层林的水保效益最佳。

12.64%, 28.77%, 51.24%, 对应集水区侵蚀模数分别为 3098.36, 1781, 534 t/(km²·a)。在建山防护林体系后,土壤侵蚀分别减少了 37%, 31%, 18% (见表 7)。可见,集水区的防护林体系结构调整和配置方案是可行的,尤其是严重侵蚀区的治理方法成效更为显著。根据资料分析,土壤侵蚀量与林地面积、土地利用吻合度呈显著负相关,与荒地面积、流域平均坡度呈显著正相关。

土壤侵蚀与森林覆被率的关系式为:

$$Y = 3927.52 - 70.60X, \quad r = 0.961$$

式中: Y—土壤侵蚀模数; X—流域内林地面积占流域面积的百分比(%)。

表 6 造林前后水土流失对比

流域	新造林类型	林龄 / a	径流削减率 %	泥沙削减率 %
会泽头塘	圣诞树林	4	94.01	98.8
	墨西哥柏—水冬瓜林	4	79.44	87.8
	华山松—栓皮栎	4	50.50	43.2
	水冬瓜林	4	95.10	92.3
元谋苴林	加勒比松林	5	96.90	99.9
	山毛豆、赤桉混交林	5	79.60	95.8
	银合欢林	2	21.10	40.3
大姚长箐	马占相思林	3	30.20	50.5
	兰桉、黑荆混交林	10	85.50	98.9
	兰桉林	10	91.20	99.7
	云南松林	10	85.40	95.5

表 7 不同集水区治理前后的土壤侵蚀 $t/(km^2 \cdot a)$

集水区	面积 / km^2	森林覆盖率 %	吻合度 / %	治理前	治理后	下降率
北II	0.863	12.64	25.0	3098	1951	37%
北IV	0.371	28.77	27.8	1781	1218	31%
北VI	0.279	51.24	53.8	534	437	18%

因此,要使水土流失得以控制,森林覆被率必须达 30% 以上,这与金沙江流域各县侵蚀调查结果相符(见云贵高原西部金沙江流域生态经济型防护林体系建设技术研究总报告)。

2.3.2 洪峰径流量 通过对 950910 典型洪水分析发现,单场降水 28.3 mm 时,森林覆被率高的流域具有明显的削减洪峰,降低洪水流量的作用(见表 8)。

表 8 不同森林覆被率的洪水特征

集水区	北II	北IV	北VI
集水区面积 / m^2	0.863	0.371	0.279
森林覆被率 %	12.64	28.77	51.74
快速径流量 / mm	7.05	4.58	1.97
水文响应 / R	0.294	0.162	0.069
洪峰径流模数	0.477	0.282	0.083
洪峰历时 / h	4.10	4.50	6.60

注: ① 降雨量为 28.3 mm; ② 洪峰径流模数的单位为: $m^3/(s \cdot km^2)$

2.3.3 年径流量时间分布 由 1993—1996 年连续 4 a 观测分析得出,年径流深、年径流系数随森林覆被率增加而减少,11—4 月枯季径流分别占径流总数的 11.62%, 14.16% 和 20.71%, 5—10 月雨季径流量分别占径流总数的 88.38%, 85.84% 和 79.29%, 流域的洪枯比分别为 7.61, 6.1: 1, 3.8: 1(见表 9), 因此,防

护林体系建设后林地涵养水源,削减洪峰,调节径流的作用十分显著。

表 9 不同集水区的径流分配情况

集水区	北II	北IV	北VI
集水区面积 / km^2	0.86	0.37	0.28
森林覆被率 %	12.64	28.77	51.74
年径流深 / mm	230.70	169.50	103.80
径流系数 %	25.50	18.50	10.40
11—4 月径流深 / mm	26.80	24.00	21.50
5—10 月径流深 / mm	203.90	145.50	82.30

2.3.4 小流域土壤侵蚀模数 小流域土壤侵蚀模数随森林覆盖率增加而减少,会泽县头塘小流域森林覆盖率由 18.6 上升到 42.4%, 时,土壤侵蚀模数由 1831 $t/(km^2 \cdot a)$ 下降为 1165 $t/(km^2 \cdot a)$, 土壤侵蚀模数减少 36%。这说明防护林体系配置后,对控制土壤侵蚀有显著效果。

3 结 论

(1) 从各试验区造林前后的土壤侵蚀面积及产沙量变化情况得出,滇中高原山地小流域森林覆盖率达到 30% 以上,并形成多树种、多林种、多层次相结合,片、带、网点结构和布局比较合理的防护林体系,就能进一步促进该区经济发展,生态环境处于良性循环之中。

(2) 林地的水土保持功能优于其它地类,林地类型中,混交林 > 阔叶林 > 针叶林 > 灌木 > 草地。因此,控制水土流失,必须从恢复植被入手,以营造针阔混交林和乔灌草复层林的水保效益最佳。

(3) 在森林群落中,林下灌木、草本及枯枝落叶层在防止水土流失中起着重要作用,因此,要定期或长期封山,保护枯枝落叶,提高森林群落的水土保持效益。

[参 考 文 献]

- [1] 孟广涛,等.金沙江山地系统典型小流域水文效应监测方法[J].云南林业科技,1994(3): 31—35.
- [2] 郭立群,等.滇中高原区主要森林类型及其演变趋势[J].云南林业科技,1999(1): 1—4.
- [3] 张增哲.流域水文学[M].北京:中国林业出版社,1992. 123—157.
- [4] 雷孝章,等.长江上游防护林体系保土效益研究[J].林业科学,1995,31(1): 35—43.
- [5] 林业部科技司编.森林生态系统定位研究方法[M].北京:中国科学技术出版社,1994. 143—173.