

乌江中下游低效林水土保持效益分析

陈 廉 杰

(贵州省林业科学研究所·贵阳市)

提 要

低效林是指森林生态经济系统总体功能低下的林分。本文以不同类型低效林地径流场观测资料为依据,探讨其水保效益差异的规律。

关键词: 低效林分 径流观测 水土保持效益

A preliminary Discussion on the Effects of Low Benefit Forests Upon Water and Soil Conservation in the Middle and Lower Reaches of the Wujiang River

Chen Lianjie

*(Forestry Research Institute of Guizhou province,
Guiyang Municipality)*

Abstract

Low benefit forest refers to the stand with total low functions in economic system of forest ecology. Based on the determination data from the runoff observation plots in various low benefit forests, this paper discusses the laws of soil and water conservation with different benefits.

Key words: low benefit forest stand runoff observation and measurement
soil and water conservation benefits

低效林是国家“七五”期间长江上游防护林建设前期研究中提出来的新概念。据研究,它指的是森林生态经济系统总体功能低下。为观测不同类型低效林的水土保持效益,我们在乌江流域低效林改造试验示范区内设置径流场和雨量点。现将中游余庆县、下游涪陵和彭水县3年实测资料汇总整理,初步研究如下。

一、概 况

乌江中下游地貌类型为中山向低山丘陵过渡地带,海拔高104~1800m。岩性主要为碳酸盐岩、砂页岩和紫色砂页岩。气候属亚热带湿润季风区,发育的土壤为黄壤、石灰土及黄红壤。植被属亚热带常绿阔叶林区,现多演变为次生林及人工针阔叶林。当地社会经济发展较落后。

二、观测内容和方法

(一) 地表径流和土壤侵蚀 在示范区内设置5m×10m的径流观测小区,每年测定分析植

被覆盖率变化及地表径流随降雨情况变化的规律,每次雨日后统计径流量并计算土壤侵蚀量。

(二) **降水量测定** 各试验区径流场附近设置自记雨量计、雨量器及蒸发器。按日统计。

(三) **土壤含水量、容重、孔隙度测定** 每个径流场附近用环刀取样,各取一个重复。测定方法按常规方法测定。

(四) **土壤及流失泥沙中营养元素的测定** 选择有代表性的固定样地,分别取 A 和 B 层土样。各径流场每次雨日后取水样和推移质进行室内养分化验分析。

三、结果分析

(一) **降雨对低效林水土流失的影响** 降雨是引起水土流失的直接因素,但并不是全部降雨过程都会产生水土流失,如在森林地。引起水土流失的关键在于一年中的几次大雨和暴雨。据 1989 年统计,一年中降小雨 43 次,占全年总雨日的 64.2%,泥沙流失量仅占年流失量的 6.2%;降中雨 15 次,占总雨日的 22.4%,泥沙流失量占年流失总量的 21.4%;大雨和暴雨分别占年总雨日的 10.4% 和 3.0%,而泥沙流失量分别占 38.7% 和 32.8%。仅 9 次降雨,泥沙侵蚀量就达全年侵蚀总量的 71.5%。表 1 列出了乌江中游部分径流场不同降雨等级下雨量、径流量及土壤侵蚀模数变化情况。经测定表明,一年中降大雨及暴雨量平均占总降雨量的 64.6%,产生地表径流量占 66.1%,土壤侵蚀量占 65.9%,个别年份可分别高达 73.9%、89.2% 和 78.6%,可见大雨及暴雨对林地水土流失的影响程度。

据乌江中下游土壤侵蚀潜在危害分析,石灰岩和砂页岩发育的森林土壤,年侵蚀模数允许值为 $200 \sim 300 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。中雨以下雨日产生的土壤侵蚀模数为 $100 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,属允许流失强度,而大、暴雨日产生的侵蚀模数为 $370 \sim 1100 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。因此,低效林改造的目标,以防治土壤侵蚀而言,其标准应以寻求大雨及暴雨情况下基本能控制水土流失为目的。

(二) **不同乔灌草层覆盖的低效林对水土流失的影响** 在坡度、降雨等条件近似的情况下,由于乔灌草层总盖度的不同,其径流量和土壤侵蚀模数有较大差异。表 2 中 1 号和 2 号小区同是马尾松林,仅因植被总盖度由 1.2 降为 1.0,而径流量和侵蚀模数分别增加 3.3 倍和 1.2 倍。3 号、4 号小区均为杉木低效林,植被盖度由 1.25 降为 1.0 时,侵蚀模数则增加 1.58 倍。表 2 还表明,在减少林地表层土壤流失中,灌草层盖度的增加具有明显的功效。

(三) **不同坡度低效林地与水土流失的关系** 当乔灌草层次及盖度相近似条件下,低效林地随坡度增加,地表径流与土壤侵蚀量相应增加。但当植被盖度不同时,如表 2 中的 3 号和 4 号小区,坡度增大径流量增加趋势不变,而土壤侵蚀模数却出现相反现象,这表明地表径流量大小决定于坡度。坡度大,径流流速大,下渗时间短,流量增大;其动能大,具有冲刷表土的潜势。但当灌草增至能全部覆盖地表以后,径流受阻,流速减低,动能减弱,表土就不易冲走。当这种因素引起的土壤流失减少量超过坡度增大引起流失的量时,就出现了坡度增大,径流增加而土壤侵蚀模数反而下降的现象。

(四) **低效林地岩性对水土流失的影响** 岩性不同,低效林地的水土保持效益也有一定差异。乌江中下游出露的岩石主要是碳酸盐岩组,其次是砂页岩组。前者形成的土壤,土质粘重、表土结构良好,水土流失方式多以溅蚀、面蚀为主,流失量少,但成土率低,潜在危险性大;砂页岩组形成的土壤,表土疏松,在缺乏植被覆盖的情况下易冲刷成沟蚀,严重时发生崩塌,是该地区主要的产沙源。

(五) **低效林地径流泥沙中的养分含量测定** 径流泥沙中,不只是指其流失水和土的量,还应考虑其中所含养分的流失。表 4 和表 5 列出了不同林分类型地表径流水中的养分含量,表明无论

表1 不同类型低效林径流场历年降雨等级对径流及土壤侵蚀的影响

项 目	1 号						2 号						
	1988年		1989年		1990年		1988年		1989年		1990年		
	中小雨	大暴雨	中小雨	大暴雨	中小雨	大暴雨	中小雨	大暴雨	中小雨	大暴雨	中小雨	大暴雨	
降雨量 (mm)	雨量	161.2	401.3	136.8	234.3	95.0	268.6	233.5	490.2	176.3	233.4	163.5	357.5
	占 %	25.9	74.1	36.9	63.1	26.1	73.9	32.3	67.7	43.0	57.0	31.4	68.6
径流量 (t/50m ²)	数量	0.7806	1.3966	0.2998	0.3512	0.1324	1.0946	4.3808	5.1413	2.807	3.460	2.629	3.6545
	占 %	35.9	64.1	46.1	53.9	10.8	89.2	45.7	54.3	44.8	55.2	41.8	58.2
土壤侵蚀模数 t/(km ² ·a)	数量	3.388	7.612	1.10	0.76	0.2247	0.8270	93.119	145.445	26.590	26.377	8.5925	74.5136
	占 %	30.8	69.2	59.1	40.9	21.4	78.6	39.0	61.0	50.2	49.8	10.3	89.7
径流深 (mm)	总深	15.63	25.87	5.99	7.02	2.64	21.88	86.61	102.83	56.14	64.24	52.58	73.09
	占 %	37.7	62.3	46.0	54.0	10.8	89.2	45.7	54.3	46.6	53.4	41.8	58.2

项 目	3 号			4 号			5 号												
	1988年	1989年	1990年	1988年	1989年	1990年	1988年	1989年	1990年										
	中小雨	大暴雨	中小雨	大暴雨	中小雨	大暴雨	中小雨	大暴雨	中小雨										
降雨量 (mm)	雨量	292.8	348.0	152.1	165.8	123.1	253.2	121.1	343.0	185.6	153.0	408.6	120.8	348.3	244.8	223.9	167.7	466.6	
	占 %	45.7	54.3	47.8	52.2	32.7	67.3	26.1	73.9	54.8	45.2	27.3	72.7	25.8	74.2	52.2	47.8	26.4	73.6
径流量 (t/50m ²)	数量	0.85681	3.4800	2.7070	1.3520	0.191	1.0794	0.172	1.2711	0.3665	0.2160	0.2051	2.5550	0.1210	0.4659	0.2121	0.2083	0.1581	1.6218
	占 %	38.9	61.1	66.7	33.3	15.0	85.0	11.9	88.1	62.9	37.1	7.4	92.6	20.6	79.4	50.5	49.5	8.9	91.1
土壤侵蚀模数 t/(km ² ·a)	数量	5.186	10.900	1.44	1.77	0.047	6.533	5.20	25.54	1.645	1.057	0.9097	3.7630	10.13	17.80	1.514	0.8220	2.7039	5.5954
	占 %	32.2	67.8	44.9	55.1	0.71	99.3	16.9	83.1	60.9	39.1	19.5	80.5	36.3	63.7	56.1	43.9	32.8	67.2
径流深 (mm)	总深	17.14	26.96	5.42	2.70	3.82	21.59	3.44	25.42	7.33	4.32	4.1	51.1	2.42	9.32	4.23	4.17	3.37	32.44
	占 %	38.9	61.1	66.7	33.3	15.0	85.0	11.9	88.1	62.9	37.1	7.4	92.6	20.6	79.4	50.4	49.6	9.4	90.6

表2 乔灌木覆盖与径流及侵蚀模数的关系

序号	年、月	低效林类型	覆盖度(%)				坡度(°)	径流量 (t/km ²)	侵蚀模数 (t/km ² ·a)
			乔	灌	草	计			
1	1989 7~10	马尾松	50	10	60	120	10	368.8	21.2
2	1989 7~10	马尾松	60	10	30	100	11	1 205.6	36.1
3	1988 7~10	杉木	15	50	60	125	15	2 565.6	23.2
4	1988 7~10	杉木	60	30	10	100	10	1 318.4	36.7
5	1989 2~8	柏木	81	6	15	102	17	1 065.2	48.8
6	1990 2~8	柏木	82	3	5	90	17	1 227.7	83.1
7	1990 2~8	马尾松	60	10	45	115	11	1 344.3	33.6
8	1990 2~8	油桐	15	0	100	115	12	1 029.7	16.9

表3 岩组与径流量及土壤侵蚀的关系

低效林类型	年、月	岩组	降水量 (mm)	坡度 (°)	覆盖度(%)			径流量 (t/km ²)	侵蚀模数 (t/km ² ·a)
					乔	灌	草		
马尾松人工林	1990 2~8	砂岩	501.1	10	60	15	90	452.58	78.19
马尾松人工林	1990 2~8	石灰岩	934.3	10	60	30	10	521.36	21.12
马尾松天然林	1990 2~8	石灰岩	376.3	33.8	44.5	14.5	80	254.10	6.58
湿地松人工林	1989 2~8	砂岩	340.0	20	40	0	0	313.90	1 227.99*

* 开坡修路后堆积起来的松土层, 沟蚀发育

表4 低效林径流泥沙中水及土的养分含量

低效林类型	岩性	土壤	坡度 【(°)】	覆盖度(%)			总盖度	流失土壤养分含量				地表径流水养分含量		
				乔	灌	草		全氮 N (%)	全磷 P ₂ O ₅ (%)	全钾 K ₂ O (%)	有机质 (%)	水解N	PO ₄ ⁻³	K ⁺
马桑—杜仲	石灰岩	淋溶黄色石灰土	21	0	30	80	1.10	0.25	0.120	2.20	5.91	0.0	0.9	1.62
柏中林			17	82	3	5	0.90	0.35	0.156	2.00	10.66	0.0	0.9	2.05
马尾松			33	44.5	14.5	80	1.39	0.24	0.157	2.08	8.57	0.0	0.9	2.56
响叶杨			26	91	60.5	40	1.92	0.18	0.146	1.03	4.48	0.0	2.1	2.81
柏幼林			20	0	45.1	70	1.15	0.20	0.102	1.75	4.17	0.0	0.9	2.81

表5 不同植被类型地表径流中营养元素浓度比较⁽¹⁾

项目	mg/L										μg/L
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Al	Mn	Zn	Cu	Mo
杉木林	6.123	0.187	17.86	14.11	1.48	11.98	0.81	0.083	0.010	0.008	0.776
马尾松林	6.510	0.171	12.87	19.01	1.39	8.17	1.26	0.047	0.031	0.008	1.415
灌木林	5.030	0.138	11.45	14.22	0.11	11.57	0.90	0.250	0.077	0.005	2.017

何种林分类型, 其流失泥沙中水样养分含量近乎一致。据对流失表土中养分含量分析, 养分含量存在着一定差异, 针叶林土壤养分流失量高于阔叶林。但总的来说, 养分流失量决定于土壤流失的总量。

(六) 低效林地水土流失综合因子分析 参与计算的有降雨量、降雨强度、径流量、乔灌草层覆盖度、坡度等7个因子。应变量采用土壤侵蚀模数。岩性为石灰岩。经计算机逐步回归分析^[2], 其多元回归模型为:

(1) 对数模型: $\hat{Y} = -0.09887 - 0.62707x_1 + 0.70483x_5 + 0.70038x_7$, $R = 0.770$
 $N = 68$ $r_1 = -0.180$ $r_5 = 0.325$ $r_7 = 0.528$ $a = 0.01$ 时达显著水平。

(2) 线型模型: $\hat{y} = 1.89663 - 4.72031x_3 - 5.55343x_4 + 0.23814x_6 + 13.02966x_7$
 $R = 0.751$ $N = 123$ $r_2 = -0.100$ $r_4 = -0.158$ $r_6 = 0.138$ $r_7 = 0.688$
 $a = 0.01$ 时达显著水平。

式中: \hat{y} ——土壤侵蚀模数 ($t/km^2 \cdot a$); x_1 ——坡度 ($^\circ$) x_2 ——乔层郁闭度 (%) ; x_3 ——灌木层盖度 (%) x_4 ——草本层盖度 (%) ; x_5 ——降雨量 (mm) x_6 ——降雨强度 (mm/h); x_7 ——地表径流量 (t)

(1) 和 (2) 式表明, 产生土壤侵蚀的主要原因是降水及其形成的径流, 林地上乔灌草层覆盖度增加可减少土壤侵蚀。在相同坡度下, 灌草层盖度大, 土壤侵蚀减少; 乔木层郁闭度对土壤侵蚀影响比较复杂, 据不少单个径流场观测资料分析, 当郁闭度 < 0.80 时, 随着郁闭度增加, 土壤侵蚀量减少, 呈现负相关。当其值 > 0.88 时, 则转为正相关关系。曲线出现拐点的原因是, 当郁闭度 < 0.80 时, 随郁闭度增加, 树冠、树干截流量增加, 林下亦有充分光照供灌草生长, 地表径流与土壤侵蚀呈下降趋势; 当郁闭度 > 0.88 时, 林下光照量稀少, 抑制了灌草层生长, 加之当地还有铲草皮积肥和撂枝叶作柴习惯, 必然出现地表裸露, 导致土壤侵蚀^[3]。坡度因子在模型中未能得到反映, 主要是权重过小 (仅占7.3%)。

四、结 论

(一) 无论何种低效林类型, 降雨引起林地水土流失主要是一年中占次数不多的大雨和暴雨日数。森林具有水土保持功能, 关键在于乔、灌、草覆盖层次及其盖度合理搭配, 其中乔木层郁闭程度左右着林下灌草层的盖度, 进而影响地表径流量和土壤侵蚀量。合理的郁闭度应控制在 $0.80 \sim 0.88$ ^[4 5] 之间, 此时可望提高林地植被总盖度。两层结构如乔—草和灌—草型的水保效益比单层乔木型为好; 乔—灌—草三层覆盖型水保效益最好。

(二) 地形坡度不同的低效林分, 当其乔、灌、草层次及盖度近似, 在同样降雨状况下, 随坡度增加, 径流量与土壤侵蚀量增加; 当其盖度提高到一定程度时, 坡度对水保作用减弱, 这

正是我们强调提高林地覆盖率的原因所在。一般地说,森林地的岩组,人们是难以改造的,但土壤性质是可以改变的。为了提高碎屑岩形成的土壤抗蚀性,我们应当保持其林下的枯枝落叶层,多营造针阔叶混交林,改造针叶纯林,林下栽植耐荫灌木、草本,天长日久就可以改善土壤的理化性状,同样可以提高林地的水保效益。

(三)林地水土流失包含着量和质的问题。低效林分,其林地土壤养分含量随不同树种、岩性、土壤层次、侵蚀状况而异,故流失的表土中养分含量因林分类型有一定差异,但降雨后测定地表径流水样表明,水中所含主要营养元素含量各类型基本一致。由于各类型林地土壤养分含量差异较小,所以林地水土流失主要是其径流量及其冲刷的土壤量。

(四)计算机多因子逐步回归分析表明,南方山地产生土壤侵蚀主要是由降水引起,地表径流量决定着土壤流失量。不同降水量、降雨强度、乔、灌、草层覆盖度、岩性、坡度均对水土流失产生影响。从森林防护效益出发,山区造林方式、立地条件选择和植被的合理结构具有重要的作用。在低效林分改造中,后者同样证明是一种投入少、见效快的提高森林生态经济综合功能的关键技术措施。

参 考 文 献

- [1] 金小麒等. 板桥河小流域典型植被的水量平衡及养分动态初步研究. 《贵州林业科技》, 1991年, 第2期
- [2] 北京林学院. 数理统计. 北京: 中国林业出版社, 1987年
- [3] 张淑光等. 以草先行乔灌草结合保持水土. 《水土保持通报》, 1991年, 第2期
- [4] 川口武雄著(日). 森林的水土保持机能. 《水利科学》, 1990, 第1期
- [5] 罗伟祥等. 不同覆盖度林地和草地的径流量与冲刷量. 《水土保持学报》, 1990年, 第1期