

大瑶山自然保护区森林涵养水源效益研究

黄承标<sup>1</sup>,黄俊杰<sup>1</sup>,谭学锋<sup>2</sup>,苏 勇<sup>2</sup>,谭海明<sup>3</sup>,赵文红<sup>3</sup>

(1. 广西大学 林学院,南宁 530005;2. 广西林业局 动植物保护站,南宁 530022;  
3. 大瑶山国家级自然保护区,广西 金秀 545700)

**摘 要:**根据保护区森林植被及土壤的垂直分布状况,按不同海拔高度设置了 21 个标准地,分别对乔木层、灌木层、草本层的主要种类、高度及盖度进行了调查,对枯枝落叶层和土壤层进行了调查取样,并运用广西境内相似森林植被类型的研究资料对该区林冠及林下灌草截留进行了估测。结果表明:该区森林冠层年均截留量为  $4\,845 \times 10^4 \text{ m}^3$ ;林下灌草层年均截留量为  $669 \times 10^4 \text{ m}^3$ ;林地枯枝落叶层年均吸水量为  $3\,896 \times 10^4 \text{ m}^3$ ;林地土壤层年均贮水量为  $17\,975 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。以上森林植被 4 个水文层次的年总贮水量为  $27\,385 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,按目前修建小型水库 1.3 元/ $\text{m}^3$  计,折合人民币为  $35\,600 \times 10^4$  元。调查统计充分说明,大瑶山自然保护区森林植被涵养水源功能及生态经济效益极为显著,对维护和保障周边地区的生态安全与可持续发展都起着非常重要的作用。  
**关键词:**水源涵养;森林植被;效益分析;大瑶山  
**中图分类号:**S727.21 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-3409(2007)06-0268-04

Study on Water Conservation Benefit of Forest in Dayaoshan Natural Reseve

HUANG Cheng-Biao<sup>1</sup>,HUANG Jun-jie<sup>1</sup>,TAN Xue-feng<sup>2</sup>,SU Yong<sup>2</sup>,TAN Hai-ming<sup>3</sup>,ZHAO Wen-hong<sup>3</sup>  
(1. Forestry College, Guangxi University, Nanning 530005, China; 2. Guangxi Province, Forestry Bureau, Nanning 530022, China; 3. Dayaoshan National Nature Reserve Administrative Bureau, Jinxiu, Guangxi 545700, China)

**Abstract:** 21 pieces of sample plot were designed according to the vertical distribution states of the forest vegetation and soil types in nature Reserve of Guangxi, investigated ascertainment the main kinds, height and coverage of the trees, shrub and herb, and to take a sample of the litter and soil. Using Guangxi similar vegetation type research materials to estimate the layer-canopy and the shrub and grass layer. The results show that the forest layers canopy could intercept precipitation water  $4\,845 \times 10^4 \text{ m}^3$  every year; the shrub and grass layers could intercept precipitation water  $669 \times 10^4 \text{ m}^3$  every year; litter could conserve water  $3\,896 \times 10^4 \text{ m}^3$  every year; forest soil layer could conserve water  $17\,975 \times 10^4 \text{ m}^3$  every year. The total water conserved from the four layers is  $27\,385 \times 10^4 \text{ m}^3$ , according to the 1.3 yuan/ $\text{m}^3$  present standard of small-scale reservoir building of national Ministry, it can convert to be  $35\,600 \times 10^4$  yuan RMB. The results showed that the functions of water conservation of forest vegetation, ecological and economic benefits of Dayaoshan Natural Reserve are extremely prominent, Dayaoshan Natural Reserve plays a very important role in safeguarding and ensuring the ecological security and the sustainability development of surrounding area.  
**Key words:** water conservation; forest vegetation; benefit analysis; Dayaoshan Natural Reserve

森林涵养水源功能是森林生态系统的重要生态功能之一,它主要体现在森林乔木冠层、林下灌草层、林地枯枝落叶层及林地土壤层对降水的截留、贮存与再分配等功能上<sup>[1-5]</sup>,其功能的大小与强弱受森林植被类型及其环境因子的综合影响。它主要与森林植被类型及林下灌草层盖度<sup>[6]</sup>,枯枝落叶层性质及现存量<sup>[7]</sup>,土壤层厚度及孔隙度<sup>[8]</sup>等因素密切相关。对于森林涵养水源功能,我国已分别从森林乔木冠层的截留及再分配<sup>[9]</sup>,枯枝落叶层的截留及持水能力<sup>[10]</sup>,土壤的物理特性与持水能力<sup>[8]</sup>等方面作了大量研究,也取得大量的研究成果。

大瑶山自然保护区位于广西壮族自治区北部,是广西森林生态系统最为复杂、保护最为完整的自然保护区之一,其多样性程度高,稳定性大,其涵养水源功能直接关系到周边的生态安全与可持续发展。为此,我们对大瑶山自然保护区森林

植被涵养水源功能进行调查研究,主要从该区森林乔木冠层对降水的截留、林下灌草层对降水的截留、林地枯枝落叶层对降水的吸湿以及土壤层对降水的吸持贮存进行研究,为大瑶山自然保护区森林植被涵养水源功能提供科学的评价依据。

1 研究区概况

大瑶山自然保护区位于广西壮族自治区金秀瑶族自治县境内,地理坐标为  $109^{\circ}50' - 110^{\circ}27' \text{ E}$ ,  $23^{\circ}40' - 24^{\circ}28' \text{ N}$ ,海拔高 110~1 979 m,坡度陡险,25°以上陡坡占 67.4%,发源于本区内较大的河流有:镇中河、长垌河、平道河、金秀河、甲江河、六秘河等 25 条,河流总长 1 684 km,总集水面积  $2\,009 \text{ km}^2$ ,年平均流量  $74.4 \text{ m}^3/\text{s}$ ,年产量  $23.47 \text{ 亿 m}^3$ ,灌溉着保护区周边 7 个县 48 个乡的耕地达  $8.13 \text{ 万 hm}^2$  和近 100 万人口的生产生活用水。该区域总面积  $25\,594.7 \text{ hm}^2$ ,其中有林面积  $24\,596.3 \text{ hm}^2$ ,森林覆盖率 96.1%。保

收稿日期:2007-01-09  
基金项目:广西区林业局动植物保护站资助项目  
作者简介:黄承标(1948-),男,广西靖西人,硕士生导师,主要从事森林水文气象研究。

保护区于 2002 年被批准为国家级自然保护区,是一个以森林生态系统和珍稀物种为主要保护对象的自然保护区。

该区土壤类型的垂直分布较明显,其南坡与北坡土壤类型的垂直高度差异较小。其中在低海拔的沟谷和山前丘陵地带(300 m 以下)为红壤和赤红壤,局部地段为水稻土;海拔 700~1 600 m 地段,由低至高依次为山地红壤、山地黄红壤和山地黄壤,局部地段为山地草甸土;在海拔 1 600 m 以上地段为山地漂灰黄壤。据金秀瑶族自治县气象站资料,年均温 17.0℃,极端最低温度 - 5.6℃,极端最高温度 32.6℃,10℃ 的年均活动积温为 5 223.9℃;该区年均降水量为 1 823.9 mm,比广西(90 个县市)平均值为 1 510.1 mm 增加 20.8%;年均蒸发量 1 203.0 mm,比全区年均蒸发量(1 577.6 mm)减少 23.7%;年均相对湿度 83%;年均日照时数 1 268.6 h,比全区年均值(1 621.6 h)减少 21.8%;年均风速 1.8 m/s,属中亚热带季风气候区。

保护区森林植被的垂直分布大致可分为 3 个植被垂直带谱。即:常绿阔叶林带。这一林带主要分布在海拔 1 300 m 以下,其中 800 m 以下属地带性类型,主要群系有:刺栲林、细刺栲林、青钩栲林、厚壳桂林、白花含笑林、大叶栎林、罗浮栲林。800~1 300 m 属常绿阔叶林,主要类型有:水

锥栲林、铁锥栲林、大叶青冈林、广叶玉兰和绿樟林、细枝栲林、荷木林、银荷木林、栲树林、硬叶栲林。中山针阔混交林与中山常绿阔叶林带。这一林带主要分布在 1 300~1 500 m 区域,其中前者主要类型为广东松或长苞铁杉与金毛柯混交林、短叶罗汉松与阔瓣白兰花混交林、短叶罗汉松与红岩杜鹃混交林,后者主要类型为铁锥栲林、水锥栲林、大叶青冈林、银荷木林、水丝梨林。山顶苔藓矮林带。这一林带主要分布在 1 500 m 以上山体的山顶,主要类型为红岩杜鹃林和变色杜鹃林。

2 研究方法

2.1 样地的选择

根据保护区土壤和森林植被类型的垂直分布状况以及各森林类型面积的大小现状,分别在保护区的垂直带上选择标准样地,各样地的面积为 20 m×30 m,用 GPS 在图上标定其经纬度及海拔高度。样地个数及垂直分布选定如下:海拔 400 m 以下区域选择 2 个样地;海拔 400~800 m 区域内,选择 5 个样地;海拔 800~1 600 m 区域内,选择 9 个样地;海拔 1 600 m 以上区域,选择 5 个样地;共设置 21 个样地。其样地概况见表 1。

表 1 大瑶山自然保护区样地设置及概况

样号	森林类型*	土壤类型	经度(E)	纬度(N)	海拔/m	坡向	坡度/(°)	郁闭度
1	常绿阔叶林	山地红壤	110°15.090	24°00.904	285	E	20	0.8
2	常绿阔叶林	山地红壤	110°16.024	24°01.086	352	N	38	0.8
3	常绿阔叶林	山地红壤	110°15.922	24°01.078	473	E	38	0.8
4	常绿阔叶林	山地红壤	110°15.795	24°01.092	512	N	35	0.8
5	常绿阔叶林	山地黄红壤	110°15.618	24°01.058	556	N	35	0.8
6	常绿阔叶林	山地黄红壤	110°05.031	24°08.428	622	N	18	0.6
7	针阔混交林	山地黄红壤	110°05.239	24°08.411	753	N	28	0.6
8	针阔混交林	山地黄壤	110°14.696	24°10.051	1250	SE	45	0.8
9	常绿落叶阔叶林	山地黄壤	110°14.932	24°09.133	1309	N	28	0.9
10	常绿落叶阔叶林	山地黄壤	110°06.736	23°58.127	1324	NE	38	0.7
11	常绿落叶阔叶林	山地黄壤	110°15.005	24°10.048	1409	NW	33	0.9
12	常绿落叶阔叶林	山地黄壤	110°06.617	23°58.061	1436	NE	30	0.8
13	常绿落叶阔叶林	山地黄壤	110°15.080	24°09.904	1484	SW	35	0.8
14	针阔混交林	山地黄壤	110°15.149	24°09.881	1494	SW	21	0.7
15	针阔混交林	山地黄壤	110°06.564	23°57.973	1532	SW	40	0.6
16	针阔混交林	漂灰黄壤	110°06.599	23°57.899	1590	NW	30	0.8
17	针阔混交林	漂灰黄壤	110°06.570	23°57.824	1680	W	35	0.8
18	针阔混交林	漂灰黄壤	110°06.636	23°57.861	1748	NW	50	0.8
19	杜鹃苔藓矮林	漂灰黄壤	110°06.644	23°57.787	1803	NW	30	0.8
20	杜鹃苔藓矮林	漂灰黄壤	110°06.689	23°57.714	1868	SW	30	0.8
21	杜鹃苔藓矮林	漂灰黄壤	110°06.763	23°57.723	1934	SW	25	0.8

注: \* 各森林植被类型中乔、灌、草主要植物种类名称、拉丁学名、高度及盖度等(略)。

2.2 森林乔木冠层截留量的估测

在各样地内,分别调查乔木树种组成、密度、郁闭度、测定其树高和胸径。然后根据大瑶山自然保护区各森林类型及其面积,运用广西相似的森林植被类型,即常绿落叶阔叶混交林<sup>[11]</sup>和常绿阔叶林<sup>[12]</sup>10 a 的研究资料进行估算本区森林乔木冠层截留降水量。

2.3 林下灌草层截留量的估测

在各样地内,调查记录灌草植物主要种类、高度及其盖度。然后根据大瑶山自然保护区各森林类型及其面积,运用广西相似的森林植被类型的研究资料<sup>[13]</sup>进行估算不同植被类型林下灌草层的截留降水量。

2.4 林地枯枝落叶层现存量及吸水量的测定

在各样地内,按对角线设置 1 m×1 m 小样方 3 个,分别收集枯枝落叶(包括半分解和未分解)称重,经混合后用“四分法”取样,带回实验室烘干,并作吸湿水量以及吸水速率测定<sup>[1,14]</sup>。

2.5 林地土壤水文-物理性质的测定

在各样地内,分别设置 3 个具有代表性的土壤剖面,按 0 - 20,20 - 40,40 - 100 cm 3 个土壤层次,用“环刀法”分别

测定土壤容重、孔隙度、持水量及通气度等,按“国颁标准”<sup>[14-15]</sup>计算不同植被类型的土壤贮水量。

3 结果与分析

3.1 森林乔木冠层对降水的截留作用

森林冠层是森林涵养水源功能的重要因子之一,其水文生态学意义重大。据“广西森林生态系统”研究成果(桂西北田林县岑王老山常绿落叶阔叶混交林、桂北龙胜县西江坪常绿阔叶林和桂东岑溪县七坪林区常绿阔叶林)连续 10~11 a 的林冠截留量为 193.7~203.6 mm,平均为 199.8 mm,即:1 998.0 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,占年均降雨量的 10.8%。按此推算,大瑶山自然保护区森林面积为 24 596.37 hm<sup>2</sup>,年均降雨量为 1 823.9 mm,则本区森林冠层年均截留降水量为 197.0 mm,即 1 970.0m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,那么,本区林冠总截留降水量为 4 845 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>,相当于 48 个小型水库(100 ×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>)的贮水总容量。可见,本区森林冠层截留降水作用相当显著。

据测定,林冠截留量与降雨量的关系为:当大气降水  $P < 5.0$  mm 时,几乎被林冠所截留,当  $P = 5.0 \sim 25.0$  mm 时,林冠截留率达 90%以上,以后随着降雨量的增加,其截留率减小。所以说,林冠的存在不仅减少了林内的降水量,而且对于防止雨水尤其是暴雨对地面的直接冲击,减缓减少地表径流,保持水土、防止河川水位暴涨暴落、增加临近地带湿度与增雨等,都具有十分重要的作用。

3.2 林下灌草层对降水的截留作用

林下灌草植物层也是森林涵养水源功能的重要水文层次之一,其截留降水作用不可忽视。据“广西森林生态系统”研究成果(林下灌木层高度为 1.3~2.5 m,盖度为 25%~30%,草本层高度为 0.2~0.8 m,盖度为 60%~80%)的年均截留降水为 27.2 mm,占年均降雨量的 1.4%,即:2 720 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,那么,以此推算出本区林下灌草植物层年均截留降水量为 669 ×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>,相当于 7 个小型水库的贮水容量。可见,林下灌草层涵养水源的作用也较明显。

3.3 林地枯落物层对降水的吸持作用

林地枯枝落叶层也是森林涵养水源功能的重要层次之一,其组成包括半分解和未分解两个部分。枯落物不仅防止降水对地表的直接击溅,而且对于阻滞、分散地表径流,增加土壤水分入渗,增加地下水贮存与径流都具有非常重要的作用。

据测定(表 2),大瑶山自然保护区各森林类型枯枝落叶物现存量变动在 3.3~19.1 t/hm<sup>2</sup> 范围内,平均为 8.2 t/hm<sup>2</sup>,最大吸水量为 15.9~83.0 t/hm<sup>2</sup>,最大净吸水量为 10.4~63.9 t/hm<sup>2</sup>,相当于 1.04~6.39 mm 的降水深度,是自身干重的 1.5~3.0 倍。若按平均净吸水量 19.8 t/hm<sup>2</sup> 计算,则本区枯枝落叶层对一次降雨过程的最大净吸水量为 48 ×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>,据本区一年中的日降水量 > 25.0 mm(大雨级)平均值为 80 d(次)计,则本区枯枝落叶物年均吸水总量为 3896 ×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>,相当于 39 个小型水库的贮水容量,与林冠截留量的效果相媲美。

再从枯落物的吸水速率来看,各森林类型枯落物的饱和吸水时间变动在 50~100 min,显然其吸水速度差异较大,这是由于不同类型枯落物性质的差异所致。也就是说,有些枯落物吸水速度较快,经过浸水 50 min 可达到饱和状态;而有些枯落物吸水速度较慢,经浸水 100 min 左右才达到饱和状

态。按此预测,当降雨量较小、降雨强度小于枯落物吸水速度时,由于枯落物的吸水、阻滞等作用,有效地增加了水分入渗土壤,使林地不会产生或极少产生地表径流。

表 2 不同森林植被类型林地枯落物的积累量及持水性能

序号	现存 干重/ (t · hm <sup>-2</sup> )	浸水 24 h 后重/ (t · hm <sup>-2</sup> )	最大净 持水率/ %	最大净 持水量/ (t · hm <sup>-2</sup> )	最大 净持水 深度/ mm
1	6.5	20.1	209.23	13.6	1.36
2	6.1	19.9	226.23	13.8	1.38
3	7.7	21.6	180.52	13.9	1.39
4	7.9	27.9	253.16	20.0	2.00
5	6.7	19.5	192.54	12.8	1.28
6	8.6	21.6	151.16	13.0	1.30
7	4.5	11.9	164.44	7.4	0.74
8	19.1	83.0	334.55	63.9	6.39
9	12.0	33.9	182.50	21.9	2.19
10	8.3	33.1	298.80	24.8	2.48
11	6.9	27.3	295.65	20.4	2.04
12	3.3	9.8	196.97	6.5	0.65
13	11.4	41.2	261.40	29.8	2.98
14	9.3	36.8	295.70	27.5	2.75
15	4.2	12.6	200.00	8.4	0.84
16	3.8	11.7	207.89	7.9	0.79
17	7.1	27.4	285.92	20.3	2.03
18	7.1	23.4	229.58	16.3	1.63
19	9.3	34.1	266.67	24.8	2.48
20	9.0	23.4	160.00	14.4	1.44
21	14.3	47.0	228.67	32.7	3.27
平均	8.2	28.0	241.46	19.8	1.98

3.4 林地土壤层对降水的贮蓄作用

由表 3 可知,海拔 600 m 以下,一般土层厚度在 100 cm 左右,而海拔 700 m 以上土层较薄,一般在 20~40 cm,且石头裸露较多。各林地土壤(0~100 cm)容重 0.347 0~1.267 4 g/cm<sup>3</sup>,大致随土层深度的增加呈递增趋势,但各森林类型之间的土壤容重差异悬殊;总孔隙度变化 43.25%~74.95%,非毛管孔隙度在 4.0%~38.0%,毛管孔隙度在 30.25%~64.15%,大体随土层深度的增加而递减;最大持水量在 36.37%~244.67%,毛管持水量在 27.40%~171.47%,田间持水量在 24.22%~100.00%,也大体随土层深度的增加有所递减;土壤通气度在 3.30%~41.90%,基本随土层深度的增加而递减,但各森林类型间差异悬殊。

为了更好地了解各森林植被类型土壤的贮水能力,现将各调查样地土壤贮水量的统计结果列入表 4。由表 4 可以知道,各森林类型林地土壤(0~100 cm)平均贮水量为 2 092.1 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>(209.2 mm),按本区日平均最大降雨量 186.7 mm 计,尚有 22.5 mm 差距,况且在每次降雨过程中的间隙之间,流入森林土壤孔隙中的水分,由于重力作用,会不停地向下渗透流动。因此,一般情况下,森林土壤不会因水分饱和而产生地表径流。显然,森林土壤涵养水源的功能是在不断地吸收和输出的动态过程中产生的,它实际上是动态的贮水量。

本区年均降雨量为 1 823.9 mm,即本区年均降雨量为 44 861 ×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>,其中 5~8 月占全年雨量的 63.3%,即 28 397 ×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>,这是在动态吸收情况下,本区森林植被的贮水量。实际上还应扣除由于林冠截留 10.8%、林下灌草

表 3 不同森林植被类型土壤物理性状及持水量

样号	土层厚度/ cm	土壤容重/ (g · cm <sup>-3</sup> )	孔隙度/ %			持水量/ %			通气度/ %
			总孔	毛管	非毛管	最大	毛管	田间	
1	0 - 20	0.7755	47.05	34.35	12.70	56.80	44.29	33.33	18.20
	20 - 40	1.1862	51.38	40.68	10.70	39.95	30.07	24.22	13.80
	40 - 100	1.2133	45.87	38.47	7.40	37.81	29.71	27.72	8.60
2	0 - 20	0.9206	71.94	42.44	29.50	78.15	46.11	35.14	39.60
	20 - 40	1.0641	62.00	42.60	19.40	44.67	36.59	29.03	18.20
	40 - 100	1.1499	57.61	39.01	18.60	64.40	37.16	28.21	11.00
3	0 - 20	0.7466	63.44	34.34	29.10	84.98	46.00	44.93	29.90
	20 - 40	0.7569	64.31	47.81	16.50	84.96	63.6	45.99	29.50
	40 - 100	0.8823	59.37	46.27	13.10	78.62	52.44	39.86	24.20
4	0 - 20	0.7679	66.81	43.21	23.60	87.00	56.27	42.86	33.90
	20 - 40	0.9856	64.74	45.34	19.40	65.68	46.00	36.05	29.20
	40 - 100	1.1605	57.35	43.05	14.30	49.42	37.10	30.72	21.70
5	0 - 20	0.7610	71.50	39.90	31.60	93.95	52.42	38.89	41.90
	20 - 40	0.8578	67.23	40.13	27.10	83.04	51.44	36.99	39.50
	40 - 100	1.0548	71.52	51.92	19.60	67.81	49.23	29.03	20.90
6	0 - 20	0.7826	53.14	40.94	12.20	67.91	52.32	49.25	14.60
	20 - 40	1.0857	54.23	45.63	8.60	49.95	42.03	41.84	8.80
7	0 - 20	0.8790	68.10	49.30	18.80	77.47	56.08	52.67	21.80
8	0 - 20	0.5575	66.15	38.85	27.30	118.65	79.69	60.00	32.70
	20 - 40	0.6405	43.25	30.25	13.00	67.53	47.23	42.86	15.80
9	0 - 20	0.8323	70.57	49.97	20.60	96.80	72.05	47.06	31.40
10	0 - 20	0.8757	69.63	45.03	24.60	79.51	51.42	43.88	30.20
	20 - 40	1.2674	53.86	34.46	19.40	42.83	27.40	24.22	23.40
11	0 - 20	0.3880	74.60	36.60	38.00	192.30	94.35	88.68	30.20
12	0 - 20	0.8421	57.99	39.99	18.00	57.00	47.50	40.85	13.60
	20 - 40	1.2133	45.87	38.47	7.40	37.81	31.71	30.72	8.60
13	0 - 20	0.3733	66.77	36.37	30.40	200.31	97.44	90.48	31.00
	20 - 40	1.1228	50.43	46.43	4.00	35.44	32.63	33.33	3.30
14	0 - 20	0.5716	66.25	44.25	22.00	115.90	77.41	73.91	24.00
15	0 - 20	0.5136	67.64	41.44	26.20	131.70	80.69	66.67	33.40
16	0 - 20	0.5806	67.74	42.54	25.20	116.69	73.28	62.60	31.40
17	0 - 20	0.3750	68.30	45.30	23.00	208.80	147.47	99.00	30.80
18	0 - 20	0.6478	58.02	44.82	13.20	89.56	69.18	63.93	16.60
19	0 - 20	0.3470	74.90	49.50	25.40	244.67	171.47	100.00	35.20
20	0 - 20	0.6826	69.34	52.94	16.40	116.24	92.22	85.19	21.20
	20 - 40	1.1392	55.98	50.68	5.30	36.37	32.93	30.72	8.70
21	0 - 20	0.8105	74.95	64.15	10.80	92.46	79.14	75.44	13.80
	20 - 40	1.1846	66.74	62.54	4.20	56.34	52.80	49.25	8.40

表 4 不同森林植被类型土壤贮水量 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>

样地号	土层厚度/cm			
	0 - 20	20 - 40	40 - 100	合计
1	666.7	484.5	1843.2	2994.4
2	702.7	580.6	1692.3	2975.6
3	898.6	919.7	2391.6	4209.9
4	857.1	721.1	1843.1	3421.3
5	777.8	739.7	1741.9	3259.4
6	985.1	836.9	/	1822.0
7	1053.4	/	/	1053.4
8	1200.0	857.1	/	2057.1
9	941.2	/	/	941.2
10	877.7	484.5	/	1362.2
11	1773.6	/	/	1773.6
12	816.9	614.4	/	1431.3
13	1809.5	666.7	/	2476.2
14	1478.3	/	/	1478.3
15	1333.3	/	/	1333.3
16	1252.0	/	/	1252.0
17	2000.0	/	/	2000.0
18	1278.7	/	/	1278.7
19	2000.0	/	/	2000.0
20	1703.7	614.4	/	2318.1
21	1508.8	985.1	/	2493.9
平均	1234.1	405.0	453.0	2092.1

层截留 1.4 %、林地枯落物截留 8.7 %、森林植被生理水消耗 15.0 %、森林地表径流 0.8 %,余下 63.3 % (17 975 ×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>) 为森林土壤的吸收量,相当于 180 个小型水库的总容量。在旱季,这些水源不断地供给水库、河川的补给水,在雨季,不引起河水暴涨暴落。可见,该区森林土壤涵养水源功能是极其显著的。

4 小 结

研究结果表明,该区森林冠层年均截留量为 4 845 ×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>;林下灌草层年均截留量为 669 ×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>;林地枯枝落叶层年均吸水量为 3 896 ×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>;林地土壤层年均贮水量为 17 975 ×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>。以上森林植被 4 个水文层次的年均贮水总量为 27 385 ×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>,按目前修建小型水库 1.3 元/m<sup>3</sup> 计,折合人民币为 35 600 ×10<sup>4</sup> 元。大瑶山自然保护区森林植被涵养水源功能显著,它对周边的工农业生产以及人民群众的生命安全和维护、保障生态安全都具有非常重要的作用。因此,要广泛深入宣传“森林保护法”,极大地提高周边人民群众对森林植被涵养水源功能的认识,使他们充分地认识到森林植被是大自然赋予人类的宝贵财富,是人类赖以生存和发展不可缺少的环境,应加强保护。

果明显大于退耕还林区,由于退耕还林区树木还处于幼龄阶段,其植被覆盖度明显小于退耕还草区,由表 2 看出,退耕还林区的地表径流量和土壤侵蚀量都大于退耕还草区,虽然泥沙中磷的含量未出现明显差异,但径流水中磷的浓度高于退耕还草区,因而退耕还草区磷的流失量小于退耕还林区;另外退耕还草区与玉米种植区之间径流泥沙中磷的含量、地表径流量未出现显著性的差异,但土壤侵蚀量、径流水中水溶态磷含量则达到显著性差异水平,说明坡地退耕还草后减少颗粒态磷流失量的主要原因是土壤侵蚀量的减少,而水溶态磷流失量减少的主要原因是径流中水溶态磷含量的下降。

从表 2 中可以看出,5-7 月中坡面径流小区各处理中,水溶态磷、颗粒态磷以及总磷流失量的大小顺序为玉米种植区 > 免耕休闲区 > 退耕还林区 > 退耕还草区。可见坡地退耕还林(草)后明显减少土壤磷的流失量,特别是水溶态磷的流失,而植物缓冲带等未能减少坡地水溶态磷的流失,这部分磷主要以正磷酸盐的形式存在,藻类可以直接吸收利用,对地表水环境质量有最直接的影响。因此退耕还林(草)工程是减少坡地磷素流失以及控制非点源污染的有效途径。

### 3 结 论

在相同的降雨量下,退耕还林(草)后坡地地表径流中磷酸根态磷和颗粒态磷含量低于相应的旱地,其中颗粒态磷含量分别比相应旱地减少 62.95 % 和 43.79 %,磷酸根态磷分别比相应旱地减少 45.59 % 和 23.53 %,退耕还林(草)后地表径流中颗粒态磷含量下降与径流泥沙减少有关,而径流中磷酸根态磷含量的下降趋势受退耕年限和植被覆盖度的影响较大。

退耕还林(草)后明显减少坡地土壤磷素的流失,特别是水溶态磷的流失。水溶态磷、颗粒态磷流失量的大小顺序为玉米种植区 > 免耕休闲区 > 退耕还林区 > 退耕还草区,退耕还林区土壤水溶态磷和颗粒态磷的流失量分别比玉米种植

区减少 44.81 % 和 27.82 %,退耕还草区土壤水溶态磷和颗粒态磷的流失量分别比玉米种植区减少 60.24 % 和 41.94 %。因此退耕还林(草)工程是控制非点源污染的有效措施,可考虑在水库区域进行局部耕地的退耕还林(草),以减少库区土壤磷素向水体的迁移,从而保护水环境质量。

### 参考文献:

- [1] 许峰,蔡强国,吴淑安.三峡地区坡地生态工程控制土壤养分流失研究[J].地理研究,2000,19(3):303-310.
- [2] 崔力拓,李志伟.洋河流域缓坡地土壤磷素径流输出特征[J].水土保持学报,2006,20(3):10-16.
- [3] 崔力拓,李志伟.洋河水库“水华”形成的关键因子[J].农业环境科学学报,2005,24(增刊):141-143.
- [4] Robert J L. Measurement methods for soil erosion[J]. Progress in Physical Geography,1989(2):5-9.
- [5] 许峰,蔡强国,吴淑安.坡地等高植物篱带间距对表土养分流失影响[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1999,5(2):23-29.
- [6] 鲁如坤,时正元,顾益初.土壤积累态磷研究-磷肥的表观积累利用率[J].土壤,1995,27(6):286-289.
- [7] Mander U, Ain K. Nutrient runoff dynamics in a rural catchment: influence of land-use changes, climatic fluctuations and ecotechnological measures[J]. Ecological Engineering, 2000, 14:405-417.
- [8] McDowell R W, Sharpley A N. Approximating phosphorus release from soils to surface runoff and subsurface drainage[J]. J. Environ. Qual., 2001, 30:508-520.
- [9] Hooda P S, Rendell A R, Edwards A C. Relating soil phosphorus indices to potential phosphorus release to water[J]. J. Environ. Qual., 2000, 29:1166-1171.

(上接第 271 页)

### 参考文献:

- [1] 马雪华.森林水文学[M].北京:中国林业出版社,1993:46-140.
- [2] 中野秀章.森林水文学[M].李云森,译.北京:中国林业出版社,1993.
- [3] 鲁绍伟,毛富玲,靳芳,等.中国森林生态系统水源涵养功能[J].水土保持研究,2005,12(4):223-226.
- [4] Lin Teng-Chiu, et al. Spatial variability of throughfall in a subtropical rain forest in Taiwan[J]. Journal of Environmental Quality, 1997, 26(1):172-180.
- [5] Delphis F, Levia J, Frost E E. A review and evaluation of stemflow literature in the hydrologic and biogeochemical cycles of forested and agricultural ecosystems[J]. Journal of Hydrology, 2003, 274:1-29.
- [6] 刘文耀,刘伦辉,郑征.滇中不同群落结构云南松林的水文作用[J].北京林业大学学报,1992,14(2):38-45.
- [7] 程金花,张洪江,余新晓,等.贡嘎山冷杉林地地被物及土壤持水特性[J].北京林业大学学报,2002,24(3):45-49.
- [8] 吴建平,袁正科,袁通志.湘西南沟谷森林土壤水文物理性质与涵养水源功能研究[J].水土保持研究,2004,11(1):74-77.
- [9] 温远光,刘世荣.我国主要森林生态系统类型降水截留规律的数量分析[J].林业科学,1995,31(4):289-298.
- [10] 朱金兆,刘建军,朱清科,等.森林凋落物层水文生态功能研究[J].北京林业大学学报,2002,24(5/6):30-34.
- [11] 黄承标,黄文俊,韦峰.田林老山南坡水热条件垂直变化及森林生态效益的研究[J].植物生态学报,1994,18(2):147-160.
- [12] 黄承标,文受春.里骆林区常绿阔叶林和人工杉木林气候水文效应[J].生态学杂志,1993,12(3):1-7.
- [13] 黄承标,李信贤.广西龙胜县里骆林场杉木人工林生态系统的水量结构、分配与平衡[J].广西科学,1994,1(2):24-28.
- [14] 马雪华.森林生态系统定位研究方法[M].北京:中国科学技术出版社,1994:84-100;134-135.
- [15] 国家标准局.森林土壤分析方法[M].北京:科学出版社,1987:7-8.