

# 滇中常绿阔叶林及云南松林水文作用的初步研究

刘文耀 刘伦辉 郑 征 荆桂芬

(中国科学院昆明生态研究所, 昆明 650223)

## 摘 要

本文研究了滇中地区山地常绿阔叶林及云南松林的林冠截留量, 冠流和茎流量, 地表水土流失量, 林地枯枝落叶层持水量, 土壤含水量以及雨水、冠流、茎流和地表径流中营养元素(N、P、K、Ca和Mg)的含量, 并分析比较了针、阔两类森林调节和涵养水分的作用和降水中林冠养分的淋溶、迁移特点, 对了解滇中亚热带山地森林生态系统的功能和生产力的研究, 对本区森林资源的保护, 林业的合理经营, 均有重要意义。

**关键词** 常绿阔叶林; 云南松林; 水文作用

有关森林水文学的研究, 一直被认为是研究森林生态系统结构和功能的重要方面。国外在这一领域的研究开展得较早, 报道较多。我国近年来也陆续发表了一些这方面的研究成果<sup>[1,3,5]</sup>, 为指导当地森林的合理经营提供了某些科学依据。

山地常绿阔叶林和云南松林是滇中地区主要的森林植被。它们对该区的水土保持、涵养水源起着十分重要的作用。但过去对这两类森林水文作用的研究报道甚少。为此, 我们于1986—1987年的两年间, 在位于滇中的通海县秀山公园内设置水文观测点, 对该山体上的常绿阔叶林、云南松林水文效益进行了初步探讨, 现把观测资料整理分析于后。

## 一、试验区概况

通海县地处低纬高原, 四季不分明, 但干、湿季节却非常明显。坝区年均温15.6℃, 年平均降雨量869.2mm, 雨季从5月中旬开始, 10月中旬末结束, 降雨量占年总量的76.8%, 冬春季节降雨量仅占年总量的23.2%。气候上属于中亚热带半湿润高原季风气候类型。

表1 两类森林标准地的主要植被因子

Table 1 The main vegetation factors of the standard plots in two type forests

| 类 型<br>Types                              | 密 度<br>Density<br>(Number/ha) | 平均胸径<br>Mean diameter at<br>breast height<br>(cm) | 平均树高<br>Mean plant<br>height<br>(m) | 郁闭度<br>Canopy<br>density | 草本层盖度<br>Herb layer<br>coverage<br>(%) | 灌木层盖度<br>Shrub layer<br>coverage<br>(%) |
|-------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 常绿阔叶林<br>Evergreen broad-leaved<br>forest | 1750                          | —                                                 | 20.0                                | 0.7                      | 35                                     | 40                                      |
| 云南松林<br>Pinus yunnanensis<br>forest       | 1575                          | 17.5                                              | 16.5                                | 0.6                      | 40                                     | 30                                      |

本文于1989年10月收到, 1990年8月收到修改稿。

常绿阔叶林及云南松林地均分布于秀山的北坡上,海拔范围1900—1950m,林地土壤均为山地红壤。常绿阔叶林主要由滇青冈(*Cyclobalanopsis glaucoides*)、元江栲(*Castanopsis orthacantha*)、野樱(*Prunus conradinae*)、云南樟(*Cinnamomum glanduliferum*)、银木荷(*Schima argentea*)等树种组成,云南松林年龄30—40年,其它有关两类林分各层次的种类组成等详见另文<sup>[4]</sup>。这里把两类林分50×50m<sup>2</sup>标准地的主要植被因子列于表1。

## 二、研究内容和方法

在1986—1987年两年的5—10月,对两类林地的地表迳流量,林冠截留量、冠流量、茎流量、枯枝落叶的持水量及土壤含水量进行了定点观测,并对降水和泥沙的化学成分进行了分析。

**1. 地表迳流量** 采用Gerlach<sup>[1]</sup>方法测定地表固体、液体迳流量。测试小区规格10×1m<sup>2</sup>,上方和左右两侧都用塑料板截流,下方安装1m长的接水槽,槽上加盖。采用5:1的分流方式收集测定地表液体迳流量,槽内沉淀固体物取回烘干求得干重。每类林地设置两组(去除和保留枯枝落叶层)4个观测小区,各组观测值取2小区的平均值。

**2. 降雨量、林冠截留量、冠流量及茎流量** 在林外空旷地没有虹吸式自记雨量计和雨量桶,测定林外雨量。在每类森林的标准地内,均匀设置5个长100cm、宽10cm、深15cm的雨量槽,以及6个雨量桶,测量林内冠流量。茎流量的测定是采用划开的塑料导管(直径3cm)作蛇形缠绕树干基部,树干与导管间的缝隙用橡皮泥严封,茎流水通过导管引入塑料桶内。按照林木胸高直径分级,各类林地选择8株标准木,用标准木的平均茎流量,乘以标准地的林木总数,即得到各类林地每次降水的茎流量。林外雨量减去冠流量和茎流量,得到林冠截留量。截留量占林外雨量的百分比称为林冠截留率。

**3. 地表枯枝落叶层的现存量及其持水量** 在各类林的标准地内各选择10个0.5×0.5m<sup>2</sup>的小样方,分别收集样方内的枯枝落叶,在80℃条件下烘干至恒重,再称重即干重。将烘干后的枯枝落叶浸入水中48小时后,测定其持水量。

**4. 土壤含水量** 在每类林地内逐月挖取15cm左右深度的土壤,用烘干称重法测出它的含水量。

**5. 营养元素含量** 水样中的NH<sub>4</sub>-N采用纳氏试剂比色法,土壤中全N用蒸馏法。P用钼蓝比色法,K用原子吸收法,Ca、Mg用等离子原子发射光谱仪测定。

## 三、结果与分析

### (一) 各类森林对降水再分配的能力

不同类型的森林,其调节雨水、涵养水源的功能有所不同。

**1. 林冠截留雨量** 根据两年雨季的观测结果(表2)表明,针、阔两类森林对降雨的截持能力有所不同。在5—10月的雨季中,降雨量平均为721.9mm,林内冠流量在常绿阔叶

1) Morgan, R. P. C. (詹春梅译),1935;土壤侵蚀模拟实验资料收集。水土保持译报(中国水土保持学会编), (1) 38—41。

表 2 两类森林的林冠截留量<sup>1)</sup>

Table 2 The amount of canopy interception in two type forests

| 类 型<br>Types                            | 降 雨 量<br>Precipitation | 林冠截留量<br>Canopy interception |      | 冠 流 量<br>Throughfall |      | 茎 流 量<br>Stemflow |     |
|-----------------------------------------|------------------------|------------------------------|------|----------------------|------|-------------------|-----|
|                                         | (mm)                   | (mm)                         | (%)  | (mm)                 | (%)  | (mm)              | (%) |
| 常绿阔叶林<br>Evergreen broad-leaved forest  | 721.9                  | 131.4                        | 18.2 | 587.0                | 81.3 | 3.5               | 0.5 |
| 云南松林<br><i>Pinus yunnanensis</i> forest | 721.9                  | 93.7                         | 13.4 | 623.1                | 86.3 | 2.1               | 0.3 |

1) 为1986—1987年5—10月的平均值 The average from May to Oct. in 1986 and 1987

林中为587.0mm,茎流量为3.5mm,林冠截留率为18.2%,在云南松林中冠流量和茎流量分别为623.1mm和2.1mm,林冠截留率为13.4%。与其他地区相比较,滇中常绿阔叶林林冠截留率与于西里谿常绿阔叶林的接近(20.0—11.1%)<sup>[6]</sup>,低于海南岛山地雨林(36.5%)<sup>[5]</sup>;云南松林林冠截留率略高于华山松林(10.6%)<sup>[5]</sup>,而低于云冷杉林(24.6%)<sup>[5]</sup>。

在雨季中,林冠截留量和冠流量的各月差异较大,两类森林总的趋势是一致的,即降雨量大的月份,林冠截留量和冠流量也大,但是,林冠截留率则随着降雨量的增加而减少(图1)。雨季初期的5月和末期的10月份,降雨量均较少,林冠截留率却很大,其中常绿阔叶林林冠截留率的最高值达28.8%(1987年5月),云南松林达22.9%(1987年5月);而在降雨量集中的6—9月,林冠截留率小,其中常绿阔叶林林冠截留率的最低值为11.9%(1986年6月),云南松林为10.3%(1986年6月)。

就一次降雨过程作分析,当降雨量大于1.6mm时,云南松林内开始有冠流,常绿阔叶林则在降雨量增至2.3mm时才出现冠流。本地区降雨多为中雨(日降雨量10.1—30.0mm),小雨(日降雨量<10.0mm),二者约占总降雨天数的80—90%。林内冠流量的多少与降雨量大小有关。当日降雨量<5mm时,两类森林的冠流量占50—60%;日降雨量为10—15mm时,冠流量占70—80%,当日降雨量为15—20mm时,二者的冠流量占80—90%;当日降雨量为25—30mm时,二者的冠流量占93—96%。

此外,从表2中可看出,两类森林的树干茎流量有所差异,总的情况为常绿阔叶林大于云南松林。但是,二者的茎流量均较小,仅占总降雨量的0.2—0.5%。这主要是与本地区降雨多为中、小雨的情况,以及林分结构、树干表皮的粗糙程度、吸水性等有关。

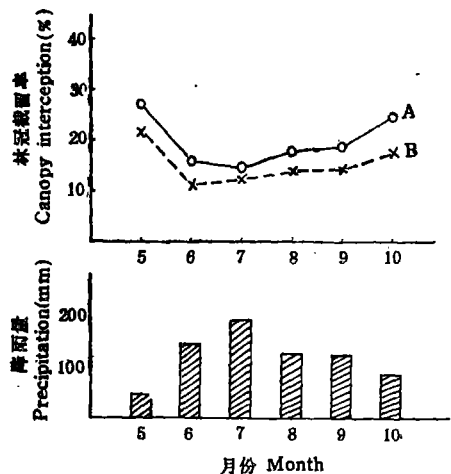


图 1 两类森林林冠截留率的月变化  
Fig.1 Monthly changes in the percentage of canopy interception of two type forests  
A: 常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest B: 云南松林 *Pinus yunnanensis* forest

**2. 枯枝落叶层的现存量、持水量** 地表枯枝落叶层是由处于不同分解状态的枯叶、枯枝等所构成。根据分解程度的不同,一般可分为未分解的(L亚层)、半分解的(F亚层)和完全分解的(H亚层)三个层次<sup>[7]</sup>。H亚层为已分解的疏松腐殖质,在常绿阔叶林地中,H亚层松软,呈粒状结构,与矿质土壤的界线不明显;在云南松林地中,H亚层分解不良,结构较紧密,与矿质土壤的界线较明显。经测定结果(表3)表明,常绿阔叶林地枯枝落叶层

表3 两类森林地表枯枝落叶层的干重及其持水能力

Table 3 The dry weight of the litter on forest floor and their water retaining capacity in two types forest

| 类 型<br>Types                            | L                          |                                 | F                          |                                 | H                          |                                 | Total                      |                                 |
|-----------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
|                                         | 干重<br>Dry weight<br>(t/ha) | 持水量<br>Retained water<br>(t/ha) | 干重<br>Dry weight<br>(t/ha) | 持水量<br>Retained water<br>(t/ha) | 干重<br>Dry weight<br>(t/ha) | 持水量<br>Retained water<br>(t/ha) | 干重<br>Dry weight<br>(t/ha) | 持水量<br>Retained water<br>(t/ha) |
| 常绿阔叶林<br>Evergreen broad-leaved forest  | 5.76                       | 9.53                            | 7.47                       | 23.78                           | 11.38                      | 21.42                           | 24.61                      | 54.73                           |
| 云南松林<br><i>Pinus yunnanensis</i> forest | 5.44                       | 8.76                            | 8.37                       | 26.46                           | 7.78                       | 11.38                           | 21.59                      | 46.61                           |

的总贮量略高于云南松林。其中在常绿阔叶林地中,处于完全分解状态(H亚层)的枯枝落叶最多,占总贮量的46%,未分解亚层的贮量最少,与其年凋落量接近;而在云南松林中则以处于半分解状态的枯枝落叶居多,占总贮量的39%,未分解亚层的贮量最少,但仍大于年凋落量,约为年凋落量的0.5倍<sup>[4]</sup>。

枯枝落叶层具有较强的吸水能力,然而,由于枯枝落叶层本身的组成,分解程度等的不同,因而在吸水量方面有一定的差异。从表3可看出,常绿阔叶林地枯枝落叶层的持水量高于云南松林。其中,在两类森林中均以处于半分解状态的枯枝落叶的持水率(与干重的百分比)最高,分别达318.30%和316.18%。由此可见,枯枝落叶层具有较好的水文效益。

**3. 土壤含水量的月变化** 本地区干、湿季节非常明显,故土壤含水量的季节变化显著(图2)。5—10月为本区的雨季,降雨量大,土壤含水量高,其中在雨季后期达到全年最高点。进入11月份以后,降雨量急剧减少,气候变干,到雨季来临前的4月底至5月初,土壤含水量处于全年的最低时期。从全年的变化情况看,常绿阔叶林地土壤含水量要比云南松林地的高15—40%。

**4. 地表水土流失量** 地表径流的大

小取决于林冠层、地被物层和土壤渗透等综合特性。根据两类森林枯枝落叶层的保留或

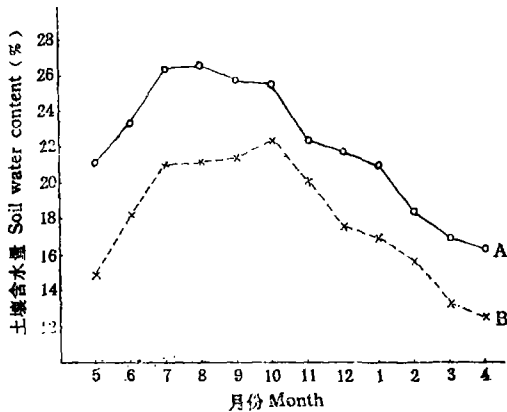


图2 两类林地土壤含水量的月变化

Fig. 2 Monthly changes in soil water content of two type forests

A, B: 同图1 See Fig. 1

去除的对比观测结果(表4)表明,林下枯枝落叶层的存在与否,地表水土流失量的差异很大。去枯与留枯样地相比较,地表液体迳流量和泥沙流失量,在常绿阔叶林中增加了1.25

表4 两类森林的地表液体迳流量(W, mm)和泥沙流失量(S, g/10m<sup>2</sup>)

Table 4 The amount of the surface runoff(W, mm)and soil losses(S, g/10m<sup>2</sup>)of two type forests

| 月份<br>Month | 降雨量<br>Precipitation<br>(mm) | 常绿阔叶林<br>Evergreen broad-leaved forest |                        |                    |                        | 云南松林<br><i>Pinus yunnanensis</i> forest |                        |                    |                        |
|-------------|------------------------------|----------------------------------------|------------------------|--------------------|------------------------|-----------------------------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
|             |                              | 去 枯<br>Without litter                  |                        | 留 枯<br>With litter |                        | 去 枯<br>Without litter                   |                        | 留 枯<br>With litter |                        |
|             |                              | W(mm)                                  | S(g/10m <sup>2</sup> ) | W(mm)              | S(g/10m <sup>2</sup> ) | W(mm)                                   | S(g/10m <sup>2</sup> ) | W(mm)              | S(g/10m <sup>2</sup> ) |
| 5           | 44.7                         | 0.67                                   | 20.8                   | 0.41               | 2.6                    | 0.95                                    | 66.2                   | 0.56               | 5.7                    |
| 6           | 146.6                        | 2.92                                   | 22.2                   | 1.47               | 3.6                    | 3.06                                    | 63.1                   | 1.18               | 2.5                    |
| 7           | 193.8                        | 2.70                                   | 100.5                  | 1.24               | 7.4                    | 6.11                                    | 38.9                   | 1.05               | 6.0                    |
| 8           | 127.6                        | 2.26                                   | 12.2                   | 0.87               | 0.5                    | 4.55                                    | 21.1                   | 0.57               | 0.7                    |
| 9           | 125.0                        | 1.47                                   | 14.8                   | 0.59               | 0.3                    | 3.28                                    | 11.4                   | 0.54               | 0                      |
| 10          | 84.2                         | 0.30                                   | 4.5                    | 0.19               | 0.9                    | 0.43                                    | 8.9                    | 0.42               | 0.2                    |
| 总量<br>Total | 721.9                        | 10.32                                  | 175.0                  | 4.57               | 15.3                   | 18.38                                   | 209.6                  | 4.32               | 15.1                   |

倍和11.44倍,云南松林中增加了3.25倍和12.38倍。在去除枯枝落叶以后,两类森林中产生地表水土流失的临界雨量也变小,并以云南松林地的下降幅度最大。其中两类林地产生地表液体迳流的临界雨量由去枯前的5—10mm减少为3—6mm,泥沙流失的临界雨量由去枯前的10—15mm降为6—10mm。由此可见,枯枝落叶层对减少地表迳流量,防止土壤流失具有显著的作用。

此外,从表4中可看出,在两类森林中,泥沙流失主要产生于雨季的前期和中期,地表液体迳流量与降雨量的百分比(称为地表迳流系数)则随着雨季的向后推移而有所提高。

## (二)营养元素的输入和输出

按照生态学的观点,水分运动总伴随着物质的迁移,这种水文化学效应也应是森林水文效应的一个重要方面<sup>[3]</sup>。

**1. 雨水、冠流和茎流中营养元素的含量及其输入量** 化学分析结果表明,在雨季各次降雨中,雨水、冠流和茎流的营养元素含量有一定的差异,其总的变化趋势为雨季前、后期含量较中期高,我们以各次降雨的分析结果的平均值作为雨季期间营养元素的含量。由表5中可看出,雨水中Ca的含量最高,P含量最低。冠流中营养元素含量均比雨水高,而且两类森林冠流中营养元素的含量差异较大,以冠流和雨水的含量之比来比较: NH<sub>4</sub>-N、P、K、Ca和Mg五种元素在常绿阔叶林中分别为3.61,2.68,13.57,2.92和4.53,云南松林中分别为2.51,2.10,10.29,1.66和3.75。显然前者比后者分别高0.44倍,0.28倍,0.32倍,1.76倍和0.21倍。树干茎流中除P以外,其他几种元素均比雨水和冠流的含量高,其中K在常绿阔叶林中增加幅度最大,约为雨水的28倍和冠流的1.2倍。

根据测定结果,在5—10月的雨季中,通过大气降水进入森林中的营养元素平均每年每公顷: Ca为7.87kg, NH<sub>4</sub>-N为5.13kg, K为4.51kg, Mg为2.31kg, P最少,仅0.22kg,与江西大岗山雨水P输入量(0.236kg)接近<sup>[1]</sup>。在云南的多数地区,土壤中P含量都很低,而

表5 雨水及两类森林冠流、茎流中营养元素的含量

Table 5 The nutrient elements in the rain water, throughfall and stemflow in two type forests

| 类 型<br>Types                                 | 项 目<br>Items       | NH <sub>4</sub> -N |         | P     |         | K      |         | Ca    |         | Mg    |         |
|----------------------------------------------|--------------------|--------------------|---------|-------|---------|--------|---------|-------|---------|-------|---------|
|                                              |                    | (ppm)              | (kg/ha) | (ppm) | (kg/ha) | (ppm)  | (kg/ha) | (ppm) | (kg/ha) | (ppm) | (kg/ha) |
| 常绿阔叶林<br>Evergreen<br>broad-leaved<br>forest | 雨 水<br>Rainfall    | 0.710              | 5.125   | 0.031 | 0.224   | 0.625  | 4.512   | 1.090 | 7.869   | 0.320 | 2.310   |
|                                              | 冠 流<br>Throughfall | 2.563              | 15.045  | 0.083 | 0.487   | 8.480  | 49.776  | 3.179 | 18.661  | 1.448 | 8.500   |
|                                              | 茎 流<br>Stemflow    | 3.944              | 0.138   | 0.035 | 0.001   | 18.710 | 0.655   | 5.437 | 0.190   | 2.958 | 0.104   |
|                                              | 淋 溶<br>Leaching    | —                  | 10.058  | —     | 0.264   | —      | 45.919  | —     | 10.982  | —     | 6.294   |
| 云南松林<br>Pinus yunnanensis<br>forest          | 冠 流<br>Throughfall | 1.783              | 11.110  | 0.065 | 0.405   | 6.430  | 40.065  | 1.810 | 11.278  | 1.201 | 7.483   |
|                                              | 茎 流<br>Stemflow    | 2.788              | 0.059   | 0.023 | 0.143   | 6.856  | 0.144   | 3.428 | 0.072   | 1.781 | 0.037   |
|                                              | 淋 溶<br>Leaching    | —                  | 6.044   | —     | 0.324   | —      | 35.697  | —     | 3.481   | —     | 5.210   |

它是植物生长必不可少的营养元素,因此降水中P的输入具有较为重要的意义。

由于森林类型的不同,因而营养元素从林冠中被淋溶出来的数量有所不同。在常绿阔叶林中NH<sub>4</sub>-N、P、K、Ca和Mg五种元素的淋溶量分别为9.92, 0.26, 45.26, 10.79和6.19kg/ha·a,云南松林中的淋溶量分别为5.99, 0.18, 35.55, 3.41和5.17kg/ha·a。

## 2. 地表水土流失中营养元素的损失量

### (1) 地表液体径流中营养元素的损失量

根据分析结果(表6)表明,两类林地的地表径流中,NH<sub>4</sub>-N、P的含量低于冠流中的含量,但K、Ca、Mg则比冠流的高。在两类型之间,常绿阔叶林地的地表径流中元素含量

表6 两类森林地表液体径流中营养元素的含量

Table 6 The nutrient elements in the surface runoff of two type forests

| 类 型<br>Types                                 | 枯枝落叶层状况<br>Litter state | NH <sub>4</sub> -N |         | P     |         | K      |         | Ca    |         | Mg    |         |
|----------------------------------------------|-------------------------|--------------------|---------|-------|---------|--------|---------|-------|---------|-------|---------|
|                                              |                         | (ppm)              | (kg/ha) | (ppm) | (kg/ha) | (ppm)  | (kg/ha) | (ppm) | (kg/ha) | (ppm) | (kg/ha) |
| 常绿阔叶林<br>Evergreen<br>broad-leaved<br>forest | 失 去<br>Loss             | 1.554              | 0.160   | 0.025 | 0.003   | 19.994 | 2.057   | 4.436 | 0.458   | 2.730 | 0.282   |
|                                              | 保 留<br>Retained         | 1.496              | 0.068   | 0.026 | 0.001   | 21.675 | 0.991   | 5.492 | 0.251   | 2.090 | 0.096   |
| 云南松林<br>Pinus<br>yunnanensis<br>forest       | 失 去<br>Loss             | 1.490              | 0.274   | 0.005 | 0.001   | 6.872  | 1.263   | 1.128 | 0.207   | 0.618 | 0.114   |
|                                              | 保 留<br>Retained         | 1.095              | 0.047   | 0.008 | 0.0     | 10.570 | 0.456   | 1.030 | 0.044   | 1.145 | 0.049   |

高于云南松林地的含量。从表中还可看出,在去除枯枝落叶层以后,地表径流水中元素含量也有所改变。其中变化较明显的是留枯样地的地表径流水中K含量显著地高于去枯样地的含量,说明枯枝落叶层可以提供较多的K源,当径流产生时,枯枝落叶层中那些易溶性元素随降水和径流的淋洗而损失。这与卢俊培等人<sup>[2]</sup>的观测结果相似。

通过地表径流所损失的营养元素,在常绿阔叶林地中,所测 5 种元素的总损失量为  $1.41 \text{ kg/ha} \cdot \text{a}$ ,比云南松林地多流失  $0.81 \text{ kg/ha} \cdot \text{a}$ ,其中各元素流失强度顺序为:  $\text{Ca} > \text{K} > \text{Mg} > \text{NH}_4\text{-N} > \text{P}$ 。去除枯枝落叶层以后,随地表径流损失的营养物质也明显地增多,与留枯样地相比较,在常绿阔叶林中增加了 1.1 倍,云南松林中增加了 2.1 倍。

## (2) 从泥沙中损失的营养元素数量

通过分析各样地中随地表径流冲刷而来的泥沙的营养元素含量(表 7)可以看出,泥沙中以 K、N 的含量高, Ca 的含量较 Mg、P 高。除 K 以外,常绿阔叶林地泥沙中其他几种元

表 7 两类森林径流泥沙中营养元素的含量

Table 7 The nutrient elements in the soil losses of two type forests

| 类 型<br>Types                                 | 枯枝落叶层状况<br>Litter state | N     |         | P     |         | K     |         | Ca    |         | Mg    |         |
|----------------------------------------------|-------------------------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|
|                                              |                         | (%)   | (kg/ha) | (%)   | (kg/ha) | (%)   | (kg/ha) | (%)   | (kg/ha) | (%)   | (kg/ha) |
| 常绿阔叶林<br>Evergreen<br>broad-leaved<br>forest | 失 去<br>Loss             | 0.360 | 0.630   | 0.035 | 0.061   | 0.569 | 0.996   | 0.290 | 0.508   | 0.191 | 0.334   |
|                                              | 保 留<br>Retained         | 0.390 | 0.060   | 0.043 | 0.007   | 0.516 | 0.079   | 0.294 | 0.045   | 0.187 | 0.029   |
| 云南松林<br>Pinus<br>yunnanensis<br>forest       | 失 去<br>Loss             | 0.155 | 0.325   | 0.016 | 0.034   | 0.660 | 1.383   | 0.130 | 0.272   | 0.145 | 0.304   |
|                                              | 保 留<br>Retained         | 0.333 | 0.050   | 0.023 | 0.003   | 0.694 | 0.105   | 0.136 | 0.021   | 0.141 | 0.021   |

素含量均比云南松林地的高。总的说来,两类森林的泥沙流失量及由泥沙中流失的营养元素数量均很少。但是,去除枯枝落叶层以后,随着泥沙流失量成倍地增加,营养元素的损失量也显著增加,与留枯样地相比较,所测 5 种元素的总损失量,常绿阔叶林地增加了 10.5 倍,云南松林地增加了 10.6 倍。

## 四、结 语

综上所述,滇中地区的山地森林水文效应因森林类型的不同而有所不同。常绿阔叶林的林冠截留率为 11.9—28.8%,云南松林的为 10.3—22.9%。树干茎流量也以常绿阔叶林的为高。在两类林地中,枯枝落叶层平均厚度 3—5 cm,其现存量在常绿阔叶林中为  $24.61 \text{ t/ha}$ ,云南松林地中为  $21.59 \text{ t/ha}$ ,它的一次最大持水量,前者为  $54.7 \text{ t/ha}$ ,后者为  $46.6 \text{ t/ha}$ 。两类林地土壤含水量的季节变化明显,并且常绿阔叶林地的土壤含水量平均比云南松林地的高 15—40%。在地表水土流失量方面,两类型的差异不显著。但是,去除林下枯枝落叶层以后,地表液体径流量和泥沙流失量,常绿阔叶林地增加了 1.25 倍和 11.44 倍,云南松林地增加了 3.25 倍和 2.88 倍。

在营养元素的输入量和流失量方面,两类森林也有所不同。在常绿阔叶林中,通过降水对林冠养分的淋溶,每年随冠流、茎流进入林地的营养元素—— $\text{NH}_4\text{-N}$ 、P、K、Ca 和 Mg 的数量分别是 15.18, 0.49, 50.43, 18.85 和  $8.60 \text{ kg/ha}$ ,云南松林中相应为 11.17, 0.55, 40.21, 11.35 和  $7.52 \text{ kg/ha}$ 。据统计,在两类森林的养分归还中,淋溶的养分量占总养分还原量(凋落物和冠流、茎流养分量之和)的 42—60%<sup>[4]</sup>。而且淋溶出来的养分都是可溶性的,能够被植物直接吸收,因此,降水的养分淋溶具有加速植物生长,促进养分循环的重要

作用。此外,在地表水土流失过程中,也有一定数量的养分随径流水和泥沙损失掉。以上5种元素的损失量在阔叶、针叶两类森林中分别为1.627kg/ha·a和0.796kg/ha·a。去除枯枝落叶层后,两类林地的养分损失量分别增加了2.4倍和4.2倍。

总之,森林良好的水文效益与林下枯枝落叶的存在有密切的关系。目前,在滇中的许多山区,当地的群众每年都上山收取林内的枯枝落叶(尤其是在云南松林内)作为燃料消耗掉,年复一年,许多林地变成“光板地”,水土冲刷、养分流失较为严重。因此,在保护森林资源的时候,不仅要保护林木,而且也要注意保存林下的枯枝落叶层。

森林水文学的研究,是一项涉及内容广、工作量大、时间性长的工作。本研究仅就森林水文学中的部分问题作了初步的探讨,尚有许多问题有待于今后进一步深入研究。

### 参 考 文 献

- [1] 马雪华, 1989, 在杉木林和马尾松林中雨水的养分淋溶作用, 生态学报, 9(1)15—20.
- [2] 卢俊培, 1981, 海南岛尖峰岭半落叶季雨林中“刀耕火种”生态历果的初步观测. 植物生态学与地植物学丛刊, 5(4)271—279.
- [3] 卢俊培、曾庆波, 1987, 热带森林水文学研究综述, 热带林业科技, (2)1—8.
- [4] 刘文耀、郑征、荆贵芬, 1989, 滇中常绿阔叶林及云南松林枯落物的初步研究, 广西植物, 9(4)347—355.
- [5] 张增哲、余新晓, 1988, 中国森林水文学研究现状和主要成果, 北京林业大学学报, 10(2)79—87.
- [6] 温远光、黄承标, 1988, 里谿森林涵养水源功能的初步分析, 林业科技通讯, (5)19—22.
- [7] 阿姆森, K.A., (林伯群, 周重光译), 1984, 森林土壤, 科学出版社, 1—46.

## PRELIMINARY STUDY ON HYDROLOGIC EFFECT OF EVERGREEN BROAD-LEAVED FOREST AND *PINUS* *YUNNANENSIS* FOREST IN CENTRAL YUNNAN

Liu Wen-yao Liu Lun-hong Zheng Zheng Jing Gun-fen

(Kunming Institute of Ecology, Academia Sinica)

### Abstract

Throughfall, stemflow and canopy interception, water retaining capacity of the litter, variational soil water content, soil losses and surface runoff of the plot of retained litter and lost litter as well as the input of elements (N, P, K, Ca and Mg) by rainfall and the output of elements by surface soil erosion in evergreen broad-leaved forest and *Pinus yunnanensis* forest have been studied in Tonghai county during the rain seasons of 1986 and 1987.

The results showed that the ability of regulating rain water of two forests was different. In evergreen broad-leaved forest, average annual percentage of canopy interception was 18.2% of the rainfall and was 13.4% in *Pinus yunnanensis* forest. The average annual percentage of stemflow for two forests was only 0.3—0.5% of the rainfall. The soil water content of evergreen broad-leaved forest was 15—40% higher than that of *Pinus yunnanensis* forest.

The amount of soil erosion in two forests were closely correlated to the litter loss. After loss of forest litter, the amount of soil losses and surface runoff increased by 11.4 and 1.3 times in evergreen broad-leaved forest and 12.9 and 3.3 times in *Pinus yunnanensis* forest.

The input and output of nutrients in two forests also were different. The amount of  $\text{NH}_4\text{-N}$ , P, K, Ca and Mg input by rainfall in evergreen broad-leaved forest was 15.2, 0.5, 50.4, 18.9 and 8.6 kg/ha·a respectively, and the same quantities in *Pinus yunnanensis* forest were 11.2, 0.6, 40.2, 11.4 and 7.5kg/ha·a respectively. The total amount of the elements output by soil erosion in the former forest was 1.6kg/ha·a and that for the latter forest was 0.8 kg/ha·a, and the amount of the elements by soil erosion in two forests increased by 2.4 and 4.2 times respectively after loss of litter layer.

**Key words** Evergreen broad-leaved forest, *Pinus yunnanensis* forest, Hydrologic effect