

# 滇中不同群落结构云南松林的水文作用

刘文耀

刘伦辉<sup>6</sup>

郑征

S791.240.2

(中国科学院昆明生态研究所, 昆明)

**摘要** 研究结果表明, 在3类不同群落结构的云南松林中, 调节和涵养水分、保持水土的能力均以复层林最好, 禾草-云南松林居中, 疏林最差; 林冠截留率分别为13.4%, 9.3%和7.9%, 地表枯枝落叶层的最大持水量分别为65.8t/ha, 46.6t/ha和8.7t/ha, 年平均冲刷量分别为0.015t/ha, 0.088t/ha和0.452t/ha, 径流深分别为4.32mm, 15.59mm和85.57mm, 径流系数分别为0.80%, 2.16%和11.85%。此外, 长期受人为干扰、结构简单的疏林地土壤含水量及表土层中有机质、全N、速效态P、K元素含量都明显地低于其它两类林地。本文最后提出, 为了提高森林水文效益, 一方面要营造具有多层结构的云南松针阔混交林, 另一方面也要注意保护林下地被植物和枯枝落叶。

**关键词** 云南松林, 群落结构, 水文作用

**中图分类号** S715, S791.257

松林

云南松林是我国西南地区主要的森林植被和重要的用材林类型之一, 它对该地区的林业发展、维持生态平衡具有不可忽视的作用。然而, 近几十年来, 由于持续的、集中大面积的开发利用和破坏, 致使云南松的天然林资源大幅度减少。在云南松林的分布中心——滇中地区, 原生的云南松林已几乎见不到, 现存的多为中、幼龄林, 且受人干扰较大<sup>[1]</sup>。根据林下植物种类组成和人为干扰程度, 可划分几类不同组成结构的云南松群落。过去, 对滇中地区云南松林的生物学特性和采伐更新问题, 人们曾作过较多的研究<sup>[2, 3]</sup>, 而关于不同群落结构的云南松林调节和涵养水分、保持水土的功能, 以及林地土壤肥力状况等方面尚未见报道。为此, 我们于1986, 1987两年, 在云南通海县秀山对常见的几类云南松群落开展了有关水文生态作用的观测试验研究, 现将结果整理报道如下。

## 1 试验区概况

1942

通海县地处低纬度高原, 据该县气象站资料, 年平均气温15.6℃, 年平均降雨量869.2mm, 5~10月为雨季, 降雨量达666.9mm, 占全年总量的76.8%, 11~4月为旱季, 降雨为204.4mm, 仅占年总量的23.2%。该县属于中亚热带半湿润冬暖夏凉的高原季风气候, 具有干湿分明、四季冷暖变化不明显的特点。

本项研究的试验林地均选择在秀山的东北坡向、海拔1920~2000m的范围内, 土壤为山地红壤。由于该山体基本上都处于秀山公园的保护范围内, 并有多处寺庙, 因此, 森林植

被保护良好,类型多种多样。根据实地调查结果,云南松林按其林内植物种类组成及群落结构特点,可划为3类不同结构的云南松群落。第1类为云南松与某些阔叶树种混生的林分,但混交程度不明显,仍以云南松为主;该类型受人为干扰少,具明显的层次结构,云南松居上层,平均高20~25m,平均胸径20~30cm;阔叶树种一般都生在云南松之下,主要有元江栲(*Castanopsis orthacantha*)、滇青冈(*Cyclobalanopsis glaucoides*)、滇石栎(*Lithocarpus dealbatus*)等;郁闭度0.6;灌木层高1~2m,盖度40%,主要种类有爆仗花杜鹃(*Rhododendron spiciferum*)、小铁仔(*Myrsine africana*)、老鸦炮(*Vaccinium fragile*)等;草本层盖度10%~15%,主要以四脉金茅(*Eulalia quadrinervis*)、刺芒野古草(*Arundinella setosa*)、云南兔儿风(*Ainsliea yunnanensis*)等为主;地表枯枝落叶层平均厚3~5cm。第2类为林下草本植物极发达的云南松群落,此类型是常绿阔叶林遭受大面积砍伐,火烧后云南松侵入成林,林相整齐,云南松高15~18m,胸径15~20cm;林内伴生有少量的华山松(*Pinus armandi*);郁闭度0.6;灌木层高1m,盖度30%,主要种类有小铁仔、厚皮香(*Ternstroemia gymnantha*)、云南含笑(*Michelia yunnanensis*)等;草本植物发达,盖度60%,主要以刺芒野古草、云南兔儿风、野拔子(*Elsholtzia rugulosa*)、火绒草(*Leontopodium* sp.)等;因保护较好,地表枯枝落叶层较多,约3cm厚。第3类为地表裸露的云南松疏林,它是在长期受人为干扰(如砍伐留劣、掠夺式收取林内枯枝落叶等)的条件下形成的;林木稀疏,生长不良,林分平均高8~12m,胸径10~15cm,郁闭度0.4~0.5;灌木稀少,有小铁仔、老鸦炮、杜鹃等;草本植物种类贫乏且数量少,主要有刺芒野古草、火绒草等;地表因冲刷严重而板结。为了以下论述方便,把以上3类云南松群落分别简称为复层林、禾草-云南松林和疏林。这些云南松林类型在组成、结构、生长情况及土壤条件等方面,在滇中地区都有一定的代表性。

## 2 研究内容和方法

### 2.1 降雨量和林冠截留量的测定

在林外空旷地设置虹吸式自记雨量计和雨量筒,测定林外雨量。在每类云南松林分中,靠近径流场设置8个雨量筒,测定林内雨量。

### 2.2 冲刷量、径流量的测定

在各类林地中,选择地形相似的地段,参照Gerlach方法<sup>①</sup>,分别设置两个封闭的径流观测小区,面积10m×1m,坡度30~35°。每次雨后观测冲刷量、径流量。并取两小区的平均值作为每次径流的观测值。

### 2.3 枯枝落叶层现存量、持水量和土壤含水量的测定

在各类林地中,随机选取10个面积各为0.5m×0.5m的小样方,取未分解层、半分解层和分解层的枯枝落叶,测定其干重。另外,把烘干的枯枝落叶浸入水中24h,然后测定其持水量。土壤含水量每月取样一次,用烘干称重法测定。

### 2.4 土壤营养元素含量的测定

在每类林地中,挖取两个土壤剖面,并抽取0~20cm深表土的混合样品,分析其中主

①. Morgn, R. P. C. 著:詹春梅译,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

要营养元素含量。土壤有机质用重铬酸法测定, N用半微量凯氏法测定, K用原子吸收法测定, P用钒钼黄比色法测定。

### 3 结果与分析

#### 3.1 林冠截留量

在降雨量相同或相似的情况下, 林冠截留量之大小取决于林分树种组成、结构层次、郁闭度等。林分郁闭度越大, 层次越多, 其截留降水的功能愈强。两年雨季的观测结果(表1)表明, 在3类不同结构的云南松林中, 以复层林截留降水的功能最强, 雨季期间月均截留率10.0%~23.7%, 年平均13.4%; 其次是禾草-云南松林, 月均截留率4.0%~23.3%, 年平均9.3%; 最小是疏林, 其年均截留率只有7.9%。

表1 不同结构的云南松林林冠截留量

TABLE1 The canopy interception of differently structured  
*Pinus yunnanensis* forests

项目	疏林	禾草·云南松	复层林
降雨量(mm)	721.9	721.9	721.9
截留量(mm)	57.0	67.1	96.7
截留率(%)	7.9	9.3	13.4

注: 1986~1987年5~10月的平均值

观测结果还表明, 林冠截留量随着降雨量的增加而增加, 但其截留率却随着降雨量的增加而减少。雨季初期(5月)和末期(10月)的截留率较高, 而中期(7月左右)的截留量虽较多, 但截留率较小。关于林冠截留量与降雨强度的关系, 一般是随着不同等级降雨强度的增加而林冠截留量增大, 而截留率则相应减小。如在日降雨强度为0.1~0.5mm时, 截留率可达30%~50%; 日降雨强度小于20.0mm时, 截留率为10%~20%; 当日降雨强度大于30.0mm时, 截留率就降为10%以下。

#### 3.2 地表枯枝落叶层现存量及其持水量

林地枯枝落叶层按其分解程度分为L层(未分解层, 枝叶完好)、F层(半分解层, 枝叶成碎片)和H层(分解层, 枯落物成粉末状腐殖土)[4]。3类云南松群落由于凋落物的数量和组成, 受人为干扰程度不同, 造成各层次的现存数量及吸持水能力各异。由表2可看出, 云南松复层林和禾草-云南松林的林内均积累有较多的枯枝落叶, 分别达28.89t/ha和21.59t/ha, 其中半分解程度以上的都已占各自总量的75%左右。森林枯枝落叶具有较强的吸持水分的能力, 尤其以处于半分解状态的枯落物吸水力最强, 达原干物质重量的300%~316%。经测定, 两类林地枯枝落叶层一次最大持水量分别为65.8t/ha和46.6t/ha, 相当于一次截留了6.6mm和4.7mm的降水。而疏林地内枯枝落叶量少, 且多为新近凋落的枯叶, 仅有2.9t/ha, 一次最大持水量只为6.7t/ha, 仅相当于0.7mm的降水。显然, 后一类林分涵蓄水源的能力比前两类林分差得多。

#### 3.3 冲刷量、径流量

两年雨季的观测结果(表3)表明, 3类云南松林的冲刷量、径流量、产沙和产流日

表 2 不同结构的云南松林枯枝落叶层的干重及其持水量  
TABLE 2 The dry weight of litter and its water absorbing capacity of differently structured *Pinus yunnanensis* forests

类 型	项 目	L层	F层	H层	合 计
疏 林	干重 (t/ha)	1.56	1.34		2.89
	持水率 (%)	160.9	315.7		
	持水量(t/ha)	2.51	4.23		6.74
禾草-云南松林	干重 (t/ha)	6.44	8.37	7.78	21.59
	持水率 (%)	161.1	316.2	146.3	
	持水量(t/ha)	8.76	26.47	11.38	46.61
复 层 林	干重 (t/ha)	7.06	12.03	9.31	28.88
	持水率 (%)	154.3	300.8	191.2	
	持水量(t/ha)	10.88	36.19	18.76	65.83

\*持水率为枯枝落叶浸入水中24小时后称重与其干重之百分比。

表 3 不同结构的云南松林年平均地表水土流失量  
TABLE 3 Average annual soil erosion of differently structured *Pinus yunnanensis* forests

类 型	降雨量 (mm)	产沙日数 (天)	泥沙量 (kg/ha)	产流日数 (天)	径流深 (mm)	径流系数 (%)
疏 林	721.3	33	452.1	50	85.57	11.85
禾草-云南松林	721.9	18	88.1	42	15.59	2.16
复 层 林	721.9	10	15.1	36	4.32	0.60

数、径流系数等,按其大小顺序为:疏林>禾草-云南松林>复层林。其中疏林地产沙日数平均每年比复层林和禾草-云南松林多23天和15天,冲刷量为两类林地的28.9倍和4.1倍;产流日数也比后两类林地多14天和8天,径流量分别为后两类林地的18.8倍和4.5倍。与其他地区比较,本区云南松林的复层林、禾草-云南松林的年径流量和冲刷量与卢俊培等<sup>[5]</sup>对海南岛尖峰岭半落叶季雨林的观测结果(为5.42mm, 0.069t/ha)接近,而疏林地的平均泥沙流失量虽小于该区撩荒地的流失量,但地表径流量则明显地比它的(为37.58mm)大。

通过对3类林地雨季各月的地表径流量和冲刷量的方差分析(表4, 5),可以看出,

表 4 不同结构的云南松林雨季各月的地表径流量及方差分析  
TABLE 4 Surface runoff of each month in the rainy season of differently structured *Pinus yunnanensis* forests and its variance analysis

类型	不同月份地表径流深(mm)						方差分析	多重比较		
	5	6	7	8	9	10		平均值	差	数
疏林	2.35	18.10	18.99	15.35	31.82	0.97		14.26		
禾草-云南松林	0.87	5.99	1.76	4.18	2.43	0.56	$F=7.19^{**}$	3.60	11.66*	
复层林	0.56	1.18	1.05	0.67	0.54	0.42		0.72	13.54**	1.88

\* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$

表5 不同结构的云南松林雨季各月的冲刷量及其方差分析  
TABLE 5 Soil losses of each month in the rainy season of differently structured *Pinus yunnanensis* forests and its variance analysis

类型	不同月份冲刷量 (kg/ha)						方差分析	多重比较		
	5	6	7	8	9	10		平均值	差	数
疏林	81.5	100.2	22.0	122.0	166.4	10.0		75.85		
禾草-云南松林	43.7	14.9	22.1	5.4	2.0	0	$F=6.37^{**}$	14.68	60.87*	
复层林	5.7	2.5	6.0	0.7	0.2	0		2.52	72.87**	2.16

\* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$

疏林地与其他两类林地之间差异显著, 而其他两林地之间无显著的差异。

在观测期内, 降雨日数平均为85天, 不同等级降雨量的日数分布极不均匀, 从而在各级降雨过程中形成的冲刷量、径流量差异较大。从图1中可看出, 降雨量小于20.0mm的日数有74天, 占总降雨日数的87%; 3类林地的冲刷量和径流量分别占各自总量的23.8%~30.4%和30.3%~34.7%。

而大于30.0mm的降雨日数只出现5天, 频率为5.9%, 降雨量218.5mm, 林地冲刷量和径流量则分别占各自总量的52.3%~63.2%和44.0%~56.5%。可见, 本区水土流失主要发生在几次大的降雨过程中, 一般降雨情况下水土流失程度是很小的。就3类不同结构的云南松林而言, 从图1看出, 无论在哪一等级的降雨量下, 疏林地的冲刷量、径流量都比其他两类林地大, 而且形成冲刷和径流的最小雨量, 疏林地(分别为4mm左右和2.5mm左右)也比其他两类林地(复层林和禾草-云南松林分别为10~15mm和4~6mm)小。

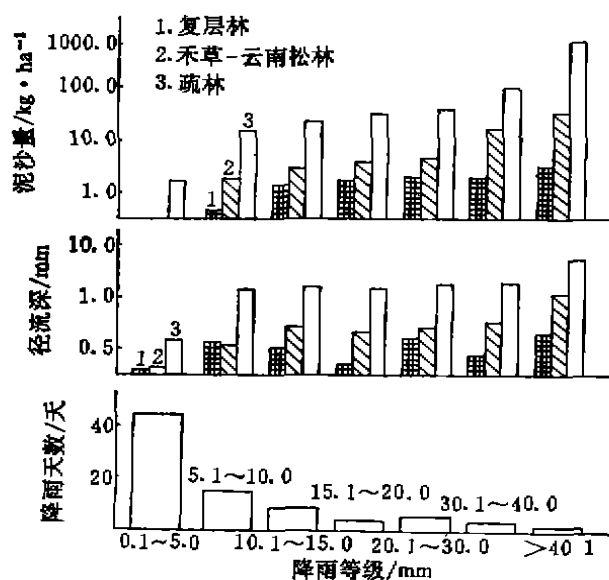


图1 不同结构的云南松林地不同等级降雨日数与冲刷量、径流量关系

FIGURE 1 The relationship between the rainy days of different lerds and the soil losses and surface runoff in differently structured *Pinus yunnanensis* forests

### 3.4 林地土壤含水量及主要营养元素含量

通过逐月测定各类林地 0~15cm 深各层土壤含水量的变化,结果(图 2)表明,3 类云南松林之间土壤含水量存在着较大的差异。总的情况是复层林>禾草-云南松林>疏林。从图中可看出,3 类林地土壤含水量均在雨季后期的 9~10 月份达到全年的最高峰,而在次年的 4~5 月份出现其最低值。然而,即使在雨季,疏林地土壤含水量也明显低于其他两类林地,且经常处于较干旱的状态。如与复层林地比较,疏林地土壤含水量平均降低了 20%~60%。据屠梦照等人<sup>[6]</sup>对 15 年生人工林的研究结果,在人为运走枯枝落叶层的情况下,土壤含水量很低,造成这些人工林生长停滞。由此可知,云南松疏林林木生长较差的原因之一也是土壤水分不足。其他两类林地土壤含水量较高,两林分间差异不大。

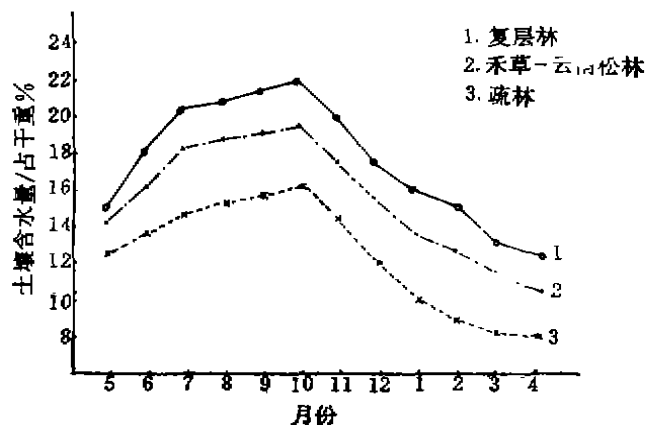


图 2 不同结构云南松林地土壤含水量的月变化

FIGURE 2 Monthly changes in soil water content of differently structured *Pinus yunnanensis* forests

严重的水土流失,使得林地土层变薄,沙化程度高,土壤干燥而板结。据在雨季初期的 6 月上旬测定结果,疏林地土壤紧实度为  $2.75\text{kg}/\text{cm}^2$ ,而复层林和禾草-云南松林林地仅分别为  $1.72\text{kg}/\text{cm}^2$  和  $1.44\text{kg}/\text{cm}^2$ 。而且,水土流失也造成林地表层土壤肥力下降。从对 3 类林地 0~20cm 深表土的化学分析结果中(表 6)可以看出,疏林地中有机质、全 N 及速效 P, K 元素含量都明显地低于其他两类林地的含量,其中以有机质和全 N 的含量最低,仅为复层林地的 60.4% 和 30.0%。疏林 C/N 比值也很高,土壤养分的供应能力较差。

表 6 不同结构的云南松林地表土层(0~20cm)的营养含量

TABLE 6 Nutrient content in the soil surface(0~20cm) of differently structured *Pinus yunnanensis* forests

类型	有机质 (%)	全 N (%)	$P_2O_5$ (%)	$K_2O$ (%)	速效 P (mg/100g $\pm$ )	速效 K (mg/100g $\pm$ )	C/N
疏林	1.80	0.03	0.02	1.89	1.58	7.78	29.02
禾草-云南松林	2.53	0.08	0.03	1.81	2.46	8.83	17.81
复层林	2.98	0.10	0.03	1.79	2.32	9.27	14.41

此外,在水土流水过程中也造成相当数量的养分损失,测定结果表明,N,P,K的年总流失量也以疏林地最大,分别为复层林和单层林地的12.4倍和2.7倍,19倍和0.8倍,11.6倍和1.6倍。可见,疏林地的肥力耗损是十分显著的。

#### 4 结论与建议

森林良好的水文作用与林分的树种组成、结构层次、地被植物覆盖度、枯枝落叶的数量及其分解程度,土壤理化特性等因素密切相关。随着人为干扰程度的增加,森林的水文效益明显地降低。根据以上观测结果,结合本区云南松林的经营和管理,建议在滇中地区营造云南松人工林时,应注重林分的空间结构,采取多树种、多层次的搭配,组建有复层结构的针阔混交林;其次对本区现存的大面积云南松疏林,应加强保护,封山育林,减少人为干扰,并引进或种植一些适宜的阔叶树种,改变林分结构,使之变成具有乔、灌、草多层结构的林分。此外,根据枯枝落叶具有良好的水文特性,以及它们在分解中一些大量元素在其向土壤释放前有一个较长的积累阶段的特点<sup>[7]</sup>,也应注意保护林下枯枝落叶层,以提高森林水文效益。

#### 参 考 文 献

- 1 李本德,刘中天.云南松的分布及其分区.云南大学学报,1984(1):33~46
- 2 李本德,刘中天,王立勤.云南松林分结构和生长规律的初步研究.云南大学学报,1984(1):47~58
- 3 刘中天,汤家生,李本德.云南松林的更新.云南大学学报,1984(1):59~68
- 4 阿姆森, K. A. 著;林柏群,周重光译.森林土壤.北京:科学出版社,1984. 1~46
- 5 卢俊培,曾庆波.海南岛尖峰岭游耕农业及热带林采伐的生态后果.北京林业大学学报,1987,9(4):348~354
- 6 屠梦照,姚文华.广东沿海丘陵地森林植被的变迁与土壤之间的关系.见:中国科学院华南植物研究所集刊(第二集).北京:科学出版社,1983. 95~102.
- 7 刘文耀,荆桂芬,和爱军.滇中常绿阔叶林及云南松林凋落物和死地被物中的养分与动态.植物学报,1990,32(8):637~646

## Preliminary Study on Hydrologic Function of Differently Structured *Pinus yunnanensis* Forests in Central Yunnan Province

Liu Wenyao Liu Lunhui Zheng Zheng

(Kunming Institute of Ecology, Chinese Academy of Sciences)

**ABSTRACT** Canopy interception, soil erosion, water and nutrient conditions of soil and the water retaining capacity of litter, under differently structured *Pinus yunnanensis* forests in central Yunnan Province were studied. The results showed significant differences of hydrologic

function among three differently structured *P. yunnanensis* forests. In the multi-storeyed forest, the mean annual percentage of canopy interception was 13.4% of the rainfall and was 9.3% and 7.9% in the grass-*P. yunnanensis* forest and the open forest; maximum water retention was 65.8t/ha, 46.6t/ha and 6.7t/ha respectively; the mean annual soil losses were 0.015t/ha, 0.088t/ha and 0.452t/ha respectively; the mean annual surface water runoff were 4.32mm, 15.59mm and 85.57mm respectively; and the coefficients of surface runoff were 0.60%, 2.16% and 11.85% respectively. The soil water content and the content of organic matter, total N and available P, K in the surface soil of the open forest were lower than that of the other forests. From these results we can conclude that, to increase the hydrologic function of the forests, mixed forests of *P. yunnanensis* and of broad-leaved, multi-storeyed trees should be planted. Moreover, attention should be paid to protection of cover plants and litter.

**KEY WORDS** *Pinus yunnanensis* forest, community structure, hydrologic function

(责任编辑 颜师)

#### · 书刊评介 ·

### 台湾《现代育林》杂志的特色

21年前, 台湾省成立了台湾造林事业协会, 这是一个协调森林经营工作的民众团体。《现代育林》杂志即为该会会刊, 创刊已8年。该刊的主要特色有: ①实用性、可读性强。它没有太多的理论性论文, 大多是针对台湾造林工作实际, 登一些有针对性的专论, 供林业工作者参考。②栏目丰富。它包括特辑、林业专题、森林美学、园林绿化、育林技术、自然保护、书刊介绍、林业简讯、人工美林等多个栏目。③印刷精美、文字流畅。该刊有大量精美的森林景观彩照, 其印刷之好, 使人有如临其境的感觉。文字之流畅也是全国林业期刊中第一流的。④用大量篇幅报导大陆林业现状, 态度客观。对大陆的林业成就和政府对林业绿化的宣传工作大加赞赏, 同时也提出了有待进一步解决的一些问题。建议有条件的林业单位图书馆订购该刊, 以使大陆广大林业工作者了解台湾的林业状况, 促进海峡两岸的林业技术交流。

(胡 涌)