

不同经营措施笋用麻竹人工林的地表径流研究

郑郁善, 陈卓梅, 邱尔发, 尤志达, 洪有为, 陈礼光

(福建农林大学林学院, 福州 350002)

摘要:通过测定南靖国有林场山地麻竹笋用林 3 种经营措施的地表径流和泥沙含量, 结果表明在一定降雨量范围之内, 呈现出随着降雨量级别的上升, 地表径流量先增长较慢, 后增加较快的趋势; 降雨量在 10mm 以下均不出现地表径流, 60mm 以上的降雨占全年降雨量的 59.50%, 产生的地表径流总量却占年地表径流量的 79.58%。从泥沙含量月动态来看, 采用扩穴经营的林地泥沙含量最大的月份出现在 2000 年 8 月, 与地表径流出现的最大月份吻合, 而经过全翻和带翻的林地的径流泥沙含量在 2000 年 6 月达到最大。地表径流和泥沙含量都以实行全翻的竹林为最大, 每年流失分别达 30.37mm 和 234.45kg·hm⁻², 其次是带翻, 最小的是扩穴; 并经方差分析显示全翻与扩穴之间的差异显著, 带翻却不显著。地表径流及其泥沙含量均具有明显的季节性, 雨季大于旱季; 地表径流量与一次性降雨量呈显著的指数函数相关。通过对笋用麻竹人工林不同经营措施的对比研究, 发现麻竹人工林具有较强的水源涵养能力和泥沙固着能力, 适合在我国热带和亚热带地区作为特殊用途的水土保持林。

关键词:麻竹; 地表径流; 经营措施; 笋用林

Study on runoff in *Dendrocalamus latiflorus* plantation used for shoot by the different management measures

ZHENG Yu-Shan, CHEN Zuo-Mei, QIU Er-Fa, YOU Zhi-Da, HONG You-Wei, CHEN Li-Guang (Fujian Agricultural and forestry university, forestry department, Fujian 350002, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(11): 2387~2395.

Abstract: *Dendrocalamus latiflorus* is an important bamboo of wide usage, fast growing and wide adaptability. *Dendrocalamus latiflorus* spread widely in Tropic and Subtropical areas, especially in the southeast of Fujian Province. Bamboo shoot of *Dendrocalamus latiflorus* not only tastes delicious but also has abundant nutrition. Its strong root has great ability to maintain water and soil resources effectively. *Dendrocalamus latiflorus* has high economic benefit, as well as social and ecological benefit. However, the knowledge about silviculture technique of *Dendrocalamus latiflorus* was still in the superficial stage because its biological and ecological properties have not been fully recognized. Furthermore, unreasonable management measures taken by the farmer leads to the serious soil losses in *Dendrocalamus latiflorus* plantation. Therefore, effective measures for water and soil conservation in management of *Dendrocalamus latiflorus* plantation should be taken. Experiment plots with were established in Xiaoshangcheng working

基金项目:福建省科技厅重大科技项目(2002N001)

收稿日期:2003-02-02; **修订日期:**2003-09-10

作者简介:郑郁善(1960~), 男, 福建永泰人, 教授, 主要从事竹林生态学研究, E-mail: zys1960@163.com

Foundation item: The Momentous Science and Technology Item of Fujian Science and Technology Office.

Received date: 2003-02-02; **Accepted date:** 2003-09-10

Biography: ZHENG Yu-Shan, Professor, main research field: bamboo stand ecology.

unit of Nanjing Stated-own Forest Farm, which include overall tending, strip tending and ditch tending. The soil and water losses of each plot were measured for one year. The results showed that the runoff increased gradually with the increase of rainfall. Furthermore, runoff increased slowly at the first stage, then did faster. Surface runoff happened when rainfall exceeded 10mm. The over 60mm rainfall accounted for 59.50 percent of the total annual rainfall, however it's surface runoff accounted for 79.58 percent of the total annual runoff. The monthly soil and water losses in the ditch tending treatment was the highest in August during whole year. The runoff in overall tending treatment and strip tending treatment was in June. Annual surface runoff and soil losses in the overall tending treatment were 30.37 mm and 234.45 kg·hm⁻², respectively. There were in the sequence of the overall tending > the strip tending treatment > the ditch tending treatment. There was obvious difference between the ditch tending treatment and the overall tending treatment through equation analysis. There were obvious seasons dynamic change in runoff and soil losses, in sequence of rainy season > drought season. The correlation between Surface runoff and rainfall could be modeled fairly by index. *Dendrocalamus latiflorus* plantation was suited for planting in the southern subtropical areas of China. For possessing the function of maintaining water and soil resources, tropical and *Dendrocalamus latiflorus* plantation also could be specially used for soil and water conservation.

Key words: *Dendrocalamus latiflorus*; surface runoff; management; used for shoot

文章编号: 1000-0933(2003)11-2387-09 中图分类号: Q143 文献标识码: A

径流是陆地上重要的水文现象,集中反映了流域植被、土壤、气候和其他一些综合水文特征,是衡量森林保持水土、涵养水源、削减洪峰等效益的一个基本指标^[1]。森林具有最大的水源涵养效能,能显著地改善水资源状况,森林水文效应的研究既是森林生态学、森林水文学的重要课题,又是整个水资源研究中的组成部分。

丛生竹林是我国森林资源的重要组成部分,其面积 100 多万 hm²,约占我国竹林总面积的 1/4,主要分布在华南、西南和东南沿海地区^[2]。麻竹(*Dendrocalamus latiflorus*)是南亚热带、热带及部分中亚热带的重要经济竹种,其经济价值高、用途广泛、易栽培、周期短、且适应范围广,特别是其发达的根系,具有较强的涵养水源,防风保土的作用;不仅具有很高的经济效益,而且有很高的社会效益和生态效益。1864 年,德国的 Ebmayerd 在巴伐利亚建立了第一个森林气象站,对林地的降雨量、枯枝落叶对地面蒸发的影响进行测定。此后,国内外开展了大量森林水文效应的研究,Burch 等曾对集水区径流的动态变化进行了研究^[3],但对竹林生态系统的结构和功能及其竹林水文效应的研究较少,特别是对丛生竹林生态系统的研究基本上是空白。径流受诸多因素的影响,包括植被、土壤、气候、地形、地貌以及人类影响导致的流域景观变化,比较研究表明森林变化对流域径流的影响尚未得到一致的规律性的结果^[4]。本文主要从森林生态系统角度对麻竹人工林地表径流量、泥沙流失量等方面进行探讨,侧重论述麻竹林的地表径流规律,目的在于揭示人工经营麻竹林的水土保持能力,为在我国热带、南亚热带地区营造和经营麻竹林提供科学依据。

1 试验地自然概况

试验地设在南靖国有林场小山城工区。南靖县位于福建省东南部,漳州市西北部,九龙江西溪上游,海拔高度 280 m,属闽南低山丘陵地带。地跨东经 117°0',北纬 24°26'~24°59'。属南亚热带季风气候区,多年平均径流总量 21.6 亿 m³,其中枯水年(P=90%)为 13.66 亿 m³;年均温 21℃,1 月份平均气温 8.7~13℃,7 月份平均气温 28℃,极端高温 40.5℃,极端低温-2℃。≥10℃的活动积温 5323.1~7512.7℃,持续天数 273~341 d。终年无雪,无霜期天数 322 d;小山城地区年均日照时数 2051.6 h,日照百分率 46%,太阳辐射总量约 5009.52 J·m⁻²·s⁻²。雨量充沛,水湿条件好,全县各地年均降水量 1587.5~1879.6 mm,较集中于春夏两季,相对湿度 79%~87%,是麻竹生长的最适区。

小山城工区土壤属砂岩母质发育的山地红壤,土体 ABC 构型,土层深厚,大部分在 1.5 m 以上,土壤

湿润,呈酸性,pH 值 4.57,明显缺磷钾,土壤有机质含量较高,地表植被生长旺盛,以芒萁(*Dicranopter dichotoma*)、五节芒(*Miscanthus floridulus*)、桃金娘(*Rhodomyrtus tomentosa*)和蕨类(*Pteridophyta*)为主^[5]。

2 试验设计和研究方法

2.1 试验设计

试验林于 1996 年春移栽母竹造林,按株行距 5 m×5 m 设计,即密度为 400 株·hm⁻²。2000 年 5 月底,在同一坡面、坡度(坡度为 21°)选择具有代表性的麻竹林分,分别采取全面锄草深翻,隔 1m 带状深翻(深度 20cm),及扩穴(即农户常规土壤管理,每年 3 月份扩穴,不深翻)3 种不同的土壤经营措施,建立径流场。

2.2 径流场设置

径流场为长方形,长 20 m,宽 5 m,水平面积 100 m²,长边顺坡垂直于等高线,短边与等高线平行。场四周用砖砌成截水墙,用水泥抹面,场上方及两侧均开排水沟。场下端设倒梯形集水槽,下设积流池。积流池长、宽、高均为 1 m,在距池底 1 m 处的前面,安装了 10 个分流孔,下设 1 分流池,以承接主池容纳不下时的分流,分流池长 1 m,宽 0.5 m,高 0.8 m^[6]。

2.3 降雨量的测定从 2000 年 5 月底直到 2001 年 5 月,在距离径流场 10 m 的裸地设置标准雨量筒 1 个,每次降雨跟踪测量降雨量和采集水样^[7],并按降雨量级、月份进行统计(如表 1、2)。

2.4 地表径流及泥沙含量的测定

每次降雨后观测地表径流量,过堰时水量可由下面公式计算: $Q=1+10x$ (x 为单孔分流量, m³);并取水样,采用烘干法测定其泥沙含量^[8]。

3 结果与分析

3.1 不同经营措施麻竹林地表径流的比较

地表径流量受降水量、降水强度、降水持续时间、植被状况、林地枯枝落叶量、土壤结构、土壤渗透性能及地形、坡度等条件的综合影响^[9]。

3.1.1 不同降雨量等级降雨产生的地表径流 按不同程度的降雨划分出降雨量等级,降雨的多少是影响麻竹林地表径流量大小的主要因素之一,在一定降雨范围之内,呈现出随着降雨量级别的上升,地表径流量先增长较慢,后增加较快的趋势;径流系数和一次性降雨量的关系也与之基本类似。

从表 1 可以看出,在降雨量小于 10 mm 时,3 种经营措施均不出现地表径流,降雨量在 10~60 mm 产生的地表径流总量仅占全年径流总量的 20.42%;降雨量>60 mm 的降雨占全年降雨量的 59.50%,产生的地表径流总量却占年地表径流量的 79.58%。由此可见,大、暴雨是产生地表径流的主要来源。在研究苏南丘陵主要森林类型的地表径流时也得出相同结论^[10]。

从不同经营措施的林地产生的地表径流看,在降雨量大于 10mm 时,带翻和扩穴产生地表径流,全翻则在降雨量大于 20mm 时才有地表径流产生。地表径流量及径流系数在降雨量小于 30mm 时,均以扩穴最大,其次是带翻和全翻;在降雨量大于 30mm 时,则以全翻最大,带翻居中,最小的是扩穴,且降雨量等级越大,径流系数的差异越大。如:在降雨量为 30~40mm 时,全翻的径流系数为 0.57%,分别是带翻和扩穴的 1.16 倍和 1.32 倍;而当降雨量上升到 150~200mm 时,全翻的径流系数达到 2.91%,分别是带翻和扩穴的 1.24 和 1.97 倍(表 1,图 1)。这是因为全面深翻使土壤变得更疏松,增加了土壤孔隙度,改良了土壤的渗透性能,在降雨量较小的情况下有利于雨水下渗速度,削弱了地表径流的产生;在大雨、暴雨时,降雨强度一旦超过土壤的下渗,由于地表既无灌木草本层的覆盖,雨滴的动能大,冲刷作用强,又无枯落物的阻滞,容易形成地表径流,且降雨量越大,对地表径流形成的促进作用越强。

根据实测数据,选择几次近似降雨时不同经营措施竹林地表径流的平均值,对降雨量与地表径流的关系,发现用指数函数拟合的效果最好,并得出不同经营措施麻竹林地表径流与降雨量的相关方程:

$$\text{全翻 } Y=0.1586 \times 1.0224^x \quad T_1 \text{ 值}=14.2 \quad (1)$$

$$\text{带翻 } Y=0.1080 \times 1.0228^x \quad T_2 \text{ 值}=16.7 \quad (2)$$

$$\text{扩穴 } Y = 0.1093 \times 1.0187^X T_3 \text{ 值} = 31.9 \quad (3)$$

$T_{1,2,3}$ 值 $> T_{0.01} = 2.704$, 方程均达到极显著水平。式中, Y 为地表径流量, X 为降雨量 (mm)。

3.1.2 不同经营措施麻竹林地表径流的月动态 从表 2 可看出, 雨季降雨量大, 地表径流量亦大, 3 种不同经营措施平均地表径流量达 22.20 mm, 占年度的 99.72%, 而旱季则恰好相反, 几乎无地表径流产生, 只 2001 年 3 月带翻和扩穴有少量径流 (图 2)。

表 1 不同经营措施、不同降雨量林地产生的地表径流

Table 1 Surface runoff of different management measures and rainfall

降雨量级 Classes of rainfall (mm)	降雨量 Rainfall (mm)	径流量 Runoff (mm)				径流系数 Runoff coefficient (%)			
		全翻 Overall tend	带翻 Strip tend	扩穴 Ditch tend	平均值 Average	全翻 Overall tend	带翻 Strip tend	扩穴 Ditch tend	平均值 Average
5~10	42.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10~20	107.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1
20~30	103.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
30~40	218.2	1.2	1.1	0.9	1.1	0.6	0.5	0.4	0.5
40~60	335.5	4.7	3.2	2.1	3.3	1.4	1.0	0.6	1.0
60~80	269.1	4.0	3.3	2.2	3.1	1.5	1.2	0.8	1.2
80~100	273.6	4.5	3.6	2.3	3.5	1.6	1.3	0.8	1.3
100~150	384.2	6.5	4.3	2.8	4.5	1.7	1.1	0.7	1.2
150~200	324.2	9.4	6.1	4.2	6.6	2.9	1.9	1.3	2.0
<60	851.7	6.0	4.4	3.3	4.6	0.7	0.5	0.4	0.5
>60	1251.1	24.4	17.3	11.5	17.7	2.0	1.4	0.9	1.4
全年 Total	2102.8	30.4	21.7	14.7	22.3	1.4	1.0	0.7	1.1

同时, 在比较雨季前和雨季后降雨的产流量时发现, 在降雨量相差不大的情况下, 雨季前降雨的产生的径流量比雨季后小得多。例如, 2000 年 10 月降雨量为 151.10 mm, 比 2001 年 4 月小, 但 3 种经营措施林地平均径流量却达 1.80 mm, 大于后者的 1.36 mm; 降雨量最大的 6 个月出现在 2000 年 6 月~9 月及 2001 年 4 月~5 月, 而地表径流量最大的 6 个月却出现在 2000 年 6 月~10 月及 2001 年 5 月。这说明了径流量的增长在时间上滞后于降雨的增加。这是因为森林土壤对降水具有一定的蓄积作用, 前期降雨转入土壤中成为壤中流, 甚至进一步转为地下径流, 而不会引起地表径流。相同的结论在有关热带山地雨林的水文动态研究中也有得出^[11,12]。

不同经营措施林地的地表径流系数最大值均出现在 2000 年 9 月, 比降雨量最大的 2000 年 6 月滞后了 3 个月, 也说明了降雨前期土壤的蓄水和削弱径流的作用。在全翻的林地, 由于 2000 年 5 月刚实施深翻, 大雨量级时对地表径流的促进作用十分显著, 月地表径流量在 2000 年 6 月即达到全年最大。

从不同经营措施林地的地表径流看, 全年地表径流量最大的是实行全翻的林地, 达 30.37 mm, 其次为带翻和扩穴, 分别为 21.67 mm 和 14.73 mm; 除 2000 年 10 月和 2001 年 5 月之外, 月径流量最大的是全翻, 其次是带翻, 最小为扩穴; 全翻在 2001 年 3 月无径流产生, 而带翻和扩穴则有地表径流 (表 2)。这是因为闽南地区多大雨和暴雨, 在大雨量级降雨时垦复对地表径流的产生有促进作用, 因而年地表径流量和大多数月份的地表径流量都是全翻最大, 扩穴最小, 带翻在大雨量级降雨时对地表径流的促进作用较全翻更弱, 因而其年径流量介于全翻和扩穴之间。由于深翻能疏松土壤, 利于降雨下渗, 小雨量级时对地表径流的形成有削弱作用, 而 2000 年 10 月和 2001 年 5 月多小雨量级降雨, 故 2000 年 10 月和 2001 年 5 月出现与

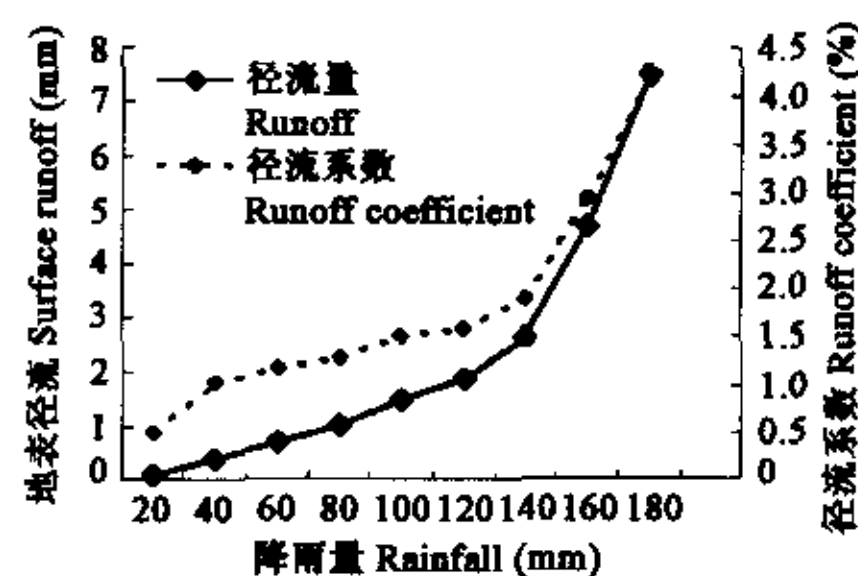


图 1 不同降雨产生的地表径流

Fig. 1 Surface runoff of the different rainfall

其它月份相反的变化规律,地表径流量最小的是全翻。

表 2 不同经营措施麻竹林地表径流的月动态

Table 2 Monthly surface runoff of *Dendrocalamus latiflorus* forest land by different management measures

时间 Time	降雨量 Rainfall (mm)	径流量 Runoff(mm)				径流系数 Runoff coefficient(%)			
		全翻 Overall tend	带翻 Strip tend	扩穴 Ditch tend	平均 Average	全翻 Overall tend	带翻 Strip tend	扩穴 Ditch tend	平均 Average
2000 年 6 月 June, 2000	481.2	9.7	6.3	3.6	6.5	2.0	1.3	0.8	1.4
2000 年 7 月 July, 2000	256.8	2.2	1.4	1.1	1.6	0.9	0.6	0.4	0.6
2000 年 8 月 August, 2000	455.5	9.6	6.5	3.9	6.7	2.1	1.4	0.9	1.5
2000 年 9 月 Sep, 2000	155.9	4.2	2.5	1.4	2.7	2.7	1.6	0.9	1.7
2000 年 10 月 Oct, 2000	151.1	1.5	1.7	2.2	1.8	0.9	1.1	1.5	1.2
2000 年 11 月 Nov, 2000	34.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2000 年 12 月 Dec, 2000	56.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2001 年 1 月 Jan, 2001	64.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2001 年 2 月 Feb, 2001	21.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2001 年 3 月 March, 2001	77.9	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1
2001 年 4 月 April, 2001	184.7	1.4	1.4	1.3	1.4	0.8	0.7	0.7	0.7
2001 年 5 月 May, 2001	162.6	1.8	1.9	0.9	1.5	1.1	1.1	0.6	0.9
雨季 Rainy season	1847.7	30.4	21.6	14.6	22.2	1.6	1.2	0.8	1.2
旱季 Dry season	255.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
全年 Total	2102.8	30.4	21.7	14.7	22.3	1.4	1.0	0.7	1.1

雨季指 2000 年 6 月~2000 年 10 月、2001 年 4 月和 5 月,旱季指 2000 年 11 月~2001 年 3 月。Rainy season refers from June 2000 to Oct. 2000, April and May 2001; drought season refers from Nov. ,2000 to March,2001

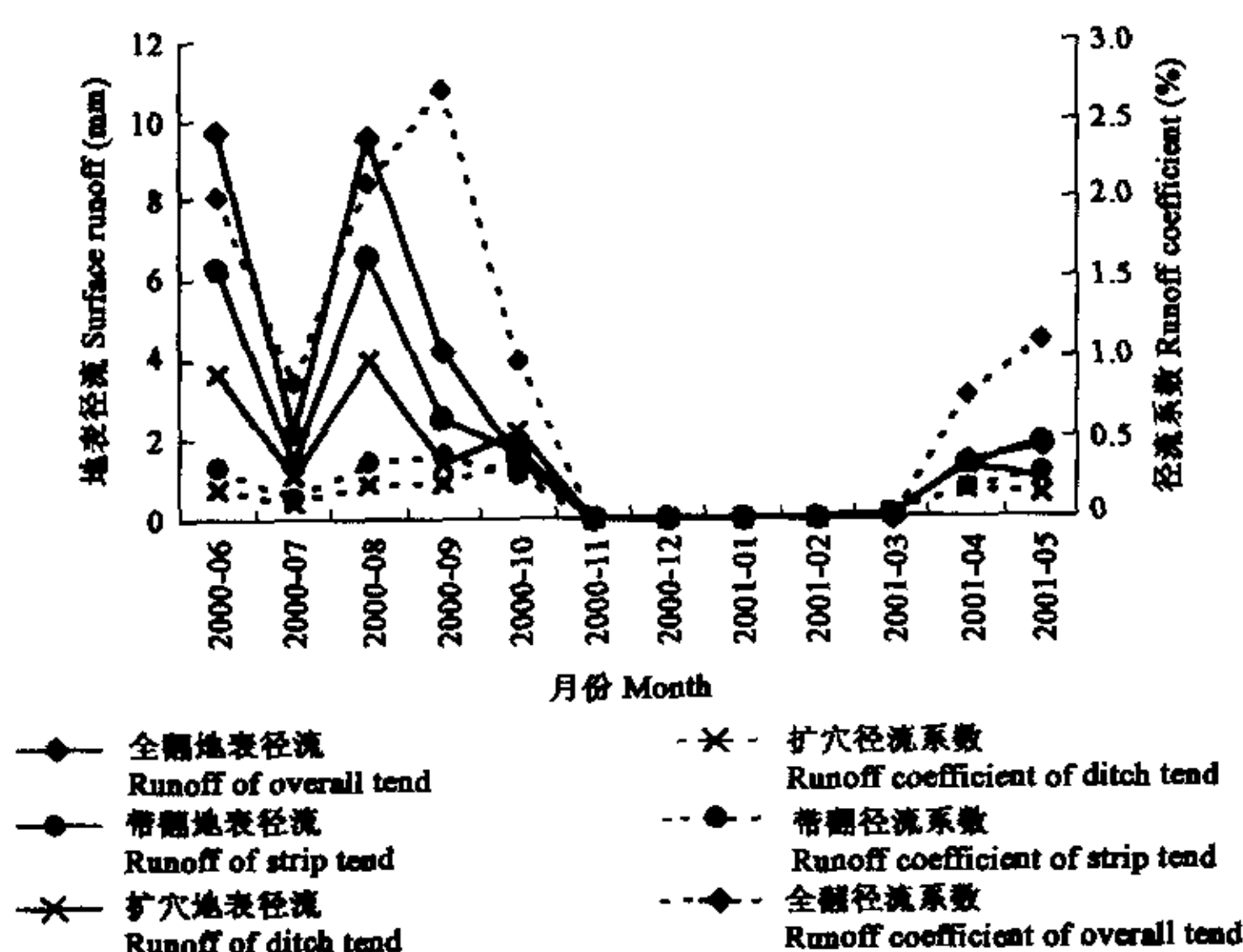


图 2 不同经营措施地表径流的月动态

Fig. 2 Montly dynamics of runoff of the different managements

对不同月份及不同经营措施间地表径流进行方差分析。从表 3、4 可以看出,各月份之间以及各经营措施之间地表径流量差异均达到显著水平;全翻与扩穴的地表径流量差异达到显著,带翻与扩穴之间的地表径流量差异不显著。

因此,从保持水土的角度看,全翻造成地表径流量比扩穴显著增加,流失速度加快,不宜在生产中采用;而带翻虽然会造成水土流失的增加,但与扩穴间的差异并不明显,而且显著提高竹林的经济效益,可以在生产中推广应用。

3.2 不同经营措施地表径流泥沙含量的比较

凡对林地地表径流过程有影响的因子均对地表泥沙流失发生作用,而且,泥沙含量与径流量之间呈显著的线性正相关,地表径流量愈大,泥沙含量愈多。

表3 方差分析表

Table 3 Analysis of Variance table

因子 Factors	离差平方和 Sum of squares	自由度 df	均方 Mean square	F 值	F _{0.05}
经营措施 Managment	10.23	2	5.1165	3.86*	3.44
月份 Month	190.28	11	17.2983	13.05*	2.26
剩余 Surplus	29.16	22	1.3256		
总和 Sum	229.68	35			

带“*”为差异显著。“*”——Obvious difference in analysis of variance

表4 不同经营措施平均值相差表

Table 4 Variance of mean value in different management

各水平平均值 Mean value of factors	$X_1 - X_3$	$X_1 - X_2$	$X_1 - X_1$
X_1	2.531	1.303*	0.725
X_2	1.806	0.578	
X_3	1.228		

X_1 、 X_2 和 X_3 分别代表全翻、带翻和扩穴 X_1 -overall tend、 X_2 -strip tend and X_3 -ditch tend * 同表3 the same as table

3

从不同经营措施林地的年地表径流泥沙含量来看,全面深翻使地表破碎,土粒更易随径流流失;加之作为泥沙携带者的地表径流量大,年泥沙流失量明显大于带翻和扩穴,达 $234.45 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,分别是后二者的 1.63 倍和 2.61 倍。从地表径流泥沙含量的月动态来看,除 2000 年 10 月和 2001 年 5 月之外,均以实施全翻的林地地表径流的泥沙含量最大,这与不同经营措施地表径流的月动态相同。

表5 不同经营措施麻竹林地泥沙含量的月动态

Table 5 Monthly dynamics of soil losses by the different managements

月份 Month	降雨量/mm Rainfall	泥沙含量($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) Soil losses				径流土壤侵蚀率(泥沙/径流)(%) Rate of erosion(soil/runoff)			
		全翻 Overall tend	带翻 Strip tend	扩穴 Ditch tend	平均值 Average	全翻 Overall tend	带翻 Strip tend	扩穴 Ditch tend	平均值 Average
2000 年 6 月 June, 2000	481.2	87.3	40.8	18.2	48.8	9.0	6.5	5.0	7.5
2000 年 7 月 July, 2000	256.8	18.4	11.0	8.6	12.7	8.4	7.9	7.8	8.1
2000 年 8 月 August, 2000	455.5	54.3	34.9	20.5	36.6	5.7	5.4	5.1	5.5
2000 年 9 月 Sep, 2000	156.0	30.0	17.4	9.7	19.0	7.1	6.9	6.9	7.0
2000 年 10 月 Oct, 2000	151.1	12.8	12.9	12.7	12.8	8.5	7.6	5.8	7.1
2000 年 11 月 Nov, 2000	34.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2000 年 12 月 Dec, 2000	56.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2001 年 1 月 Jan, 2001	64.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2001 年 2 月 Feb, 2001	21.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2001 年 3 月 March, 2001	78.0	0.0	2.5	2.9	1.8	0.0	31.7	29.2	30.3
2001 年 4 月 April, 2001	184.7	16.6	9.4	9.1	11.7	11.8	7.0	6.9	8.6
2001 年 5 月 May, 2001	162.6	15.1	14.7	8.1	12.6	7.9	8.4	8.3	8.2
雨季 Rainy season	1847.7	234.5	141.1	86.8	154.1	7.7	6.5	5.9	6.9
旱季 Dry season	254.9	0.0	2.5	2.9	1.8	0.0	31.7	29.2	30.3
全年 Total	2102.8	234.5	143.6	89.7	155.9	7.7	6.6	6.1	7.0

从表5可以看出,泥沙含量受降雨量的影响,在年度内分配极不均匀。旱季,全翻没有径流产生,因而

也没有泥沙流失;带翻和扩穴只有 2.54 和 $2.92 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 分别只占全年的 1.77% 和 3.25% 。扩穴泥沙含量最大的月份出现在 2000 年 8 月, 与地表径流出现的最大月份吻合, 而滞后于降雨量最大的 2000 年 6 月; 全翻和带翻由于 2000 年 5 月刚进行深翻, 地表破碎, 土壤疏松, 其径流泥沙含量在 2000 年 6 月即达到最大(图 3)。

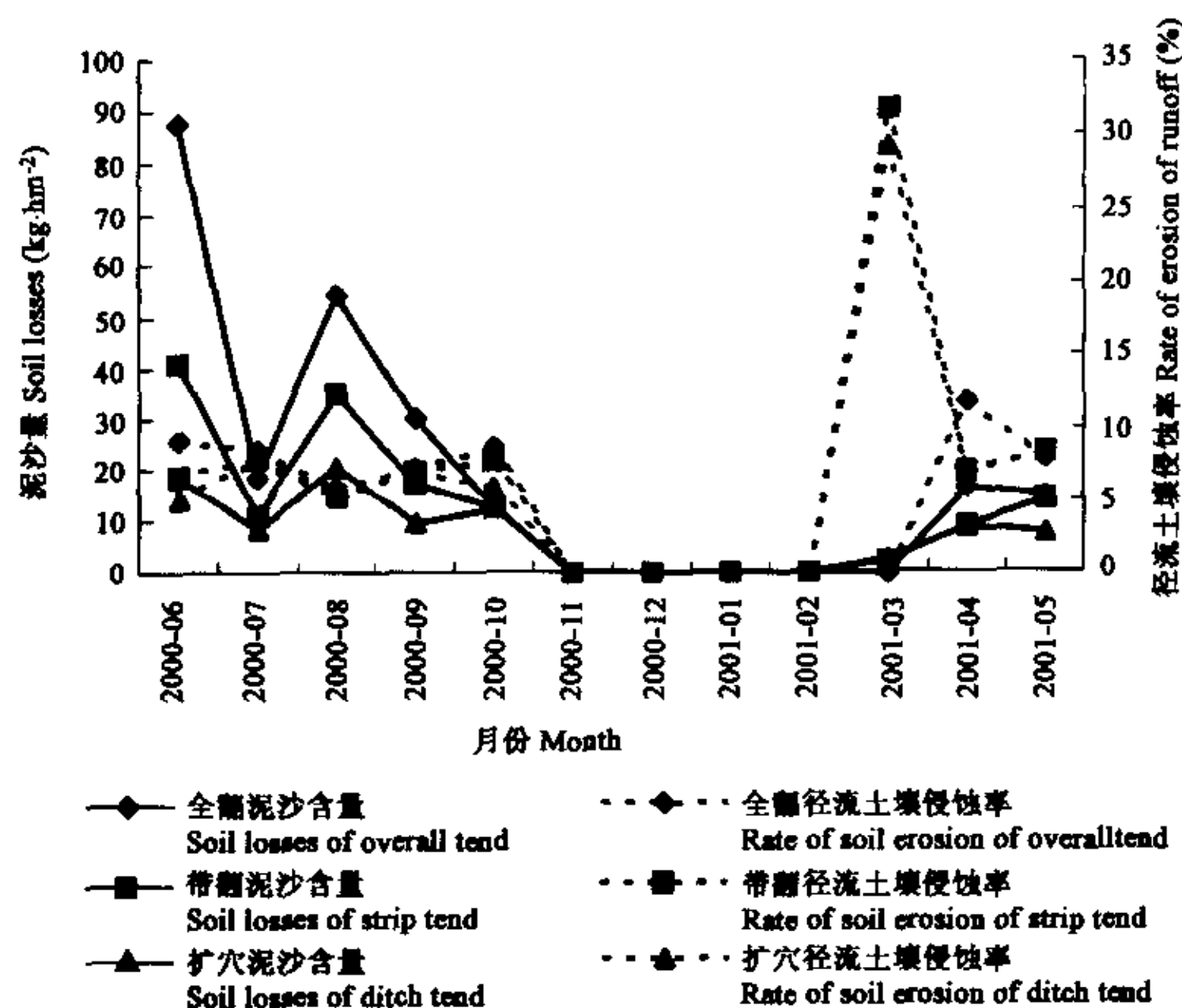


图 3 不同经营措施泥沙含量的月动态

Fig. 3 Monthly dynamics of soil losses in different managements

对不同月份及不同经营措施间地表径流泥沙含量的差异情况进行方差分析, 从表 6、表 7 可以看出, 各月份之间及各经营措施之间地表径流的泥沙含量差异水平均达显著; 全翻与扩穴的地表径流泥沙含量差异达到显著, 带翻与扩穴之间的地表径流泥沙含量差异不显著。

表 6 方差分析表

因子 Factors	离差平方和 Sum of squares	自由度 df	均方 Mean square	F 值	$F_{0.05}$
经营措施 managment	891.69	2	445.85	3.92*	3.44
月份 Month	8019.62	11	729.51	6.41*	2.26
剩余 Surplus	2501.32	22	113.69		
总和 Sum	11412.64	35			

* * 同表 3 the same as table 3

表 7 不同经营措施平均值相差表

各水平平均值 Mean value of factors	$X_1 - X_3$	$X_1 - X_2$	$X_1 - X_1$
X_1	19.537	12.061*	7.57
X_2	11.967	4.491	
X_3	7.477		

X_1 、 X_2 和 X_3 分别代表全翻、带翻和扩穴 X_1 -overall tend、 X_2 -strip tend and X_3 -ditch tend “*”同表 3 the same as table 3

4 结论与讨论

(1) 麻竹人工林地表径流发生的基本条件是降雨量超过 $10 \sim 20 \text{ mm}$; 其地表径流量的大小与降水量呈正线性相关。在同等降雨强度条件下, 径流量的大小也会因不同经营措施而有差异, 径流量与降雨强度、经营措施之间的关系可能就不是简单的线性相关。另外, 地表径流系数与降水强度在通常情况下有正相关关系, 但在超强度降水情况下则发生例外的情况, 因此需对超强度降水过程作进一步的观察。

(2) 径流量除了与降雨量、降雨强度有关系,还受到土壤的特性、植被覆盖度和雨前含水量的影响。各种地类都有不同的渗透率,土壤粒径愈大,孔隙越大,透水性越强;水稳性团粒越多,渗吸速度越大,都可能减少径流的发生。全翻、带翻及扩穴对土壤理化性质产生了不同影响。其中,以全翻的林地土壤理化性质最好,其渗透性能、孔隙度和贮水能力等都是3种处理中最好的,土壤稳渗速度为 $9.62 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$,在建立径流场之前,测定径流场土壤理化性质,其土壤(0~20cm)的稳渗速度 $7.63 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$,可以看出,采取不同的经营措施后,增加了土壤的稳渗速度,减少了径流的发生。

(3) 全翻、带翻和扩穴3种经营措施麻竹林,年地表径流量分别为30.37、21.67和14.73mm,以实行全翻的竹林为最大,其次是带翻,最小的是扩穴;麻竹人工林地表泥沙流失量的大小与降水量呈正线性相关,泥沙含量分别为234.45、143.61和89.72 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$;对2个指标方差分析显示全翻与扩穴差异显著,带翻与扩穴之间的差异不显著。地表径流量与一次性降雨量呈显著的指数函数相关;地表径流及其泥沙含量均具有明显的季节性,雨季大于旱季。

(4) 从泥沙流失量来看,全翻会造成泥沙流失明显加剧,在经营麻竹林时最好不要采取全翻方式的抚育管理。如果为了保证竹林生产力而采取土壤垦复措施时,应尽量减少深翻的次数,并以带翻为主。实行扩穴的麻竹林年泥沙流失量为89.72 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,而福建尤溪杉木林泥沙流失量为252.84~629.24 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (林开敏,1991)¹⁾,这可能与年降雨量较大有关,也有可能是因土壤立地条件的不同造成的。总体来说,麻竹林不失为一种水土保持能力较强的林分。从林地持续利用和保持水土的角度看,全翻造成地表径流和泥沙含量显著较大,而带翻与扩穴差异不显著,在现实生产中,可依据不同经营措施对竹林生态效益的影响进行选择使用。目前,人们对山地麻竹栽培的认识主要还停留在感性认识上,其生物及生态学特性尚未被充分认识,山地麻竹栽培难以进一步向高效、丰产、优质、稳定、持续的方向发展,更谈不上发挥其生态与社会效应、开展可持续经营了。本文主要从森林生态系统角度对麻竹人工林地表径流量、泥沙流失量等方面进行研究,探讨其与其它森林类型的差异性,发现麻竹人工林具有较强的水源涵养能力和泥沙固着能力,地表径流和泥沙含量较小,适合在我国热带和亚热带地区和长江中上游地区作为特殊用途的水土保持林。

References:

- [1] Fang X J, Meng G T, Yun N J. Law of Runoff Yield of Man-made Plant Community in Mountain of Central Yunnan Plateau. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2001, 15(1): 64~68, 84.
- [2] Xie J Z, Fu M Y, Xiao J H. Studies on Water Effects of Biological System of Big-cluster Bamboo Forest. *Journal of Bamboo Research*, 2000, 19(4): 18~25.
- [3] Burch G J, et al. Comparative hydrological behaviour of forested and cleared catchments in Southeastern Australia. *Journal of Hydrology*, 1989, 90: 19~42.
- [4] Liu S R, Sun P S, Wen Y G. Comparative Analysis of Hydrological Functions of Major Forest Ecosystems in China. *Acta Phytocologica Sinica*, 2003, 27(1): 16~22.
- [5] Qiu E F, Zheng Y S, Hong W. A Comparison of Leaves Character Between Flowering and No-Flowering *Dendrocalamus latiflorus* Planted on Mountain. *J. of Fujian Forestry University*, 2002, 22(2): 105~108.
- [6] Lei R D, Shang L B. Water Funtional Effects of Man-made Activity to the Sawtooth Woods. *Studies on the Position of Forest Ecosystem of China*, 1994. 235~244.
- [7] Ma X H, Yang M R. A Study on Hydrological Function of Subtropical Plantations of *Cunninghamia lanceolata* and *Pinus massoniana*. *Scientia Silvae Sinicae*, 1993, 29(3): 199~206.
- [8] He H Y. A preliminary Study of Water and Soil Erosion Conditions in Sidalong Forest Region in the Qilian Mountain Areas. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1992, 6(1): 48~56.
- [9] Huang C B, Wei B E. A Study on Surface Runoff of Different Types of Vegetation in Guangxi Autonomous Regin.

1) 林开敏. 炼山后杉木人工林生态系统动态研究. 福建林学院硕士论文, 1991. Lin K. M. Dynamic Studies on the Ecosystem of Chinese Fir Plantation After Controlled Burning. Master Paper of Fujian Forestry College, 1991

Scientia Silvae Sinicae, 1991, 27(5): 490~497.

- [10] Li T S, Jiang Z L. A preliminary Study of the Surface Runoff of the Main Forest Types on the hills in Southern JianGSu Province. *Forestry Publishing Company of China*, 1992. 23~117.
- [11] Chen B F, Zeng Q B. Ecohydrological effect of Tropical Mountain Rainforest on JianEengling, Hainan island. *Acta Ecologica Sinica*, 1998, 22(1): 68~75.
- [12] Zhou G Y. Study on the Characteristics of Runoff Yield in a Regenerative Tropical Mountain Rainforest. *Forest Research*, 1993, 6(1): 70~75.

参考文献:

- [1] 方向京, 孟广涛, 印南军, 等. 滇中高原山地人工群落径流规律的研究. *水土保持学报*, 2001, 15(1): 64~68, 84.
- [2] 谢锦忠, 傅慧毅, 肖基洪, 等. 丛生竹林生态系统的水文效应研究. *竹子研究汇刊*, 2000, 19(4): 18~25.
- [4] 刘世荣, 孙鹏森, 温远光. 中国主要森林生态系统水文功能的比较研究. *植物生态学报*, 2003, 27(1): 16~22.
- [5] 邱尔发, 郑郁善, 洪伟. 开花和未开花山地麻竹叶片性状比较. *福建林学院学报*, 2002, 22(2): 105~108.
- [6] 雷瑞德, 尚廉斌, 唐臻. 人为活动对锐齿栎林水文功能的影响. *中国森林生态系统定位研究*, 1994. 235~244.
- [7] 马雪华, 杨茂瑞, 等. 亚热带杉木、马尾松人工林水文功能的研究. *林业科学*, 1993, 29(3): 199~206.
- [8] 贺红元, 等. 祁连山寺大隆林区水土流失状况的初步研究. *水土保持学报*, 1992, 6(1): 48~56.
- [9] 黄承标, 韦炳二, 等. 广西不同植被类型地表径流的研究. *林业科学*. 1991. 27(5): 490~497.
- [10] 李土生, 姜志林, 等. 苏南丘陵主要森林类型地表径流的初步研究. *下蜀森林生态系统定位研究论文集*. 中国林业出版社, 1992. 23~117.
- [11] 陈步峰, 周光益, 曾庆波, 等. 热带山地雨林生态系统水文动态特征的研究. *植物生态学报*, 1998, 22(1): 68~75.
- [12] 周光益, 等. 尖峰岭热带山地雨林更新林产流特征研究. *林业科学研究*, 1993, 6(1): 70~75.