

# 马占相思 (*Acacia mangium*) 与湿地松 (*Pinus elliotii*) 人工林枯落物层的水文生态功能

申卫军, 彭少麟\*, 周国逸, 林永标, 李志安

(中国科学院华南植物研究所, 广州 510650)

**摘要:** 分析了马占相思与湿地松人工林枯落物的蓄积量、年凋落量及凋落动态、枯落物层对大气降水的截留、以及枯落物抑制土壤水分蒸发和阻滞径流的效应。结果表明: ①15 龄的马占相思林枯落物蓄积量  $32.3\text{t}/\text{hm}^2$ , 年凋落量  $11.14\text{t}/\text{hm}^2$ , 最大持水率 253.7%, 最大持水量  $28.26\text{t}/\text{hm}^2$ ; 15 龄的湿地松林枯落物蓄积量  $18.7\text{t}/\text{hm}^2$ , 年凋落量  $7.30\text{t}/\text{hm}^2$ , 最大持水率 216.7%, 最大持水量  $15.82\text{t}/\text{hm}^2$ ; ②2 种林分对大气降水的截留率分别为 15.9% 和 11.7%, 截留率随 1 次降水降水量 ( $>10\text{mm}$ ) 的增加而减少; ③2~4cm 枯落物覆盖下不同含水量的土壤水分蒸发比无覆盖的土壤减少 18.2%~78.3%, 枯落物层减少土壤水分蒸发的效应随枯落物层厚度和土壤含水量的增大而增加; ④2 种枯落物对径流流出时间的阻滞效应随径流深 ( $<3\text{mm}$ ) 和坡度的增加而减小, 随枯落物层厚度的增加呈直线增加。通过与部分其它森林类型枯落物层水文生态功能比较, 认为马占相思与湿地松林枯落物层具有较为优越的水文生态功能。

**关键词:** 马占相思 (*Acacia mangium*); 湿地松 (*Pinus elliotii*); 枯落物; 水文生态功能

## Ecohydrological functions of litter in man-made *Acacia Mangium* and *Pinus elliotii* plantations

SHEN Wei-Jun, PENG Shao-Lin, ZHOU Guo-Yi, LIN Yong-Biao, LI Zhi-An (South China Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China)

**Abstract:** The ecohydrological functions of litter were studied, which include litter storage, annual litterfall and dynamics, water-holding capacity, interception effect on rainfall, restraining effect on soil water evaporation, and retarding effect on runoff. The results are suggested as follows.

litter storage in *Acacia magium* and *Pinus elliotii* plantations are  $32.3\text{t}/\text{hm}^2$  and  $18.7\text{t}/\text{hm}^2$ . Annual litterfall are  $11.14\text{t}/\text{hm}^2$  and  $7.30\text{t}/\text{hm}^2$ , The maximum water-holding rates are 253.7% and 216.7%, and the maximum water-capacity is  $28.26\text{t}/\text{hm}^2$  and  $15.82\text{t}/\text{hm}^2$ , respectively.

The rates of litter interception on rainfall are 15.9% and 11.7%, respectively in the two plantations. These rates decrease with the increasing of precipitation ( $>10\text{mm}/\text{time}$ ).

Under different levels of soil moisture, the soil water evaporation covered by litter with the thickness of 2~4cm is less than 18.2%~78.3% of the soil without litter covering. Such restraining effect increases with both litter thickness and soil water content.

The litter retarding effect on runoff decreases with the increasing of runoff depth and slope, but increases linearly with the litter thickness. Compared with some other types of forests, it is considered that the ecohydrological effects of litter in *Acacia magium* and *Pinus elliotii* plantations are significant. So, in these senses, their role as a pioneer communities, which are used to rehabilitate degraded ecosystem in Low Sub-Tropics of China, is perfect.

**基金项目:** 国家自然科学基金重大基金 (39899370), 中国科学院生物科学与技术特别支持 (970460), 广东省自然科学基金 (980952), 中国科学院重大研究 (KZ951-B1-110), 中国生态网络研究 (KZ951-A1-301, KZ95T-04-02) 资助项目

\* 通讯联系人

收稿日期: 1999-12-14; 修订日期: 2000-10-10

作者简介: 申卫军 (1963-), 男, 宁夏人, 博士, 助理研究员。主要从事生态系统动态研究。

万方数据

**Key words:** *Acacia mangium*; *Pinus elliotii*; Litterfall; ecohydrological functions

文章编号:1000-0933(2001)05-0846-05 中图分类号:S718.5,X171.1 文献标识码:A

在植被重建过程中,人工构建的先锋群落其枯落物层在蓄水保土方面的作用如何,直接影响着恢复的进程与质量。马占相思林和湿地松林是热带亚热带退化生态系统植被重建过程中很重要的先锋群落类型,对其枯落物层水文生态功能的研究和评价,不仅在恢复生态学的理论研究上有意义,在实践上也可对植被恢复过程中造林树种的选择提供参考。

森林枯落物层是森林生态系统垂直结构上的 3 个主要功能层之一。它在截持降水、防止土壤溅蚀、阻延地表径流、抑制土壤水分蒸发、增强土壤抗冲效能等方面都具有非常重要的意义<sup>[1,2]</sup>,是森林生态系统功能研究的重要内容。有关森林枯落物凋落动态、分解状况和持水性能方面的报道较多<sup>[3]</sup>,其它水文功能方面的报道较少。本文是对南亚热带地区的两种主要人工林枯落物层多种水文生态功能研究资料的总结。

## 1 试验地概况

中国科学院鹤山丘陵综合开放试验站位于广东省中部的鹤山市,东经 112°54',北纬 22°41'。试验站所在地属南亚热带季风常绿阔叶林气候。年平均气温 21.7℃,极端最高温 37.5℃,极端最低温 0℃;年均太阳辐射 4350.5MJm<sup>-2</sup>a<sup>-1</sup>;年均≥10℃有效积温 7597℃,年均降雨量为 1800mm,有明显的干湿季之分,干季为 10~3 月份,湿季为 4~9 月份;年均蒸发量为 1638.8mm。丘陵地土壤为赤红壤(砖红壤性红壤)。

本研究的马占相思林面积 0.74hm<sup>2</sup>,试验地坡向东南,坡度 25°,为 1984 年人工种植,株行距 3m×3.5m,林分平均高 15m,林木平均胸径 16.2cm,林形呈相对郁闭,郁闭度 92%,整个林分的叶面积指数 3.5,林下枯落物层厚约 5~7cm。湿地松林林龄 15a,林分高 7.2m,林木平均胸径 12.6cm,株行距 3m×2.5m,郁闭度 70%,叶面积指数 2.5,有 3~5cm 厚的半腐解枯落物层。两种林分的林下植物主要有九节(*Psychotria rubra*)、木姜子(*Litsea cubeba*)、鬼灯笼(*Clerodendron fortunatum*)、扇叶铁线蕨(*Adiantum flabellulatum*)等。

## 2 研究方法

**枯落物凋落动态** 在两个林分内均匀放置 10 个 1m×1m 的枯落物收集框,每月收集 1 次。收集时从框内取出枯落物,就地分枝、干、叶分别称重,然后用烘干法测定枯枝落叶的含水量、烘干重。烘箱温度 80±2℃,烘 12h,烘干后的该部分枯落物在水中浸泡 24h,取出称重,求得最大持水率和持水量。蓄积量的测定方法同上,只是取样直接在林地上进行。

**枯落层截留降水** 在林内均匀放置盛有 4cm 厚原状枯落物层的小框 10 个,直径 30cm,每日 18:00 称重,降雨后立即称重,计算降水前后之差,即为截留降水量,截留水量与该次降水的降水量之比即为截留率。

**枯落物层抑制土壤蒸发的研究** 把一定量的土壤装入塑料桶内(约占桶体积的 2/3),调节土壤含水量至田间持水量(约 25%),3/4 田间持水量,1/2 田间持水量,然后用不同厚度(0cm,2cm,4cm)的枯枝落叶层覆盖,每种处理 3 个重复,在干旱棚下每日 18:00 称重,然后加水到设计水平。每日的失水重,即为当日的蒸发量,在 1 和 7 月份进行 2 次实验,以代表干湿季,每次持续 10d。

**枯落物层阻滞径流速率的研究** 做长 100cm,宽 30cm 的流水槽,分次装入吸水饱和的枯枝落叶(厚 1cm,2cm,4cm,6cm),在 5°、10°、15°、20°、25°、30°坡度下,分别注入 1mm、2mm、3mm、4mm、5mm、6mm、8mm 深径流量,测定径流流出的时间和径流结束的时间,并与无枯落物的情况进行对照,以确定枯落物层阻滞径流的效应。

## 3 结果与分析

### 3.1 枯落物的凋落动态

测定结果表明,马占相思林枯落物蓄积量 32.3t/hm<sup>2</sup>,年凋落量 11.14t/hm<sup>2</sup>,其中叶占 87.3%,枝占 13.7%,马占相思林最大持水率 253.7%,最大持水量 28.26t/hm<sup>2</sup>,相当于 2.8mm 的降水。湿地松林枯落蓄积量 18.7t/hm<sup>2</sup>,年凋落量 7.30t/hm<sup>2</sup>,其中叶占 99.6%,枝仅占 0.4%,最大持水率 216.7%,最大持水量 15.82t/hm<sup>2</sup>,相当于 1.6mm 的降水。

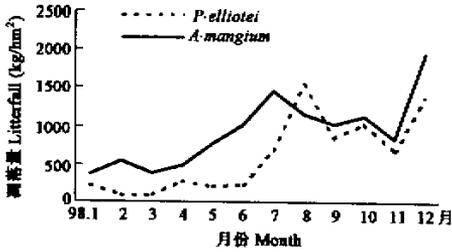


图1 两种林分枯落物的凋落动态

Fig. 1 Monthly dynamics of litterfall in the two types of plantations

从图1可看出,两种林分的年内凋落量主要有两个高峰值,即7~8月份间和12月份。从整个变化过程来看,进入7月后凋落量明显增加。

### 3.2 枯落物层对降水的截留

1998年的测定结果表明(表1),马占相思林枯落物层对降水截留效果要优于湿地松林,1902.1mm的年降水量中,马占相思林枯落物层的截留量为303mm,截留率为15.93%;湿地松林年截留量为222.2mm,截留率11.68%。枯落物层对降水的截留率随1次降水降水量(据此把降水分为不同的特级,如表1中所示)的增加而减少,同等降水量条件下,降水历时越长,则截留率越大。当次降水量大于10mm时,枯落物层对降水的

截留率明显降低。另外,干季降水强度一般较小,枯落物较为干燥,对降水的截留效果更好。

表1 2种林分枯落物层在不同降水等级下的截留率及截留量

Table 1 Litter interception rate and content to different grades of rainfall in the two kinds of plantations

降水等级 Rainfall grades (mm)	降水次数 Rainfall times	降水量 Precipitation (mm)	马占相思 <i>Acacia mangium</i>		湿地松 <i>Pinus elliotii</i>	
			截留率(%) Interception rate	截留量(mm) Interception content	截留率(%) Interception rate	截留量(mm) Interception content
0~1	36	19.2	100	19.2	100	19.2
1~2	14	19.3	100	19.3	67	12.9
2~5	22	76.2	63	48	42	32
5~10	21	154.3	40	61.6	27.8	42.9
10~20	12	156.8	22.8	35.8	16.6	26
20~50	20	559.8	12.3	68.9	9.5	50.4
50~80	5	376	7.6	28.6	6.1	22.6
>80	6	540.5	4.1	21.6	3.1	16.2
总计 Total	136	1902.1	15.93	303	11.68	222.2

表2 2种林分枯落物层减少土壤水分蒸发的效应

Table 2 The reducing effect of litter on soil evaporation in the two types of plantation

土壤水分 Soil water content	马占相思 <i>Acacia mangium</i>		湿地松 <i>Pinus elliotii</i>	
	2cm	4cm	2cm	4cm
1/2 田间持水量 1/2 field moisture capacity	19.7%	33.3%	18.2%	18.2%
3/4 田间持水量 3/4 field moisture capacity	22.9%	60.5%	42.2%	54.2%
田间持水量 field moisture capacity	70.4%	78.3%	74.3%	71.3%

### 3.3 枯落物层抑制土壤水分蒸发

2cm和4cm枯落物层覆盖,在不同土壤含水量情况下减少土壤蒸发的效应非常明显,比无枯落物覆盖的土壤减少水分蒸发18.2%~78.3%(表2)。2种枯落物层减少土壤水分蒸发的效应随枯落物层厚度和土壤含水量的增加而增加。但当2种枯落物间进行比较时则发现,样品土壤含水量为田间含水量的1/2时,不同厚度枯落物覆盖的处理下,马占相思枯落物要优于湿地松,但在2cm枯落物覆盖,3/4和4/4田间持水量的处理下,马占相思枯落物减少土壤水分蒸发的效应却不如湿地松;在4cm厚枯落物覆盖时,3/4和4/4田间持水量的处理,马占相思要优于湿地松,这可能是由于针叶比较细小,因此单位体积的针叶枯落物可能要比阔叶重量大,而且能较致密地覆盖在土壤表面,但随着厚度和土壤含水量的增加,这种差异可能会减少,因而会劣于阔叶情况。

### 3.4 枯落物层阻滞径流的效应

枯枝落叶层对径流的阻滞包括枯落物吸收水分、阻滞流速,从而促进了水分向土壤层的下渗。本试验用吸水饱和的枯落物,从而消除了枯落物对水分的吸收的影响效应(这一点已经在枯落物的饱和吸水率和对降水的截留率上得到反映),另外,试验中使用径流槽,也就没有水分下渗,所以试验的结果只反映了枯落物层对径流的物理阻滞效应。

从图 2 和图 3 看出,枯落物层对径流的阻滞与径流深、枯落物层厚度和坡度都密切相关。当径流深和坡度相同,枯落物层对径流阻滞效应与枯落物层厚度成直线增加关系,枯落物层越厚,则开始产流的时间越晚。当枯落物层厚度相同时,枯落物层的阻滞效应随坡度的增加而减弱,坡度越大,产流时间越早,但这种关系与径流深有关,当径流深为 1mm 时,阻滞效应与坡度间呈幂函数关系,但随着径流深的增加,二者之间更接近于直线关系。枯落物层厚度与坡度相同时,枯落物层对径流的阻滞效应与径流深成负相关,即随径流深的增加,阻滞效应减弱,当径流深大于 3mm 时,阻滞效应基本稳定,因此在图 3 和图 4 中没有绘出径流深为 6mm 和 8mm 时的相关图,它们与 3mm 径流深时的情况极为相似。马占相思枯落物层在坡度为 5° 时对产流的阻滞效应要比湿地松优越,但当坡度再增加时,湿地松枯落物的阻滞效应则稍优于马占相思。

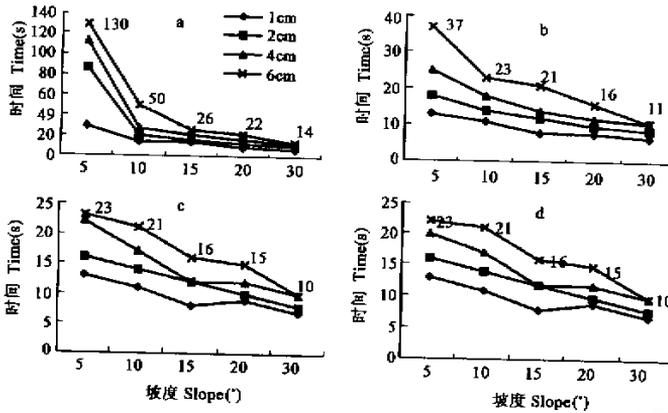


图 2 马占相思枯落物在不同降水量、不同厚度及不同坡度下对径流的阻滞效应

Fig. 2 Retarding effect of mangium litterfall on runoff in different depth of runoff and different slopes

径流深 runoff depths: a—1mm, b—2mm, c—3mm, d—4mm

枯落物层对径流的阻滞效应不仅表现在它对产流开始的阻滞,而且也延长了径流过程。在延长径流过程中,湿地松枯落物要明显优于马占相思,它对产流结束时间的延长约比马占相思滞后 10~90s。在现实的林分中,2 种林分的平均枯落厚约 4cm,林地坡度 20°,因此,以本此模拟试验结果作比对,吸水饱和的湿地松林枯落物层在阻滞径流的效应上要优于马占相思。

#### 4 讨论

与其它一些对森林枯落物的研究相比,本研究中的马占相思林枯落物的年凋落量是非常高的。它高于与它处于同一地带的地带性森林——鼎湖山的常绿季风阔叶林(蓄积量 24.9t/hm<sup>2</sup>,年凋落量 9.1t/hm<sup>2</sup>),也高于海南岛尖峰岭的山地雨林(7.7t/hm<sup>2</sup>)和国外相似地带的森林类型<sup>[4]</sup>,如泰国的旱性常绿林(7.7t/hm<sup>2</sup>)<sup>[5]</sup>,牙买加的山地雨林(6~11t/hm<sup>2</sup>)<sup>[6]</sup>。湿地松林的年凋落量与这些森林接近。

从最大持水率和对大气降水的截留率来看,本研究的两种人工林均高于本地带的常绿季风阔叶林(最大持水率 195%,截留率 10.4%,此值为作者 1998 年测定),这可能与林龄、枯落物分解程度和枯落物中枝、叶、花、果所占的比例有关,象鼎湖山这样的地带性森林,其枯落物中叶占 52%,而枝占 21%,其余为花、果等<sup>[7]</sup>,马占相思人工林和湿地松林的枯落物中,叶占近 90%或以上,因此枯落物的组成成份明显地影响到

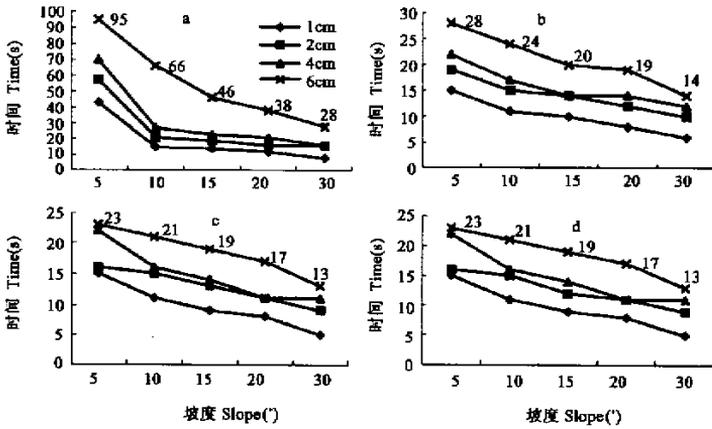


图3 不同厚度湿地松枯落物在不同径流深、不同坡度下对径流流出时间的阻滞效应

Fig. 3 Retarding effect of Elliotti litterfall on runoff in different depth of runoff and different slopes

径流深 runoff depths: a——1mm, b——2mm, c——3mm, d——4mm

其持水性能。本研究中的马占相思枯落物最大持水率与暖温带的山杨林和油松林较接近<sup>[8,9]</sup>,但湿地松比这2种林分低约43%~56%,与和它同处南亚热带的云南松林较接近<sup>[10]</sup>。从抑制土壤水分蒸发来说,马占相思和湿地松2~4cm枯落物覆盖下土壤蒸发量比裸土减少的范围(18.2%~78.3%)与油松林接近13.4%~77.4%<sup>[9]</sup>,均比较明显。

马占相思和湿地松人工林相对来说林龄较小(15a,鼎湖的常绿阔叶林近400a),处于近成熟期,具有较大的凋落量,地表较厚的枯落物层在截留降水、抑制土壤水分蒸发、阻延地表径流方面都表现出明显的效应。因此通过本研究可看出,这两种林分作为先锋群落,其枯落物层具有较为优越的水文生态功能。

#### 参考文献

- [1] 吴钦孝,赵鸿雁,刘向东,等.森林枯枝落叶层涵养水源保持水土的作用评价.土壤侵蚀与水土保持学报,1998,4(2):23~28.
- [2] Lee R. *Forest Hydrology*. New York: Columbia University Press, 1980.
- [3] 刘世荣,温远光,王兵,等著.中国森林生态系统水文生态功能规律.北京:中国林业出版社,1996.
- [4] 卢俊培,刘其汉.海南岛尖峰岭热带林凋落物及其分解过程的研究.见:林业部科技司编:中国森林生态系统定位研究.哈尔滨:东北林业大学出版社,1994.178~191.
- [5] Chunkao K, et al. An accumulation of litterfall and some nutrients in dry and evergreen forest. Sakaerat Forest Research Bulletin, Faculty of Forestry, Kasetsart University, 1980, 66: 29~40.
- [6] Tanner E V J. Litterfall in mountain rain forests of Jamaica and its relation to climate. *Journal of Ecology*, 1980, 68(3): 833~848.
- [7] 翁轰,李志安,屠梦照,等.鼎湖山森林凋落物量及营养成分含量研究.植物生态学与地植物学学报,1993,17(4):299~304.
- [8] 吴钦孝,刘向东,苏宁虎,等.山杨次生林枯枝落叶蓄积量及其水文作用.水土保持学报,1992,6(1):71~76.
- [9] 刘向东,吴钦孝,赵鸿雁.黄土原石油松人工林枯枝落叶层水文生态功能研究.水土保持学报,1991,5(4):87~92.
- [10] 刘文耀,郑征.云南松林的枯枝落叶层持水效应初探.植物生态学与地植物学学报,1990,14(2):191~196.