

# 珠江中游几种林地涵养水功能的调查分析

何琴飞<sup>1,2,3</sup>,彭玉华<sup>1,2,3</sup>,侯远瑞<sup>1,2,3</sup>,申文辉<sup>1,2,3\*</sup>,何峰<sup>1,2,3</sup>

(1.广西林业科学研究院,广西 南宁 530002;2.广西优良用材林资源培育重点实验室,广西 南宁 530002;  
3.国家林业局 中南速生材繁育实验室,广西 南宁 530002)

**摘要:**通过野外样地调查与室内浸水试验相结合的方法,调查分析了珠江中游苍梧县境内的5种林地类型的灌草层、凋落物层、土壤层的涵养水功能。结果表明:1)5种林地林下灌草本层的生物量为1.00~5.14 t·hm<sup>-2</sup>;持水量为2.65~19.54 t·hm<sup>-2</sup>,大小顺序为桉树林>湿地松+荷木混交林>马尾松林>大叶栎林>红锥林,与其生物量的变化规律基本一致;2)凋落物的累积量为7.71~40.18 t·hm<sup>-2</sup>,持水量为13.12~77.09 t·hm<sup>-2</sup>,大小顺序为湿地松+荷木混交林>桉树林>马尾松林>大叶栎林>红锥林,与累积量的大小顺序基本一致;3)土壤容重随土层的增加而增大,非毛管孔隙度、毛管孔隙度、总孔隙度分别为1.59%~7.93%、40.63%~50.50%、44.39%~52.32%,60 cm土层厚度的土壤持水量为2 663.08~3 207.86 t·hm<sup>-2</sup>,大小顺序为红锥林>湿地松+荷木混交林>桉树林>大叶栎林>马尾松林,与总孔隙度变化规律一致;4)不同林地林下层总持水量为2 684.91~3 223.63 t·hm<sup>-2</sup>,大小顺序与土壤持水量的顺序一致,且不同层次持水能力为土壤层>凋落物层>灌草层。

**关键词:**珠江;林地类型;保持水分;功能

**中图分类号:**S715.7      **文献标志码:**A      **文章编号:**1001-7461(2017)01-0048-06

## Investigation and Analysis of Water Conservation Function of Several Forest Types in the Middle Reaches of Pearl River

HE Qin-fei<sup>1,2,3</sup>,PENG Yu-hua<sup>1,2,3</sup>,HOU Yuan-rui<sup>1,2,3</sup>,SHEN Wen-hui<sup>1,2,3\*</sup>,HE Feng<sup>1,2,3</sup>

(1. Guangxi Academy of Forestry, Nanning, Guangxi 530002, China;  
2. Guangxi Key Laboratory of Superior Timber Trees Resource Cultivation, Nanning, Guangxi 530002, China;  
3. Key Laboratory of Central South Fast-growing Timber Cultivation, Nanning, Guangxi 530002, China)

**Abstract:**By the method of combining field investigation and immersion test, the water conservation functions of three levels (shrub and grass, litter, and soil level) under five forests (*Pinus massoniana*, *Eucalyptus*, *Castanopsis hystrix*, *Quercus griffithii*, mixed *P. elliottii* + *Schima superba*) in the middle reaches of Pearl River, were quantitatively analyzed. The results indicated 1) in the shrub and grass layer, the biomass was 1.00—5.14 t·hm<sup>-2</sup>, and the maximum water-holding capacity varied from 2.65 to 19.54 t·hm<sup>-2</sup> in the order of *Eucalyptus*>*P. elliottii*+*S. superba*>*P. massoniana*>*C. hystrix*>*Q. griffithii* forest. 2) In the litter layer, the accumulation amount was 7.71—40.18 t·hm<sup>-2</sup>, the maximum water-holding capacity ranged from 13.12 to 77.09 t·hm<sup>-2</sup> in the order of *P. elliottii*+*S. superba*>*Eucalyptus*>*P. massoniana*>*C. hystrix*>*Q. griffithii* forest. 3) Soil bulk density increased with the increase of soil depth. Soil non-capillary porosity, capillary porosity and total porosity ranged 1.59%—7.93%, 40.63%—50.50% and 44.39%—52.32%, respectively. The maximum water-holding capacity of 60 cm soil layer ranged

收稿日期:2016-04-13 修回日期:2016-06-03

基金项目:国家林业公益性行业科研专项(201204512);“十二五”广西林业科技项目(桂林科字[2012]第7号)。

作者简介:何琴飞,女,工程师,硕士,研究方向:森林生态。E-mail:dragonfly.hqf@126.com

\*通信作者:申文辉,男,教授级高工,在读博士,研究方向:森林生态、森林培育。E-mail:shenwenhui2003@163.com

$2\ 663.08 - 3\ 207.86 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$  in the order of *C. hystrix* > *P. elliottii* + *S. superba* > *Eucalyptus* > *Q. griffithii* > *P. massoniana* forest. 4) The maximum water-holding capacity under forests was between 2 684.91 and 3 223.63  $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ , and the order was the same as the soil. The maximum water-holding capacity of soil layer was higher than the litter layer, the lowest one was the shrub and grass layer.

**Key words:** Pearl River; forest types; holding water; function

森林的水源涵养功能是森林生态系统的重要功能之一,主要通过林冠层、枯枝落叶层和土壤层3个作用层对降水的再分配过程来体现<sup>[1]</sup>。林冠层是森林生态系统对水分传输有着重要作用的第1层,是调节雨水分配和水分输入林内的主要过程,产生林冠截留作用<sup>[2]</sup>;凋落物层作为水源涵养效益的第2层,具有截持降水、拦截地表径流、减少林地表层土壤水分蒸发、吸收降落到地表的水分、增加土壤水分下渗等功能<sup>[3]</sup>;土壤层作为水源涵养效益的第3层,降雨能沿着土壤空隙下渗,成为土壤贮水和地下径流,是天然的“大水库”<sup>[4]</sup>。不同森林类型由于其物种组成、树种生物学特性和林分结构等不同,其水源涵养功能存在一定的差异<sup>[5-6]</sup>。

珠江流域面积为 $4.4 \times 10^5 \text{ km}^2$ ,河长达2 000 km,年径流量 $3.00 \times 10^{11} \text{ m}^3$ ,占全国河川径流量的12.3%,仅次于长江<sup>[7]</sup>,是对我国乃至东南亚都具有重要影响的河流。广西苍梧县位于珠江流域中游,其森林植被水源涵养能力直接影响到珠江中下游地区的水质、水量,研究该区林地类型的水源涵养功能意义重大。因此,在苍梧县境内选取分布面积较广、具有代表性的马尾松(*Pinus massoniana*)纯林、桉树(*Eucalyptus*)纯林、红锥(*Castanopsis hystrix*)纯林、大叶栎(*Quercus griffithii*)多代萌芽纯林、湿地松(*P. elliottii*)+荷木(*Schima superba*)混交林等5种主要森林类型为研究对象,从林下灌草层、凋落物层、土壤层3个方面定量分析该区不同森林类型的持水能力,综合评价其涵养水源功能的高低,以期为珠江流域水源涵养林的构建和经营提供科学依据。

表1 5种林地的基本特征

Table 1 Characteristics of five typical forest stands

林型	平均胸径/cm	平均树高/m	林龄/a	郁闭度	坡向/°	坡度/°	海拔/m	林下主要灌木	林下主要草本
S <sub>1</sub>	14.3	12.8	15	0.70	125	30	181	三叉苦、裂叶榕、假鹰爪等	乌毛蕨、蔓生莠竹等
S <sub>2</sub>	14.5	14.7	6	0.80	340	40	167	粗叶榕、华南毛柃、盐肤木等	五节芒等
S <sub>3</sub>	9.2	11.5	12	0.85	32	20	35	红背山麻杆、粗叶榕、杨梅等	乌毛蕨、金毛狗等
S <sub>4</sub>	4.8	7.3	5	0.85	191	35	141	罗伞树、光叶石楠、九节等	狗脊、黑沙草等
S <sub>5</sub>	16.2	12.4	30	0.70	335	35	57	杜英、山苍子、岗柃等	铁芒萁等

注:S<sub>1</sub>为马尾松纯林;S<sub>2</sub>为桉树纯林;S<sub>3</sub>为红锥纯林;S<sub>4</sub>为大叶栎多代萌芽纯林;S<sub>5</sub>为湿地松+荷木混交林。下同。

1.2.2 灌草层生物量和持水能力测定 在每个样地的上、中、下部随机设置3个2 m×2 m的小样方,采用收获法收集样方内全部灌、草地上部分,称其鲜重,并取样带回实验室,用烘干法以干物质的量来测定生

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

苍梧县位于广西东部、珠江流域中游,地理坐标为 $110^{\circ}51' - 111^{\circ}40' \text{ E}, 22^{\circ}58' - 24^{\circ}10' \text{ N}$ ,北回归线从县境中部贯穿,属南亚热带季风气候区,处于海洋性气候与大陆性气候的过渡区域。气候温和,雨量充沛,年均气温为21.2 °C,极端最高温39.9 °C,极端最低温-2.4 °C,年均降雨量1 506.9 mm,年平均相对湿度80%。土壤主要为薄层花岗岩土壤、薄层砂页岩黄红壤、中厚砂页岩红壤。主要森林群落为南亚热带常绿阔叶林类型,有树种66科300多种,主要树种为马尾松、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、桉树、湿地松、荷木、大叶栎、红锥、稠木(*Lithocarpus glaber*)等<sup>[8]</sup>。

### 1.2 研究方法

1.2.1 样地设置 依据有较好代表性原则,在苍梧县境内选择5种典型林地类型(均为近熟林或成熟林)进行样地设置,每种林地类型设置3个20 m×20 m的标准样地,对样地内乔木每木检尺,测定树高、胸径和冠幅等生长指标,记录林分林龄、郁闭度、林下灌木和草本主要物种,以及海拔、坡向和坡度等环境因子。研究区5种林地类型的基本特征见表1,其中桉树和大叶栎为速生树种,采伐后1~2 a就能郁闭成林,其轮伐期为5~8 a,而常绿阔叶树种红锥、木荷以及针叶树种马尾松、湿地松等生长相对较慢,需要15~20 a进行择伐,混交林20~30 a才会适当择伐。

物量,用浸泡法测定最大持水率和最大持水量<sup>[9]</sup>。

1.2.3 凋落物累积量和持水能力测定 在每个样地的上、中、下部随机设置3个50 cm×50 cm的样方,按未分解和半分解分层收集全部凋落物,称其鲜

重,同时测定凋落物总厚度及各层厚度,将获取的凋落物样品带回实验室于75℃烘干至恒重,由此计算凋落物累积量。采用室内浸泡法,每个处理9个重复,将烘干称重后的样品装入100目尼龙网袋中,用清水浸泡24 h后,将网袋从水中取出并悬挂在空中静置约5 min,当无水滴滴下时立刻称量,计算凋落物的最大持水量、最大持水率<sup>[10]</sup>。

**1.2.4 土壤物理性质和持水能力测定** 在每个样方内随机挖取1个土壤剖面,每种森林类型共挖3个剖面,记录土壤剖面的层次、颜色、湿度、质地和植物根系数量等基本情况。运用机械分层取土法,在每个土壤剖面的左、中、右3个方向用环刀按照0~15、15~30、30~45、45~60 cm分层取样,带回实验室,用环刀法测定土壤容重、孔隙度等物理指标,用烘干法和浸水法测定持水量等指标<sup>[11]</sup>。

**1.2.5 数据分析方法** 采用SPSS19.0软件进行单因素方差分析(One-way AVOVA),Duncan法进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 灌草层生物量和持水量

林下植被层的生物量决定了其持水能力<sup>[9]</sup>。不同森林类型林下灌木层和草本层的生物量、最大持水率和最大持水量均存在显著差异,结果见表2。马尾松林和大叶栎林林下灌木层生物量明显较多,而混交林最少;桉树林林下草本层生物量最多,其次是混交林,马尾松林和红锥林较少。5种森林类型林下灌木层最大持水率为67.30%~93.07%,草本层最大持水率为82.02%~101.42%,同一种森林

类型林下草本层的最大持水率均>灌木层,灌草层平均持水率桉树林最大,为94.29%,红锥林最小,仅74.66%。灌木层和草本层的最大持水量与其生物量的变化规律基本一致,即生物量越多,持水量越大。林下灌草生物量总量大小顺序为桉树林>湿地松+荷木混交林>大叶栎林>马尾松林>红锥林,变化范围1.00~5.14 t·hm<sup>-2</sup>;最大持水量变化范围2.65~19.54 t·hm<sup>-2</sup>,大小顺序与生物量基本一致,除了马尾松林略大于大叶栎林,这与马尾松林持水率较高有关。

### 2.2 凋落物累积量和持水量

凋落物累积量取决于凋落物产量、现存量、分解速度、积累年限等因子,而这些因子又与林型、林分发育、林分组成、林分生产力、气候状况和人为活动等相关<sup>[12]</sup>,因此,同一地区的不同林地凋落物累积量不同。由表3可知,5种森林类型凋落物的累积量为7.71~40.18 t·hm<sup>-2</sup>,大小顺序为湿地松+荷木混交林>桉树林>马尾松林>红锥林>大叶栎林,且半分解层累积量均>未分解层,这与常雅军<sup>[10]</sup>等、于晓文<sup>[13]</sup>等的研究结果一致,但马尾松林除外,这与马尾松树种本身的特性有关,其凋落叶质地较硬、木质素类难分解物质含量高<sup>[14]</sup>,分解较慢。凋落物的最大持水量为13.12~77.09 t·hm<sup>-2</sup>,大小顺序与累积量基本一致。方差分析表明,5种森林类型的凋落物未分解层、半分解层的累积量、最大持水率和最大持水量存在显著差异,半分解层的累积量和最大持水量均>未分解层,马尾松林除外;半分解层的最大持水率>未分解层,大叶栎林除外。

表2 5种林地林下灌草层生物量及其持水量

Table 2 Biomass and water-holding capacity in shrub and grass layer of five forest types (mean±se,n=9) (t·hm<sup>-2</sup>)

林型	灌木层			草本层			林下层总量	
	生物量	最大持水率/%	最大持水量	生物量	最大持水率/%	最大持水量	生物量	最大持水量
S <sub>1</sub>	1.44±0.68a	85.20±5.97ab	3.27±0.99a	0.20±0.04b	100.12±2.85a	0.88±0.17c	1.64	4.16
S <sub>2</sub>	0.49±0.11ab	93.07±4.49a	2.03±0.18ab	4.64±1.27a	95.50±2.74ab	17.51±4.13a	5.14	19.54
S <sub>3</sub>	0.41±0.24ab	67.30±4.68c	0.75±0.36b	0.59±0.11b	82.02±1.83c	1.90±0.41bc	1.00	2.65
S <sub>4</sub>	1.43±0.24a	78.15±1.69abc	2.83±0.51a	0.23±0.09b	88.82±5.12bc	0.46±0.15c	1.66	3.29
S <sub>5</sub>	0.17±0.09b	71.43±3.50ab	0.28±0.15b	1.86±0.22b	101.42±2.46a	4.62±0.50b	2.03	4.90

注:不同字母表示在a=0.05水平上的差异显著性,下同。

### 2.3 土壤物理性状与持水特征

土壤物理性状直接影响到土壤的持水性能。方差分析表明,0~45 cm土层厚度的3个垂直层次不同森林类型间土壤容重、非毛管孔隙度、毛管孔隙度、总孔隙度、非毛管持水量、毛管持水量和最大持水量均存在显著差异,45~60 cm土层厚度的土壤容重、非毛管孔隙度和非毛管持水量存在显著差异(表4)。不同森林类型的土壤容重随土层的增加而

增大,红锥林除外,60 cm土层厚度的土壤容重大小顺序为马尾松林>桉树林>大叶栎林>湿地松+荷木混交林>红锥林。非毛管孔隙度和非毛管持水量为红锥林最大,分别为7.93%、475.46 t·hm<sup>-2</sup>;毛管孔隙度和毛管持水量为混交林最大,分别为52.32%、3 030.04 t·hm<sup>-2</sup>;总孔隙度的大小顺序为红锥林>湿地松+荷木混交林>桉树林>大叶栎林>马尾松林,持水量变化规律与孔隙度变化一致,

表3 5种林地的凋落物累积量及其持水量

Table 3 Litter accumulation amount and water-holding capacity of five forest types (mean $\pm$ se, n=9)(t·hm<sup>-2</sup>)

林型	未分解层			半分解层			总量	
	累积量	最大持水率/%	最大持水量	累积量	最大持水率/%	最大持水量	累积量	最大持水量
S <sub>1</sub>	6.18 $\pm$ 0.46b	152.18 $\pm$ 5.18ab	9.42 $\pm$ 0.79b	4.79 $\pm$ 0.38a	173.05 $\pm$ 2.97ab	8.25 $\pm$ 0.62a	10.97	17.67
S <sub>2</sub>	5.40 $\pm$ 0.64b	165.73 $\pm$ 13.40b	8.36 $\pm$ 0.51b	6.37 $\pm$ 0.78a	190.40 $\pm$ 9.28bc	12.35 $\pm$ 1.90a	11.77	20.71
S <sub>3</sub>	3.80 $\pm$ 0.34a	146.17 $\pm$ 7.00ab	5.46 $\pm$ 0.45a	4.95 $\pm$ 0.40a	155.45 $\pm$ 6.98a	7.66 $\pm$ 0.65a	8.75	13.12
S <sub>4</sub>	2.98 $\pm$ 0.22a	193.68 $\pm$ 7.24c	5.72 $\pm$ 0.38a	4.73 $\pm$ 1.04a	182.17 $\pm$ 8.34bc	8.91 $\pm$ 2.31a	7.71	14.63
S <sub>5</sub>	6.30 $\pm$ 0.44b	138.71 $\pm$ 7.32a	8.79 $\pm$ 0.82b	33.88 $\pm$ 3.65b	203.33 $\pm$ 13.24c	68.30 $\pm$ 1.85b	40.18	77.09

表4 5种林地的土壤水分物理性状

Table 4 Soil moisture-physical properties of five forest types (mean $\pm$ se, n=9)

林型	土层厚度/cm	容重/(g·cm <sup>-3</sup> )	非毛管孔隙度/%	毛管孔隙度/%	总孔隙度/%	非毛管持水量/(t·hm <sup>-2</sup> )	毛管持水量/(t·hm <sup>-2</sup> )	最大持水量/(t·hm <sup>-2</sup> )	
								均值或总值	均值或总值
S <sub>1</sub>	0~15	1.407 $\pm$ 0.045	4.66 $\pm$ 0.96	40.68 $\pm$ 1.01	45.33 $\pm$ 1.25	69.85 $\pm$ 14.36	610.12 $\pm$ 15.15	679.97 $\pm$ 18.75	
	15~30	1.508 $\pm$ 0.045	3.51 $\pm$ 1.15	40.01 $\pm$ 0.61	43.51 $\pm$ 0.83	52.58 $\pm$ 17.21	600.13 $\pm$ 9.11	652.70 $\pm$ 12.40	
	30~45	1.512 $\pm$ 0.045	3.46 $\pm$ 0.42	40.38 $\pm$ 0.79	43.85 $\pm$ 1.06	51.95 $\pm$ 6.26	605.75 $\pm$ 11.80	657.70 $\pm$ 15.88	
	45~60	1.512 $\pm$ 0.067	3.41 $\pm$ 0.26	41.44 $\pm$ 1.36	44.85 $\pm$ 1.58	51.18 $\pm$ 3.87	621.54 $\pm$ 20.44	672.71 $\pm$ 23.73	
	均值或总值	1.485	3.76	40.63	44.39	225.56	2 437.54	2 663.08	
S <sub>2</sub>	0~15	1.309 $\pm$ 0.027	4.06 $\pm$ 0.65	47.92 $\pm$ 1.78	51.981.92 $\pm$	60.83 $\pm$ 9.75	718.79 $\pm$ 26.65	779.62 $\pm$ 28.76	
	15~30	1.361 $\pm$ 0.050	3.62 $\pm$ 0.47	43.41 $\pm$ 2.43	47.03 $\pm$ 2.26	54.30 $\pm$ 7.02	651.19 $\pm$ 36.38	705.49 $\pm$ 33.95	
	30~45	1.537 $\pm$ 0.017	2.68 $\pm$ 0.53	41.33 $\pm$ 0.14	44.01 $\pm$ 0.63	40.20 $\pm$ 7.94	619.93 $\pm$ 2.14	660.13 $\pm$ 9.43	
	45~60	1.589 $\pm$ 0.022	1.81 $\pm$ 0.17	41.60 $\pm$ 0.66	43.40 $\pm$ 0.74	27.08 $\pm$ 2.57	623.96 $\pm$ 9.84	651.04 $\pm$ 11.06	
	均值或总值	1.449	3.04	43.57	46.61	182.41	2 613.87	2 796.28	
S <sub>3</sub>	0~15	1.109 $\pm$ 0.043	7.21 $\pm$ 0.83	46.85 $\pm$ 0.38	54.06 $\pm$ 0.61	108.15 $\pm$ 12.48	702.69 $\pm$ 5.76	810.84 $\pm$ 9.10	
	15~30	1.098 $\pm$ 0.018	9.52 $\pm$ 1.00	45.22 $\pm$ 1.04	54.74 $\pm$ 0.66	142.73 $\pm$ 14.97	678.28 $\pm$ 15.61	821.02 $\pm$ 9.83	
	30~45	1.081 $\pm$ 0.056	11.10 $\pm$ 2.43	43.54 $\pm$ 1.63	54.64 $\pm$ 1.70	166.53 $\pm$ 36.51	653.05 $\pm$ 24.40	819.58 $\pm$ 25.45	
	45~60	1.319 $\pm$ 0.054	3.87 $\pm$ 0.90	46.56 $\pm$ 0.39	50.43 $\pm$ 1.10	58.05 $\pm$ 13.48	698.37 $\pm$ 5.86	756.42 $\pm$ 16.42	
	均值或总值	1.152	7.93	45.54	53.47	475.46	2 732.39	3 207.86	
S <sub>4</sub>	0~15	1.197 $\pm$ 0.027	1.55 $\pm$ 0.50	43.16 $\pm$ 1.58	44.70 $\pm$ 1.57	23.18 $\pm$ 7.44	647.35 $\pm$ 23.66	670.52 $\pm$ 23.49	
	15~30	1.165 $\pm$ 0.043	1.07 $\pm$ 0.12	45.13 $\pm$ 1.16	46.19 $\pm$ 1.11	16.02 $\pm$ 1.80	676.89 $\pm$ 17.40	692.91 $\pm$ 16.69	
	30~45	1.214 $\pm$ 0.041	1.86 $\pm$ 0.51	45.90 $\pm$ 1.24	47.76 $\pm$ 0.93	27.96 $\pm$ 7.70	688.47 $\pm$ 18.57	716.43 $\pm$ 13.94	
	45~60	1.266 $\pm$ 0.052	1.87 $\pm$ 0.53	44.29 $\pm$ 1.88	46.16 $\pm$ 1.44	28.02 $\pm$ 7.94	664.38 $\pm$ 28.15	692.40 $\pm$ 21.57	
	均值或总值	1.211	1.59	44.62	46.20	95.18	2 677.09	2 772.26	
S <sub>5</sub>	0~15	1.014 $\pm$ 0.023	2.31 $\pm$ 0.86	53.05 $\pm$ 4.01	55.36 $\pm$ 3.32	34.60 $\pm$ 12.83	795.75 $\pm$ 60.08	830.35 $\pm$ 49.83	
	15~30	1.132 $\pm$ 0.094	1.69 $\pm$ 0.41	50.16 $\pm$ 2.00	51.85 $\pm$ 2.10	25.40 $\pm$ 6.13	752.36 $\pm$ 30.06	777.76 $\pm$ 31.52	
	30~45	1.284 $\pm$ 0.039	1.59 $\pm$ 0.28	51.41 $\pm$ 2.59	53.00 $\pm$ 2.63	23.82 $\pm$ 4.20	771.11 $\pm$ 38.78	794.93 $\pm$ 39.47	
	45~60	1.286 $\pm$ 0.033	1.69 $\pm$ 0.23	47.39 $\pm$ 3.06	49.08 $\pm$ 3.08	25.40 $\pm$ 3.42	710.82 $\pm$ 45.94	736.22 $\pm$ 46.19	
	均值或总值	1.179	1.82	50.50	52.32	109.22	3 030.04	3 139.26	

注:土壤容重、非毛管孔隙度、毛管孔隙度和总孔隙度为均值,非毛管持水量、毛管持水量和最大持水量为总量。

其中红锥林土壤的最大持水量最大,为3 207.86 t·hm<sup>-2</sup>,其次是混交林,为3 139.26 t·hm<sup>-2</sup>,最小的马尾松林仅2 663.08 t·hm<sup>-2</sup>。

## 2.4 林下不同层次持水能力

由表5可知,珠江流域中游5种森林类型林下层总持水量大小顺序为红锥林>湿地松+荷木混交林>桉树林>大叶栎林>马尾松林,且土壤层>凋落物层>灌草层,其中土壤持水量高达98.82%,灌草层和凋落物层分别占0.24%和0.94%。不同森林类型的灌草层和凋落物层的持水量变化幅度较大,其中红锥林林下灌草层持水量所占比例最少,仅

## 3 结论与讨论

对珠江中游5种典型林地的灌草层、凋落物层、土壤层3个层面的持水能力调查分析,得出不同林地类型的涵养水功能不同。5种林地类型林下灌草本层的生物量为1.00~5.14 t·hm<sup>-2</sup>,大小顺序为桉树林>湿地松+荷木混交林>大叶栎林>马尾松林>红锥林;最大持水量为2.65~19.54 t·hm<sup>-2</sup>,与生物量的变化规律基本一致,即生物量越多,持水

表 5 5 种林地林下总持水量及各层次所占比例

Table 5 The total water-holding capacity and proportions of all levels of five forest types

林型	林下总持水量 (t · hm <sup>-2</sup> )	灌草层 占比/%	凋落物 占比/%	土壤 占比/%
S <sub>1</sub>	2 684.91	0.15	0.66	99.19
S <sub>2</sub>	2 836.53	0.69	0.73	98.58
S <sub>3</sub>	3 223.63	0.08	0.41	99.51
S <sub>4</sub>	2 790.18	0.12	0.52	99.36
S <sub>5</sub>	3 221.25	0.15	2.39	97.45
均值	2 951.30	0.24	0.94	98.82

量越大,符合已有的研究结果:林地灌草持水量与其生物量呈正相关关系<sup>[15-16]</sup>。

一般凋落物的现存量越多,持水能力越强,其水源涵养功能越好<sup>[17-18]</sup>。5 种森林类型的凋落物累积量为 7.71~40.18 t · hm<sup>-2</sup>,大小顺序为湿地松+荷木混交林>桉树林>马尾松林>红锥林>大叶栎林;最大持水量为 13.12~77.09 t · hm<sup>-2</sup>,其变化规律与累积量基本保持一致。

土壤持水能力主要取决于土壤孔隙的大小和组成<sup>[19]</sup>;土壤容重越小,土壤孔隙状况越好,土壤蓄渗能力越强,反之,则越弱<sup>[20]</sup>。5 种林地类型的土壤容重为 1.152~1.485 g · cm<sup>-3</sup>,且随土层的增加而增大,其中马尾松林土壤容重最大,红锥林最小;总孔隙度为 44.39%~52.32%,大小顺序为红锥林>湿地松+荷木混交林>桉树林>大叶栎林>马尾松林,与土壤容重相反;土壤总持水量为 2 663.08~3 207.86 t · hm<sup>-2</sup>,变化规律与总孔隙度一致,与吴迪<sup>[14]</sup>等的研究结果一致。

林地不同层次的持水能力为土壤层>凋落物层>灌草层,与陈德叶<sup>[9]</sup>的研究结果一致,其中土壤持水量占 98%以上,这说明土壤是水源涵养的主体,林下灌草和凋落物的持水量占比较小,但其在森林水源涵养功能的形成和维持中具有重要作用。珠江中游 5 种林地的林下层总持水量为 2 684.91~3 223.63 t · hm<sup>-2</sup>,大小顺序与土壤持水量的顺序一致,其中湿地松+荷木混交林的持水量为 3 221.25 t · hm<sup>-2</sup>,仅次于红锥林,且这 2 种森林类型林下总持水量>均值,表现出较高的水源涵养功能,曾有研究亦表明:阔叶林的水源涵养能力>针叶林<sup>[1]</sup>,由此看来,水源林的构建宜优先种植阔叶树种或阔叶针叶混交的模式,这样既能提高水源林地的水源涵养效益,又能增加森林植被的多样性。

## 参考文献:

[1] 陈严武,史正涛,曾建军,等. 水源地不同林分水源涵养功能评价[J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29(2): 67-74.

CHEN Y W, SHI Z T, ZENG J J, et al. The evaluation on the soil water conservation function of five types forests in urban water source region [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2015, 29(2): 67-74. (in Chinese)

- [2] 史宇. 北京山区主要优势树种森林生态系统水文过程分析[D]. 北京:北京林业大学, 2011.
- [3] 刘效东, 乔玉娜, 周国逸, 等. 鼎湖山 3 种不同演替阶段森林凋落物的持水特性[J]. 林业科学, 2013, 49(9): 8-15.
- [4] LIU X D, QIAO Y N, ZHOU G Y, et al. Water-holding characteristics of litters in three forests at different successional stages in Dinghushan [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2013, 49(9): 8-15. (in Chinese)
- [5] 吴迪, 辛学兵, 裴顺祥, 等. 北京九龙山 8 种林分的枯落物及土壤水源涵养功能[J]. 中国水土保持科学, 2014, 12(3): 78-86.
- [6] WU D, XIN X B, PEI S X, et al. Water conservation function of litters and soil of eight kinds of forest stands in Jiulong Mountain in Beijing City [J]. Science of Soil and Water Conservation, 2014, 12(3): 78-86. (in Chinese)
- [7] 王勤, 张宗应, 徐小牛. 安徽大别山库区不同林分类型的土壤特性及其涵养水源功能[J]. 水土保持学报, 2003, 17(3): 59-62.
- [8] WANG Q, ZHANG Z Y, XU X N. Soil properties and water conservation function of different forest types in Dabieshan district, Anhui [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2003, 17(3): 59-62. (in Chinese)
- [9] 贺淑霞, 李叙勇, 莫菲, 等. 中国东部森林样带典型森林水源涵养功能[J]. 生态学报, 2011, 31(12): 3285-3295.
- [10] HE S X, LI X Y, MO F, et al. The water conservation study of typical forest ecosystems in the forest transect of eastern China [J]. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(12): 3285-3295. (in Chinese)
- [11] 苏彩燕, 周勤. 珠江流域城市河道的综合整治建议与可持续发展[J]. 水利规划与设计, 2006(3): 19-21.
- [12] 唐玉贵, 蒋焱, 梁杰森. 苍梧县珠江低效防护林形成原因与改造的技术对策研究[J]. 广西林业科学, 2010, 39(2): 85-87.
- [13] 陈德叶. 福建柏等 4 个珍贵树种人工纯林涵养水源研究[J]. 四川林勘设计, 2008(2): 23-25.
- [14] 常雅军, 曹靖, 马建伟, 等. 秦岭西部山地针叶林凋落物持水特性[J]. 应用生态学报, 2008, 19(11): 2346-2351.
- [15] CHANG Y J, CAO J, MA J W, et al. Water-holding characteristics of coniferous forest litters in west Qinling Mountains [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19(11): 2346-2351. (in Chinese)
- [16] 姜海燕, 赵雨森, 陈祥伟, 等. 大兴安岭岭南几种主要森林类型土壤水文功能研究[J]. 水土保持学报, 2007, 21(3): 149-153.
- [17] JIANG H Y, ZHAO Y S, CHEN X W, et al. Research on soil hydrology characteristics of some main forest type in south part of Daxing'anling [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2007, 21(3): 149-153. (in Chinese)
- [18] 田超, 杨新兵, 李军, 等. 冀北山地不同海拔蒙古栎林枯落物和土壤水文效应[J]. 水土保持学报, 2011, 25(4): 221-226.
- [19] TIAN C, YANG X B, LI J, et al. Hydrological effects of forest litters and soil of *Quercus mongolica* in the different altitudes of north mountain of Hebei Province [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2011, 25(4): 221-226. (in Chinese)
- [20] 于晓文, 宋小帅, 康峰峰, 等. 辽河源典型森林群落下枯落物的

- 水文特性[J].水土保持通报,2014,34(34):65-69,75.
- YU X W, SONG X S, KAN F F, et al. Litter hydrological characteristics of typical forest communities in Liaoheyuan Nature Reserve [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2014,34(34):65-69,75. (in Chinese)
- [14] 魏强,凌雷,张广忠,等.甘肃兴隆山主要森林类型凋落物累积量及持水特性[J].应用生态学报,2011,22(10):2589-2598.
- WEI Q, LING L, ZHANG G Z, et al. Water-holding characteristics and accumulation amount of the litters under main forest types in Xinglong Mountain of Gansu, northwest China [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011,22(10):2589-2598. (in Chinese)
- [15] 王忠诚,华华,王淮永,等.八大公山国家级自然保护区林地水源涵养功能研究[J].中南林业科技大学学报,2014,34(2):95-101.
- WANG Z C, HUA H, WANG H Y, et al. Research on forest-land water conservation function of Badagong Mountain nature reserve [J]. Journal of Central South University of Forest & Technology, 2014,34(2):95-101. (in Chinese)
- [16] 谭长强,彭玉华,申文辉,等.珠江中上游都安地区不同森林类型林下水源涵养能力比较[J].广西林业科学,2015,44(4):346-351.
- [17] 孟玉珂,刘小林,袁一超,等.小陇山林区主要林分凋落物水文效应[J].西北林学院学报,2012,27(6):48-51.
- MENG Y K, LIU X L, YUAN Y C, et al. Hydrological effect of litter layers of the main forest types in Xiaolongshan forest region [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2012, 27(6):48-51. (in Chinese)
- [18] 常雅军,陈琦,曹靖,等.甘肃小陇山不同针叶林凋落物量、养分储量及持水特性[J].生态学报,2011,31(9):2392-2400.
- CHANG Y J, CHEN Q, CAO J, et al. Litter amount and its nutrient storage and water holding characteristics under different coniferous forest types in Xiaolong Mountain, Gansu Province [J]. Acta Ecologica Sinica, 2011,31(9):2392-2400. (in Chinese)
- [19] 杨光,戴丽,李小英.昆明市松华坝水源区不同森林类型的水源涵养功能研究[J].环境科学导报,2014,33(2):25-30.
- YANG G, DAI L, LI X Y. Research on water conservation in different forest types in Kunming Songhuaba water resource protection area [J]. Environmental Science Survey, 2014, 33 (2):25-30. (in Chinese)
- [20] 孟庆旭,张胜利,李侃,等.秦岭华山松林间伐强度对其水源涵养功能的影响[J].西北林学院学报,2016,31(2):1-7.
- MENG Q X, ZHANG S L, LI K, et al. Effect of intensity on water conservation capacity of *Pinus armandii* forest in Qinling Mountains [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2016,31(2):1-7. (in Chinese)

(上接第 29 页)

- [13] ZHANG X, LIU Z, ZHU B, et al. Impacts of mixed litter decomposition from *Robinia pseudoacacia* and other tree species on C loss and nutrient release in the Loess Plateau of China [J]. Journal of Forestry Research, 2016,27(3):525-532.
- [14] 王意锟,方升佐,曲宏辉,等.森林凋落物分解的影响因素[J].林业科技开发,2012,26(1):5-9.
- [15] 邓长春.高山林线交错带高山杜鹃凋落物分解研究[J].生态学报,2015,35(6):1769-1778.
- DENG C C. Litter decomposition of *Rhododendron lapponicum* in alpine timberline ecotone[J]. Acta Ecological Sinica, 2015,35(6):1769-1778. (in Chinese)
- [16] OLSON J S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems[J]. Ecology, 1963,44(2): 322-331.
- [17] GESSNER M O, SWAN C M, DANG C K, et al. Diversity meets decomposition[J]. Trends in Ecology and Evolution, 2010,25(6):372-380.
- [18] HOLLOWAY P J. Chemistry and morphology of plant epicuticular waxes[M]. London: Academic Press, 1982:1-32.
- [19] 严海元,辜夕容,申鸿.森林凋落物的微生物分解[J].生态学杂志,2010,29(9):1827-1835.
- YAN H Y, GU X R, SHEN H. Microbial decomposition of forest litter:a review[J]. Chinese Journal of Ecology, 2010,29 (9):1827-1835. (in Chinese)
- [20] 李晓莉,岳彩鹏,王冰,等.表面活性剂对大豆和花生茎叶吸硼量的影响[J].贵州农业科学,2011,39(7):107-111.
- LI X L, YU C P, WANG B, et al. Effect of surfactant on boron absorption of soybean and peanut plants[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2011,39(7):107-111. (in Chinese)
- [21] 项文化,闫文德,田大伦,等.外加氮源及与林下植物叶混合对杉木林针叶分解和养分释放的影响[J].林业科学,2005,41 (6):1-6.
- XIANG W H, YAN W D, TIAN D L, et al. Effects of nitrogen addition and mixture with understorey plant leaves on decompositons and Nitrogen releases of Chinese fir needle litter [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2005,41(6):1-6. (in Chinese)
- [22] HOBBIE S E, GOUGH L. Litter decomposition in moist acidic and non-acidic tundra with different glacial histories [J]. Oecologia, 2004,140(1):113-124.
- [23] 莫江明,薛璟花,方运霆.鼎湖山主要森林植物凋落物分解及其对 N 沉降的响应[J].生态学报,2004,24(7):1413-1420.
- MO J M, XUE J H, FANG Y T. Litter decomposition and its responses to simulated N deposition for the major plants of Dinghushan forest in subtropical China[J]. Acta Ecological Sinica, 2004,24(7):1413-1420. (in Chinese)
- [24] QUALLS R G, RICHARDSON C J. Phosphorus enrichment affects litter decomposition, immobilization, and soil microbial phosphorus in wetland mesocosms [J]. Soil Science Society of America Journal, 2000,64(2):799-80.