

# 龙门山断裂带主要森林类型凋落物累积量及其持水特性

杨玉莲, 马兴艳, 吴庆贵, 张川, 刘涛, 刘群, 赵春霖

(绵阳师范学院 生态安全与保护四川省重点实验室, 四川 绵阳 621000)

**摘要:** 采用野外实地调查与室内控制浸提相结合的方法, 对龙门山断裂带常绿阔叶林、落叶阔叶林、针阔混交林、常绿针叶林 4 种森林类型的凋落物储量、持水量、吸水速率进行了研究。研究发现, 不同森林类型凋落物总储量大小顺序为: 常绿针叶林(8.26 t/hm<sup>2</sup>) > 落叶阔叶林(6.80 t/hm<sup>2</sup>) > 针阔混交林(5.52 t/hm<sup>2</sup>) > 常绿阔叶林(4.61 t/hm<sup>2</sup>), 且未分解层累积量所占比例均小于半分解层。不同森林类型不同分解程度凋落物的持水量和持水率与浸泡时间均呈对数关系, 其吸水速率与浸泡时间呈幂函数关系。研究区 4 种森林类型半分解层凋落物的持水能力均强于分解层, 而落叶阔叶林和针阔混交林持水能力较强, 其次是常绿针叶林, 常绿阔叶林最低。研究表明, 在该区森林植被恢复和重建过程中, 应充分考虑半分解层凋落物对水土保持的作用, 且宜优选落叶阔叶林和针阔混交林模式进行森林植被恢复。

**关键词:** 龙门山断裂带; 森林类型; 凋落物; 累积量; 持水特性

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)03-0069-06

中图分类号: S715.7

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.03.014

## Accumulation Amount of Litters and Their Water-holding Characteristics Under Main Forest Types in Longmen Mountains Fault Zone

YANG Yu-lian, MA Xing-yan, WU Qing-gui, ZHANG Chuan, LIU Tao, LIU Qun, ZHAO Chun-lin

(Key Laboratory of Ecological Security and Protection of Sichuan Province,

Mianyang Normal University, Mianyang, Sichuan 621000, China)

**Abstract:** By field investigation in combination of indoor control and leaching, a study was conducted on the accumulation amount, water-holding capacity, water-holding rate and water-absorption rate of the litters under four main forests (evergreen broad-leaved forest, broadleaved deciduous forest, conifer-broadleaf forest and evergreen coniferous forest) in the Longmen Mountains fault zone. The accumulation amount of litters under the forests decreased in the order of evergreen coniferous forest(8.26 t/hm<sup>2</sup>) > broadleaved deciduous forest(6.80 t/hm<sup>2</sup>) > conifer-broad leaf forest(5.52 t/hm<sup>2</sup>) > evergreen broad-leaved forest(4.61 t/hm<sup>2</sup>), and the storage percentage of semi-decomposed litters was higher than that of un-decomposed litters. The water-holding capacity and water-holding rate of litters at different decomposition degree changed logarithmically, while the water-absorption rate assumed a power function of soaking time. Under the four main forests, the litters in semi-decomposed layer had a stronger water-holding capability than that in decomposed layer, and the water-holding capability of litters under broadleaved deciduous forest and conifer-broadleaf forest was stronger than the others, while the litters of evergreen broad-leaved forest had the lowest water-holding capability. The results indicated that we should fully exert the functions of soil and water conservation of the semi-decomposed litters, and select broadleaved deciduous forest and conifer-broadleaf forest needle modes in recovering and reconstructing forest vegetation.

**Keywords:** Longmen Mountain fault zone; forest type; leaf litter; accumulation amount; water-holding characteristics

森林凋落物是森林生态系统的重要组成部分, 它在森林涵养水源和保持水土过程中发挥着十分重要的作用<sup>[1-3]</sup>。一方面, 凋落物的结构疏松, 具有良好的透水性和持水能力, 可吸滞到达土壤表面的降水

量<sup>[4]</sup>; 另一方面, 由于凋落物的机械阻拦作用, 减缓了水流速度, 从而大大地减少土壤表层的流失量<sup>[1,4-5]</sup>。受自然灾害干扰和长期人为活动的影响, 在森林生态系统恢复和重建过程中, 凋落物在水源涵养方面的作

收稿日期: 2013-07-17

修回日期: 2013-07-29

资助项目: 四川省教育厅科技创新团队项目“龙门山地震带生态环境研究与保护(13TD0015)”；四川省教育厅项目(13ZB0120), (13ZB0121); 绵阳师范学院校级项目(2012A08), (2013A09), (2011)099; 四川省大学生创新创业训练计划项目(201310639035)

作者简介: 杨玉莲(1986—), 女(汉族), 四川省巴中市人, 硕士, 助教, 研究方向为森林生态。E-mail: yyl123150@126.com。

通信作者: 吴庆贵(1979—), 男(汉族), 四川省安岳县人, 博士, 讲师, 主要从事森林生态学研究。E-mail: qgwu30@163.com。

用越来越引起人们的重视。目前,已有许多学者对不同区域不同森林类型的凋落物的累积量和持水特性进行了大量研究<sup>[2,6-8]</sup>,但对龙门山断裂带的关注还比较少,这不利于我们全面地认识该区森林保持水土和涵养水源的功能,也不利于该区森林生态系统恢复和重建过程中方案的制定。

龙门山断裂带位于青藏高原东缘的中部,是中国重要的地质、气候和生物类群交汇过渡区,其生态安全关系到长江中下游乃至全国的生态安全问题<sup>[9]</sup>。由于断裂带沿着四川盆地西北缘底部切过,地壳厚度在此陡然下降,且山体较陡,泥石流、滑坡等自然灾害频繁发生,加上 2008 年的汶川大地震,使得该区域内大量天然植被破坏,水土流失严重,生态环境问题显得尤为突出<sup>[10-11]</sup>,生态恢复势在必行。因此,本试验以小寨子沟自然保护区为研究对象,研究了龙门山断裂带 4 种主要森林类型凋落物厚度、累积量和持水特性,以及对凋落物层截留水量动态进行了数学模拟,

以期充分认识森林凋落物的水源涵养、水土保持功能,也为龙门山断裂带森林生态系统恢复和重建提供一定的参考。

## 1 研究区概况

小寨子沟自然保护区位于四川省绵阳市北川羌族自治县的西北部,地理坐标为 103°45′—104°26′E, 31°50′—32°16′N,地处横断山脉东沿,海拔 1 160~4 769 m,属于龙门山断裂带的核心区域<sup>[12]</sup>。保护区内山高坡陡,河谷幽深,坡度一般在 30°以上。该区域属于亚热带季风气候,年均降水量约为 800 mm,年均温度 7.2~11.2 °C,≥10 °C 积温 4 500 °C,年日照时数 1 111.5 h<sup>[12-13]</sup>。土壤由黄壤、山地黄棕壤、棕壤、暗棕壤、亚高山草甸土、高山草甸土和高山寒漠土组成,保护区内植被类型多,生物多样性高<sup>[13]</sup>。但受频繁地质灾害的影响,区内水土流失严重,土壤发育严重受阻。研究区 4 种主要森林类型的基本特征如表 1 所示。

表 1 小寨子沟自然保护区 4 种森林类型的主要特征

林型	海拔/ m	坡度/ (°)	林龄/ a	郁闭度	平均胸径/ cm	平均树高/ m	林下主要植物
S <sub>1</sub>	1 740	32	20	0.80	9.63	19.50	细叶青冈( <i>Cyclobalanopsis gracilis</i> )、仿栗( <i>Sloanea hemsleyana</i> )
S <sub>2</sub>	1 932	33	20	0.85	10.12	24.50	卵叶钓樟( <i>Lindera limprichtii</i> )、山核桃( <i>Carya cathayensis</i> )
S <sub>3</sub>	2 605	35	40	0.80	12.45	15.00	冷杉( <i>Abies fabri</i> )、心叶英蓀( <i>Viburnum nerrosom</i> )
S <sub>4</sub>	2 954	37	40	0.70	13.55	23.50	麦吊云杉( <i>Picea brachytyla</i> )、铁杉( <i>Tsuga chinensis</i> )

注: S<sub>1</sub> 为常绿阔叶林; S<sub>2</sub> 为落叶阔叶林; S<sub>3</sub> 为针阔混交林; S<sub>4</sub> 为常绿针叶林。下同。

## 2 研究方法

### 2.1 凋落物累积量的测定

2012 年 8 月在研究区域 4 种森林类型内各选 3 个标准样地(20 m×20 m),然后在每个标准样地四角及中心 5 个位置设置 1 m×1 m 小样方,按未分解(由新鲜凋落物组成,颜色变化不明显,质地坚硬,外表无分解的痕迹)、半分解(颜色变黑,叶无完整的外观轮廓,多数凋落物已粉碎)收集样方中全部凋落物<sup>[6]</sup>,并现场测定凋落物总厚度及未分解层、半分解层厚度。将所收集的凋落物样品带回实验室迅速称其鲜重,然后将各层凋落物在 65 °C 烘干至恒重,由此计算各层凋落物的储量、含水率以及凋落物的总储量。

### 2.2 凋落物持水动态分析

在烘干至恒重的各样方凋落物中分别取部分凋落物称重,然后装入 100 目 15 cm×20 cm 的尼龙网袋后,分别浸入清水中 0.5,1,2,4,6,8,10,12,14,16,24 h 后(浸水时防止尼龙网袋间互相挤碰,水面高度以浸过尼龙网袋,凋落物不露出水面为度),将内装凋落物的尼龙网袋从清水中取出并悬挂在空中静置约

5 min,当无水滴下时立刻称量,最后将袋中的凋落物烘干(65 °C)称量,计算不同浸泡时段凋落物的持水量、持水率及吸水速率<sup>[6]</sup>,研究凋落物吸水动态变化规律。

$$\text{凋落物持水量}(\text{t}/\text{hm}^2) = [\text{凋落物湿重}(\text{kg}/\text{m}^2) - \text{凋落物干重}(\text{kg}/\text{m}^2)] \times 10$$

$$\text{凋落物持水率} = (\text{凋落物持水量}/\text{凋落物干质量}) \times 100\%$$

$$\text{凋落物吸水速率} = \text{凋落物持水量}/\text{吸水时间}$$

### 2.3 凋落物持水能力测定

凋落物持水能力主要取决于凋落物累积量、最大持水率、平均自然含水率、有效拦蓄量调整系数和有效拦蓄量。采用 24 h 浸泡时间作为凋落物最大持水量<sup>[14]</sup>,即浸泡 24 h 凋落物有最大持水率,且采用有效拦蓄量来估算凋落物对降水的实际拦蓄量,由于实验室所得有效拦蓄率往往高于实际自然环境条件,以经验常数 0.85 进行校正<sup>[7,15]</sup>。计算公式如下:

$$\text{凋落物自然含水率} = (\text{凋落物自然湿重} - \text{凋落物干重})/\text{凋落物干重} \times 100\%$$

$$\text{凋落物最大拦蓄量} = (\text{凋落物最大持水率} -$$

$$\text{凋落物自然含水率}) \times \text{凋落物累积量}(\text{t}/\text{hm}^2)$$

$$\text{凋落物有效拦蓄量} = (0.85 \times \text{凋落物最大持水率} -$$

$$\text{凋落物自然含水率}) \times \text{凋落物累积量}(\text{t}/\text{hm}^2)$$

### 3 结果与分析

#### 3.1 凋落物储量

由表 2 可知, 在 4 种森林类型中, 凋落物的总厚度为 28~38 mm, 为落叶阔叶林>针阔混交林>常绿

针叶林>常绿阔叶林。不同森林类型下凋落物总储量大小顺序为: 常绿针叶林>落叶阔叶林>针阔混交林>常绿阔叶林。在 4 种森林类型中, 未分解层凋落物的储量所占比例均较小, 而半分解层凋落物的储量所占比例均较大。

表 2 不同森林类型凋落物厚度及储量

林型	总厚度/ mm	总储量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	未分解层		半分解层	
			储量/(t·hm <sup>-2</sup> )	占总储量比例/%	储量/(t·hm <sup>-2</sup> )	占总储量比例/%
S <sub>1</sub>	28.07±6.23	4.61±0.56	2.19±0.41	47.47±0.12	2.42±0.74	52.53±0.12
S <sub>2</sub>	37.44±5.43	6.80±0.67	2.84±0.73	41.78±0.06	3.96±0.63	58.22±0.06
S <sub>3</sub>	34.24±7.34	5.52±0.48	2.38±0.23	43.06±0.15	3.14±0.89	56.94±0.15
S <sub>4</sub>	31.07±5.92	8.26±0.43	1.98±0.34	23.97±0.23	6.28±0.55	76.03±0.23

#### 3.2 凋落物持水动态

3.2.1 凋落物持水量 由图 1 可知, 4 种森林类型的凋落物持水量变化规律基本一致, 即: 持水量随着浸水时间的增加而不断增加, 前 30 min 内增速较快, 30 min 后减慢, 浸水 10 h 后凋落物持水量基本趋于某一稳定值。凋落物分解程度不同, 其持水量动态各不相同。未分解层凋落物在浸泡不同时间后, 其持水量大小为: 落叶阔叶林>针阔混交林>常绿针叶林>常绿阔叶林; 而半分解层在浸泡不同时间后, 其持水

量大小为: 常绿针叶林>落叶阔叶林>针阔混交林>常绿阔叶林。比较同一森林类型未分解层和半分解层凋落物的最大持水量可知, 未分解层最大持水量均小于半分解层, 而且常绿针叶林之间差值最大。对 4 种森林类型各层凋落物持水量与浸水时间数据拟合发现, 凋落物持水量  $W_h$  与浸水时间  $t$  (0.5~24 h) 之间均呈极显著的对数函数关系 ( $p < 0.001$ , 表 3)。回归方程的相关系数  $R^2$  均大于 0.94, 说明 4 种森林类型各层凋落物持水量与浸水时间存在较好的相关性。

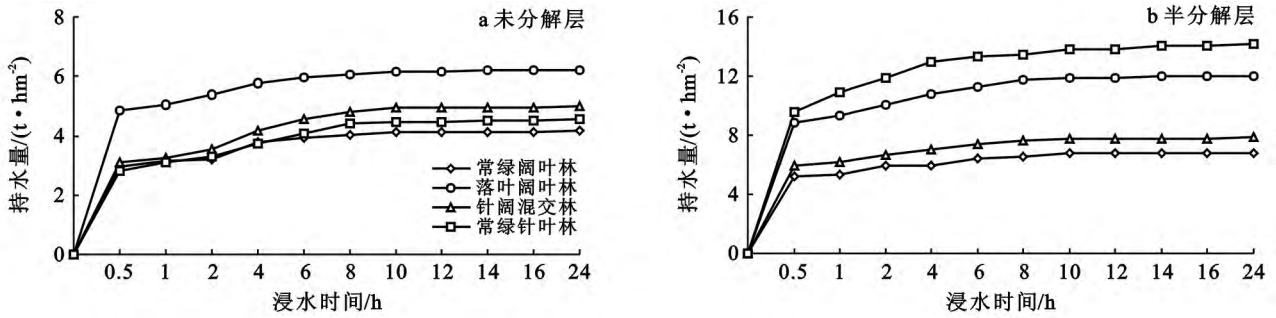


图 1 不同森林类型凋落物持水量与浸水时间的关系

表 3 不同森林类型凋落物持水量与浸水时间的回归方程 ( $n=11$ )

林型	凋落物层	回归方程	$R^2$
S <sub>1</sub>	未分解层	$W_h = 0.3644 \ln t + 3.1730$	0.9418**
	半分解层	$W_h = 0.4719 \ln t + 5.4916$	0.9614**
S <sub>2</sub>	未分解层	$W_h = 0.4000 \ln t + 5.1370$	0.9657**
	半分解层	$W_h = 0.9293 \ln t + 9.5001$	0.9671**
S <sub>3</sub>	未分解层	$W_h = 0.5928 \ln t + 3.3820$	0.9519**
	半分解层	$W_h = 0.5591 \ln t + 6.3000$	0.9663**
S <sub>4</sub>	未分解层	$W_h = 0.5148 \ln t + 3.1203$	0.9621**
	半分解层	$W_h = 1.1853 \ln t + 10.9130$	0.9591**

注:  $W_h$  为凋落物持水量 ( $t/hm^2$ );  $t$  为浸水时间 (h); \*\* 表示显著水平 ( $p < 0.001$ )。下同。

3.2.2 凋落物持水率 由图 2 可知, 4 种森林类型凋落物持水率在开始浸水时增加较快, 0.5 h 后随浸

水时间的不断增加, 持水率增幅逐渐减慢, 最后达到某一稳定值。凋落物分解程度不同, 其持水率动态各不相同。未分解层凋落物持水率在浸泡前 6 h 内, 其落叶阔叶林的持水率最大, 而在浸泡 6 h 后, 常绿针叶林的持水率最大, 除浸泡前 1 h 内, 常绿针叶林的持水率最小外, 浸泡 1 h 后, 常绿阔叶林的持水率均最小; 而半分解层凋落物持水率的大小为: 落叶阔叶林>常绿阔叶林>针阔混交林>常绿针叶林。

比较同一森林类型未分解层和半分解层凋落物的持水率可知, 除常绿针叶林未分解层和半分解层的持水率差异不大外, 其他 3 种森林未分解层持水率均小于半分解层。

对 4 种森林类型各层凋落物持水率与浸水时间数据拟合发现, 凋落物持水率  $W_h$  与浸水时间  $t$  (0.5

~24 h)之间均呈极显著的对数函数关系( $p < 0.001$ ) (表 4), 回归方程的相关系数  $R^2$  均大于 0.94, 说明 4

种森林类型各层凋落物持水率与浸水时间存在较好的相关性。

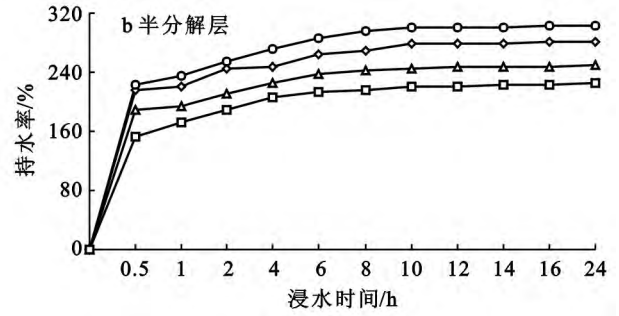
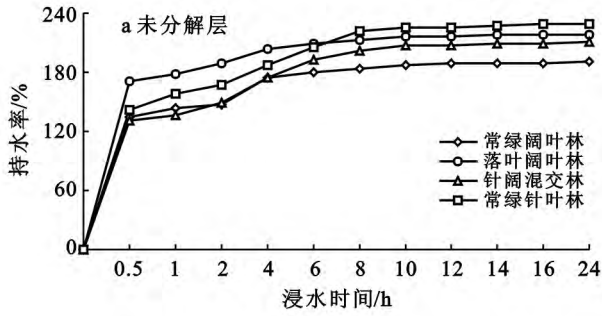


图 2 不同森林类型凋落物持水率与浸水时间的关系

表 4 不同森林类型凋落物持水率与浸水时间的回归方程( $n=11$ )

林型	凋落物层	关系式	$R^2$
$S_1$	未分解层	$W_R = 16.664 \ln t + 145.11$	0.941 8**
	半分解层	$W_R = 19.501 \ln t + 226.93$	0.961 4**
$S_2$	未分解层	$W_R = 14.075 \ln t + 180.74$	0.965 7**
	半分解层	$W_R = 23.467 \ln t + 239.90$	0.967 1**
$S_3$	未分解层	$W_R = 24.932 \ln t + 142.23$	0.951 9**
	半分解层	$W_R = 17.779 \ln t + 200.35$	0.966 3**
$S_4$	未分解层	$W_R = 26.002 \ln t + 157.59$	0.962 1**
	半分解层	$W_R = 18.875 \ln t + 173.77$	0.959 1**

注:  $W_R$  为凋落物持水率。

3.2.3 凋落物吸水速率 由图 3 可知, 4 种森林类型凋落物在刚浸水时吸水速率均较高, 0.5 h 后凋落物的吸水速率均明显下降, 浸泡 4 h 后凋落物吸水速率的降

幅逐渐减小, 浸泡 8 h 后凋落物的吸水速率基本不变, 即此时凋落物吸水基本趋于饱和。凋落物分解程度不同, 其吸水速率动态各不相同。在浸水 0.5 h 时, 未分解层和半分解层凋落物的吸水速率的大小均为: 落叶阔叶林 > 常绿阔叶林 > 针阔混交林 > 常绿针叶林。比较同一森林类型未分解层和半分解层凋落物的吸水速率可知, 未分解层吸水速率均小于半分解层。

对 4 种森林类型各层凋落物吸水速率与浸水时间数据拟合发现, 凋落物吸水速率  $W_A$  与浸水时间  $t$  (0.5~24 h) 之间均呈极显著的幂函数关系 ( $p < 0.001$ , 表 5), 回归方程的相关系数  $R^2$  均大于 0.99, 说明 4 种森林类型各层凋落物吸水速率与浸水时间存在较好的相关性。

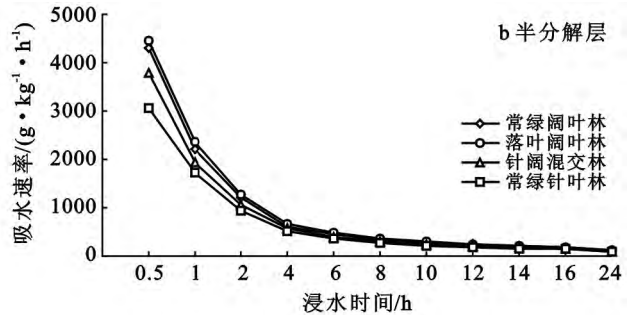
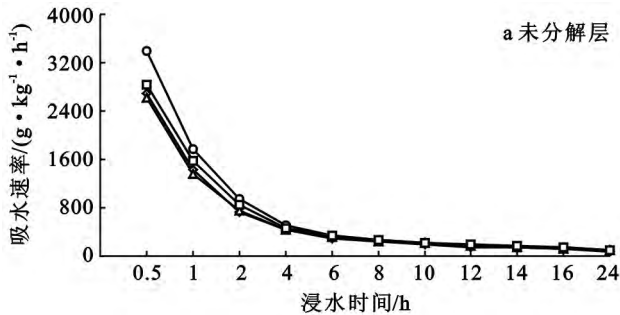


图 3 不同森林类型凋落物吸水速率与浸水时间的关系

表 5 不同森林类型凋落物吸水速率与浸水时间的回归方程( $n=11$ )

林型	凋落物层	关系式	$R^2$
$S_1$	未分解层	$W_A = 1447.1t^{-0.8978}$	0.999 1**
	半分解层	$W_A = 2267.2t^{-0.9217}$	0.999 7**
$S_2$	未分解层	$W_A = 1804.7t^{-0.9281}$	0.999 8**
	半分解层	$W_A = 2394.6t^{-0.9116}$	0.999 7**
$S_3$	未分解层	$W_A = 1417.1t^{-0.8530}$	0.998 5**
	半分解层	$W_A = 2000.8t^{-0.9192}$	0.999 7**
$S_4$	未分解层	$W_A = 1571.7t^{-0.8607}$	0.999 0**
	半分解层	$W_A = 1729.3t^{-0.9014}$	0.999 3**

注:  $W_A$  为凋落物吸水速率。

### 3.3 凋落物持水能力

由表 6 可知, 不同森林类型凋落物最大持水率在 226.03%~267.79%, 大小顺序为落叶阔叶林 > 常绿阔叶林 > 针阔混交林 > 常绿针叶林, 其中未分解层最大持水率为: 常绿针叶林最大, 常绿阔叶林最小; 半分解层最大持水率为: 落叶阔叶林最大, 常绿针叶林最小; 不同森林类型凋落物最大持水量为 10.95~18.67 t/hm<sup>2</sup>, 大小顺序为常绿针叶林 > 落叶阔叶林 > 针阔混交林 > 常绿阔叶林, 其中未分解层最大持水量为: 落叶阔叶林最大, 常绿阔叶林最小; 半分解层最大持水量为: 常绿针叶林最大, 常绿阔叶林最小。

表6 不同森林类型凋落物持水能力指标

林型	凋落物层	累积量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	自然含 水率/%	最大持 水率/%	最大持水量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	最大拦 蓄率/%	最大拦蓄量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	有效拦 蓄率/%	有效拦蓄量/ (t·hm <sup>-2</sup> )
S <sub>1</sub>	未分解层	2.19	87.21	190.13	4.16	102.92	2.25	74.40	1.63
	半分解层	2.42	103.64	280.61	6.79	176.97	4.28	134.88	3.26
	总量	4.61	95.84	237.53	10.95	141.69	6.53	106.06	4.89
S <sub>2</sub>	未分解层	2.84	94.80	218.61	6.21	123.81	3.52	91.02	2.58
	半分解层	3.96	115.40	303.16	12.00	187.76	7.44	142.28	5.63
	总量	6.80	106.80	267.79	18.21	161.00	10.95	120.83	8.22
S <sub>3</sub>	未分解层	2.38	81.51	210.41	5.00	128.90	3.07	97.34	2.32
	半分解层	3.14	94.90	248.97	7.83	154.07	4.84	116.72	3.67
	总量	5.52	89.13	232.43	12.83	143.30	7.91	108.43	5.99
S <sub>4</sub>	未分解层	1.98	112.12	229.27	4.54	117.15	2.32	82.76	1.64
	半分解层	6.28	143.63	224.96	14.13	81.33	5.11	47.59	2.99
	总量	8.26	136.08	226.03	18.67	89.95	7.43	56.05	4.63

不同森林类型凋落物最大拦蓄量为 6.53~10.95 t/hm<sup>2</sup>,大小顺序为:落叶阔叶林>针阔混交林>常绿阔叶林>常绿针叶林,其中未分解层最大拦蓄量为:落叶阔叶林最大,常绿阔叶林最小;半分解层最大拦蓄量为:针阔混交林最大,常绿阔叶林最小;不同森林类型凋落物有效拦蓄量为 4.63~8.22 t/hm<sup>2</sup>,大小顺序为:落叶阔叶林>针阔混交林>常绿阔叶林>常绿针叶林,其中未分解层有效拦蓄量为:落叶阔叶林>针阔混交林>常绿针叶林>常绿阔叶林,半分解层有效拦蓄量为:针阔混交林>落叶阔叶林>常绿阔叶林>常绿针叶林。

## 4 讨论

凋落物层具有缓冲雨水动能,避免受雨水溅击而导致土壤结构破坏,调节和阻滞地表径流的作用<sup>[4]</sup>。一般认为,凋落物的现存数量越多,持水能力越强,其水源涵养功能越好<sup>[16]</sup>。本研究中4种森林凋落物无论是未分解层还是半分解层,其凋落物储蓄量都较低,这可能是因为该区普遍山高坡陡<sup>[9]</sup>,凋落物容易受雨水冲刷而流失,同时频繁发生的地质灾害,使得土壤发育受阻,植被破坏甚至死亡,凋落物储蓄量小于其他地区。不同森林类型,凋落物蓄积量也存在差异,研究区内常绿针叶林的蓄积量最大,而常绿阔叶林的蓄积量最小,这是因为常绿阔叶林树种自身特征导致凋落物量相对较少,林内相对较高的温湿度环境更易于土壤动物和微生物的生长和活动,促进凋落物的分解<sup>[17]</sup>,而常绿针叶林凋落叶因质地较硬,木质素类难分解物质含量高<sup>[7]</sup>,其凋落物具较低分解率,储量较多。与常雅军等<sup>[6]</sup>的研究结果一致,在4种森林中,未分解层凋落物的储量所占比例均较小,而半分解层

凋落物的储量所占比例均较大,这暗示着半分解层凋落物对森林持水能力的意义可能更为重大。

不同森林类型凋落物持水量、持水率随浸水时间的变化规律基本相似,这与大多地区的研究结果一致<sup>[7,8,15]</sup>。但不同森林类型,凋落物分解程度不同,凋落物的持水量和持水率也存在差异(图2—3)。由于半分解层凋落物累积量大于未分解层,同时凋落物经过一定时期的分解,结构疏松,含油率减少,因此半分解层凋落物的持水量和持水率都高于未分解层(常绿针叶林除外),这说明了在常绿阔叶林、落叶阔叶林和针阔混交林中半分解层凋落物具较高持水能力,而在常绿针叶林中,未分解层和半分解层的凋落叶的持水率差值不大,这可能是因为常绿针叶林的凋落叶的质地、含油率等并未在因分解程度的不同而差异很大。不同森林凋落物吸水速率随时间的动态变化规律为:浸泡前4h内变化最快,浸泡8h后凋落物的吸水速率基本不变,浸泡24h时吸水基本停止。这与王晓容的研究结果一致<sup>[18]</sup>。在刚浸水时,未分解层和半分解层的吸水速率均为:落叶阔叶林>常绿阔叶林>针阔混交林>常绿针叶林,这说明阔叶林能在降水时迅速将水蓄积,从而大大减少地表径流的发生,同时,凋落物分解程度越彻底,其吸水性越好<sup>[17]</sup>,在本研究中也得到类似结果(图4)。4种森林类型不同分解程度凋落物的持水量和持水率与浸泡时间均呈对数关系,其吸水速率与浸泡时间呈幂函数关系,这与魏强<sup>[7]</sup>、常雅军等<sup>[6]</sup>、顾宇书等<sup>[19]</sup>的研究结果一致。

凋落物持水能力是反映凋落物水文作用的重要指标,主要取决于凋落物的累积量、最大持水率、最大持水量、平均自然含水率、有效拦蓄量调整系数和有效拦蓄量<sup>[20]</sup>。不同森林类型由于树种生物学特性与

林分结构不同,其水源涵养功能也存在一定的差异<sup>[21]</sup>。本研究中,由于阔叶林的凋落叶质地较软,油脂量较低,其最大持水率高于针叶林。但由于现存量中,常绿针叶林的累积量明显高于常绿阔叶林,因此,常绿针叶林的最大持水量也有最大值,这与王金建等<sup>[15]</sup>的研究结果一致。基于凋落物持水能力的理论值,落叶阔叶林和常绿针叶林的持水能力都较好,而在实际降水过程中,在山地坡面上一般不会出现较长时间的浸水条件,降落到坡面的雨水除一部分被凋落物层拦蓄吸收外,绝大部分很快透过凋落物层渗入到土中<sup>[15]</sup>。因此落叶阔叶林和针阔混交林在最大拦蓄量和有效拦蓄量上的较大值,可表明落叶阔叶林和针阔混交林比常绿针叶林和常绿阔叶林更适合作为植被恢复的可选森林类型。

## 5 结论

综合比较龙门山断裂带 4 种主要森林类型水源涵养能力发现,受凋落物的厚度、组成、分解状况和累积量等特性的影响,落叶阔叶林和针阔混交林表现出最强涵养水源的能力,其次是常绿针叶林,而常绿阔叶林的涵养水源的能力较低。龙门山断裂带是长江中下游水源涵养和水土保持的重要区域,且受“5·12”大地震的影响,水土流失严重,亟需加强生态恢复和保护。因此,在以后该区域的生态恢复和水土治理过程中,要充分考虑半分解层凋落物的水土保持作用,且宜优选落叶阔叶林和针阔混交林模式,做好树种搭配和配置,以更好地发挥森林植被保持水土和涵养水源的功能。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 程金花,张洪江,史玉虎. 林下地被物保水保土作用研究进展[J]. 中国水土保持科学, 2003, 1(2): 96-101.
- [2] 樊登星,余新晓,岳永杰,等. 北京西山不同林分枯落物层持水特性研究[J]. 北京林业大学学报, 2008, 30(S2): 177-181.
- [3] Sayer E J. Using experimental manipulation to assess the roles of leaf litter in the functioning of forest ecosystems[J]. Biological Reviews, 2006, 81(1): 1-31.
- [4] 朱金兆,刘建军,朱清科,等. 森林凋落物层水文生态功能研究[J]. 北京林业大学学报, 2002, 24(5): 30-34.
- [5] 王佑民. 中国林地枯落物持水保土作用研究概况[J]. 水土保持学报, 2000, 14(4): 108-113.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 庞学勇,包维楷,张咏梅. 岷江上游中山区低效林改造对枯落物水文作用的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(4): 119-122.
- [9] 李传友,宋方敏,冉勇康. 龙门山断裂带北段晚第四纪活动性讨论[J]. 地震地质, 2004, 26(2): 248-258.
- [10] Ouyang Zhiyun, Xu Weihua, Wang Xuezi, et al. Impact assessment of Wenchuan Earthquake on ecosystems[J]. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(12): 5801-5809.
- [11] 张春敏,王根绪. 汶川大地震灾害对区域生态系统的影响:以青川、平武和茂县为例[J]. 生态学报, 2008, 28(12): 5833-5841.
- [12] 赵颖,何兴金,秦自生. 小寨子沟自然保护区种子植物区系分析[J]. 江西科学, 2004, 22(1): 32-36.
- [13] 陈光升. 四川小寨子森林群落多样性的环境梯度分析[J]. 热带亚热带植物学报, 2010, 18(2): 182-188.
- [14] Bille H K. Relation between defoliation and litterfall in some Danish *Picea abies* and *Fagus sylvatica* stands [J]. Journal of Forest Research, 2001, 16(2): 127-137.
- [15] 王金建,崔培学,刘霞,等. 小流域水土保持生态修复区森林枯落物的持水性能[J]. 中国水土保持科学, 2005, 3(1): 48-52.
- [16] 刘世荣,温远道,王兵,等. 中国森林生态系统水文生态功能规律[M]. 北京:中国林业出版社, 1996.
- [17] 齐记,史宇,余新晓,等. 北京山区主要树种枯落物水文功能特征研究[J]. 水土保持研究, 2011, 18(3): 73-77.
- [18] 王晓荣,唐万鹏,刘学全. 丹江口湖北库区不同林分类型枯落物储量及持水性能[J]. 水土保持学报, 2012, 26(5): 244-248.
- [19] 顾宇书,邢兆凯,韩友志,等. 浑河上游 4 种典型林分类型枯落物持水特征[J]. 南京林业大学学报:自然科学版, 2013, 37(1): 31-36.
- [20] 周祥,赵一鹤,张洪江,等. 云南高原典型林分林下枯落物持水特征研究[J]. 生态环境学报, 2011, 20(2): 248-252.
- [21] 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.