

# 马缨杜鹃不同花叶比例凋落物的分解程度和持水性能研究

吴迪, 韩振诚, 李苇洁, 田奥, 王加国

(贵州省山地资源研究所, 贵阳 550001)

**摘要:** 为揭示马缨杜鹃花叶凋落物对百里杜鹃保护区生态水文功能的影响, 采用凋落物分解袋法及室内浸泡法对马缨杜鹃花、叶凋落物分解过程中的持水性能进行研究。结果表明: (1) 马缨杜鹃花叶混合凋落物的累积分解率随分解时间及花比例的增加而增加, 各花叶混合凋落物累积分解率在纯花及纯叶凋落物之间变化。(2) 马缨杜鹃花叶混合凋落物的持水率与浸水时间呈对数函数关系 ( $R = a \ln t + b, R^2 > 0.80$ ), 浸水初期 2 h 内迅速增加, 2~8 h 时缓慢增加, 8 h 后趋于平缓并逐渐达到饱和; 而凋落物的持水速率均随着浸泡时间的增加而下降, 持水速率与浸泡时间呈幂函数关系 ( $V = kt^n, R^2 > 0.99$ ), 持水速率在浸水初期 4 h 最大, 后逐渐趋于一致; (3) 马缨杜鹃花叶混合凋落物最大持水率随着分解时间及花比例的增加逐渐升高, 但不同花叶比例凋落物持水率的差异逐渐减小; (4) 马缨杜鹃花叶凋落物最大持水量受分解率和最大持水率的共同调控, 在分解 0~360 天时随花比例增加而增加, 分解 450 天后花叶比例不再影响马缨杜鹃林下凋落物层的最大持水量。整体来看, 马缨杜鹃花凋落物对叶凋落物分解及花叶凋落物持水功能有很大的影响, 对花凋落物进行回收利用不宜超过现存量的 50%。

**关键词:** 马缨杜鹃; 凋落物; 不同花叶比例; 持水性能

中图分类号: S714.7

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2020)05-0186-06

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcbx.2020.05.026

## Study on the Decomposition and Water Holding Capacity of Flower and Leaf Litter Mixtures of *Rhododendron delavayi*

WU Di, HAN Zhencheng, LI Weijie, TIAN Ao, WANG Jiaguo

(Institute of Mountain Resources of Guizhou Province, Guiyang 550001)

**Abstract:** To uncover the eco-hydrological influence of flower and leaf litters of *Rhododendron delavayi* at the Baili Dujuan Natural Reserve, the litter bag method in the field and indoor soaking method were applied to study the water holding characteristic of flower - leaf mixture during their decomposition. The results were as follows: (1) The cumulative decomposition rates of *R. delavayi* increased with decomposition time and growing flower ratio, and the cumulative decomposition rates of each flower - leaf mixture rate varied between the pure flower and pure leaf litters; (2) The relation between water holding ratio and soaking time was a logarithmic function ( $R = a \ln t + b, R^2 > 0.80$ ), the water holding ratio increased instantly within two hours, then turned to slowly within 2 ~ 8 hours and leveled off after 8 hours; while the absorption speed rates of litters decreases with soaking time in a power function as ( $V = kt^n, R^2 > 0.99$ ), with the highest absorption speed rate within 4 hours and levelled off thereafter; (3) The maximum water holding rate of different flower - leaf mixture litters increased with decomposition time and flower ratios, but the difference among different flower ratios was lowered with decomposition time; (4) The maximum water holding capacity of different flower - leaf mixture was regulated by the decomposition rate and water holding rate. The maximum water holding capacity of different flower - leaf mixture of *R. delavayi* increased with flower ratio during 0 ~ 360 days, while the flower ratio didn't work after 450 days of decomposition. In a whole, the *R. delavayi* utilization should not exceed the half of the current flower litter to maintain the litter decomposition rate and improve the water holding rate.

**Keywords:** *Rhododendron delavayi*; litter; different flower-leaf proportion; water holding capacity

收稿日期: 2020-01-15

资助项目: 国家自然科学基金项目 (41561109)

第一作者: 吴迪 (1986-), 女, 侗族, 硕士, 助理研究员, 主要从事资源环境研究。E-mail: 187153496@qq.com

通信作者: 李苇洁 (1977-), 女, 汉族, 硕士, 研究员, 主要从事森林生态及经济林栽培研究。E-mail: lwj024333@163.com

百里杜鹃位于贵州省西北部大方县与黔西县交界处(105°45'30"—106°04'45"E, 27°08'30"—27°20'00"N), 是迄今为止发现的地球同纬度范围内的中低海拔区面积最大的天然杜鹃林, 其旅游资源是当地重要的经济来源<sup>[1]</sup>。马缨杜鹃 (*Rhododendron delavayi* Franch.) 是百里杜鹃景区杜鹃花群落的建群种和优势种, 平均斑块面积为 11.56 hm<sup>2</sup>, 在百里杜鹃林区的生态功能及观赏价值上均发挥重要作用<sup>[2]</sup>。杜鹃花科植物多含酚类、黄酮类等活性物质, 具有止咳、平喘、消炎等功效<sup>[3-4]</sup>, 花期收集新鲜的花凋落物开发其药用价值, 可为百里杜鹃景区提供新的经济增长点。通过对马缨杜鹃的监测发现花凋落物约占花叶凋落物总量的 19%, 对其进行利用需充分考虑凋落物的生态功能。

凋落物层是森林生态系统进行物质循环和能量流动的重要场所<sup>[5-7]</sup>。植被不同的器官在环境影响下掉落并堆积, 在微生物的作用下逐渐分解, 释放 C、N 和 P 等元素, 改善土壤肥力<sup>[8-9]</sup>。此外, 凋落物层是森林生态系统发挥水土保持及水水源涵养功能的重要组成部分, 其疏松多孔的物理性质可有效拦蓄降水, 防止雨滴飞溅, 固持土壤, 减少土壤的直接蒸发<sup>[10-12]</sup>。已有学者<sup>[13-15]</sup>对凋落物分解及持水能力的研究多聚焦于植被不同种类或不同年龄枯枝落叶分解率及持水率的差异, 认为枯落物的持水能力与其分解程度、干燥程度、蓄积量等密切相关。对于不同器官的凋落物研究, 多以凋落物现存量组分的季节变化为主, 对不同器官凋落物, 尤其是观赏植物的花叶凋落物混合后的分解及其持水量的变化则鲜有报道<sup>[15-16]</sup>。马缨杜鹃叶厚革质难分解, 花凋落物的加入在一定程度上促进了叶凋落物的分解速率, 提升了水源涵养功能, 故对花凋落物的开发与利用需以不影响总凋落物水源涵养功能为前提。因此, 本文针对马缨杜鹃, 探究不同花叶比例凋落物的水文功能, 为马缨杜鹃凋落物合理回收利用提供理论基础。

## 1 研究区概况

百里杜鹃保护区面积约 125.8 km<sup>2</sup>, 属亚热带高原温凉气候, 春干冬湿, 年平均温度为 11.8 °C, 降水集中在 4—9 月, 年降水量 1 000~1 200 mm, 年平均相对湿度 84%<sup>[1]</sup>。百里杜鹃林区为寒武系与二迭系的碳酸盐分布地区, 其出露地表的龙潭组煤层中含有黄铁矿, 氧化后生成硫酸, 使地下水变成酸性, 导致石灰岩与龙潭组接触地带岩溶强烈发育, 地表水不易保持, 容易造成地质性的缺水干旱<sup>[17-18]</sup>。

## 2 材料与方法

### 2.1 试验设计

研究于 2017 年在百里杜鹃景区黄泥乡戛木村典

型马缨杜鹃纯林地段, 选取 3 个马缨杜鹃纯林地, 各设 5 m×5 m 的固定样地 12 个, 每样地沿对角线均匀放置 1 m×1 m×0.1 m 的凋落物收集器 4 个, 每 2 天收集 1 次凋落物。分别收集马缨杜鹃当年花凋落物和叶凋落物, 置于烘箱中, 60 °C 烘干至恒重, 装入尼龙做成的分解袋中(网眼为 1 mm, 规格为 25 cm×25 cm)进行编号挂牌, 每袋凋落物 40 g, 误差<0.1 g。试验设置 7 个处理, 分别为花凋落物 40 g (10F: 0L)、叶凋落物 40 g (0F: 10L)、花凋落物 20 g+叶凋落物 20 g (5F: 5L)、花凋落物 16 g+叶凋落物 24 g (4F: 6L)、花凋落物 12 g+叶凋落物 28 g (3F: 7L)、花凋落物 8 g+叶凋落物 32 g (2F: 8L)、花凋落物 4 g+叶凋落物 36 g (1F: 9L), 每个处理 55 个重复, 共计 385 袋。

2017 年 4 月底将各样品分解袋随机置于典型样地相对平坦的地块, 布设地点基本信息见表 1, 放置时将分解袋自然贴近原来的枯落物层, 并进行掩盖以防止人为破坏。分别在凋落物投放后的 60, 120, 180, 240, 300, 360, 450, 540, 630, 720 天, 回收每种处理凋落物分解袋 5 个, 每次 35 袋, 带回实验室进行分解规律及持水性能测定。

表 1 凋落物投放点概况

采集点 编号	地理 坐标	海拔/ m	坡向	坡度/ (°)
1	106°03'41.50"E, 27°15'47.80"N	1463	北	6
2	106°03'42.55"E, 27°15'47.33"N	1462	全向	0
3	106°03'42.47"E, 27°15'43.79"N	1456	西南	5
4	106°03'44.95"E, 27°15'43.21"N	1475	西	3
5	106°03'44.77"E, 27°15'42.68"N	1476	北	5

### 2.2 凋落物残留率及持水率的计算

凋落物样品袋带回实验室后, 人工剔除杂物后烘干称重, 分解残留率计算公式为:

$$Q = M_2 / M_1 \times 100\%$$

$$R = 100\% - Q$$

式中:  $Q$  和  $R$  分别为凋落物分解残留率(%)和累积分解率(%);  $M_1$  为凋落物样品未分解前的干重(g);  $M_2$  为凋落物样品分解后的干重(g)。

用室内浸泡法测定凋落物样品分解后的持水能力, 将样品烘干称重后浸泡 24 h 测定其持水能力, 然后按照重量加权求和得到凋落物的水文特征。凋落物的水文特征计算公式为:

$$W_i = H_i / M_0$$

$$H_i = M_i - M_0$$

式中:  $W_i$  为凋落物样本的累积持水率(g/g);  $H_i$  为凋落物持水量(g);  $M_i$  为凋落物样本的累积湿重(g);  $M_0$  为凋落物样本的干重(g), 当  $i$  为 24 时, 样本持水率及持水量达到饱和。

### 2.3 统计分析

通过 SPSS 19.0 软件进行单因素方差分析(One-way ANOVA)并基于邓肯法检验结果 0.05 水平的显著性,图表绘制采用 Excel 2010 完成。

## 3 结果与分析

### 3.1 凋落物分解动态

由表 2 可知,10F:0L、5F:5L、4F:6L、3F:7L、2F:8L 混合比例的花叶凋落物分解 720 天后,累积分解率均达到 50%。在分解 180 天累积分解率最大的为

5F:5L,随后累积分解率最大的均为 10F:0L,分解 720 天的累积分解率最小的均为 0F:10L,同一分解时期,10F:0L 的累积分解率均与 0F:10L 存在显著差异( $P<0.05$ ),分解 720 天后的分解残留率从小到大依次为 10F:0L(43.20%)<5F:5L(45.80%)<2F:8L(48.05%)<3F:7L(48.10%)<4F:6L(48.20%)<1F:9L(50.65%)<0F:10L(51.45%)。0F:10L 的分解速率明显小于其他比例花叶凋落物的分解速率,其中 5F:5L 的分解速率为 0F:10L 的 1.12 倍。

表 2 马缨杜鹃不同花叶比例凋落物累积分解率

单位:%

凋落物类型	60 天	120 天	180 天	240 天	300 天	360 天	450 天	540 天	630 天	720 天
10F:0L	19.80ab	23.95ab	29.15a	37.73a	43.95a	44.85a	47.75a	54.20a	55.20a	56.80a
5F:5L	20.90a	25.60a	29.65a	37.36a	43.90a	44.55a	45.45a	46.99bc	48.35b	54.20ab
4F:6L	18.85ab	23.55ab	29.10a	36.60a	42.75ab	43.85a	44.20a	46.19bc	48.40b	51.80bc
3F:7L	17.15ab	23.45ab	28.00a	35.65a	41.95ab	43.20ab	46.40a	49.41b	49.85b	51.90bc
2F:8L	15.3bc	20.45bc	24.85b	31.75b	37.95c	39.80bc	44.40a	48.08bc	49.35b	51.95bc
1F:9L	12.4cd	18.40c	22.87b	31.45b	39.55bc	41.35ab	43.45a	45.86bc	46.75b	49.35bc
0F:10L	9.35d	13.95d	18.60c	26.80c	33.70d	36.90c	37.80b	44.00c	46.10b	48.55c

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著( $P<0.05$ )。下同。

### 3.2 凋落物持水过程

马缨杜鹃不同花叶比例凋落物的持水率随浸水时间的增加均表现出相似的变化规律。凋落物持水量随花比例的增加而增加,不同花叶比例持水率的差异随着分解时间的增加而减小。对马缨杜鹃花、叶凋落物浸水 0.5~24 h 的持水率与浸水时间的响应进行回归分析,得出两者之间存在对数关系( $R = a \ln t + b, R^2 > 0.80$ )。式中: $y$  为凋落物持水率(g/g); $t$  为浸水时间(h); $a, b$  为待定参数)。不同花比例凋落物持水量与浸水时间的关系见表 3。以分解 0,720 天(图 1)为例,不同花叶比例凋落物持水率均表现为在最初浸泡的 2 h

内迅速增加,2~8 h 时持水率持续增加,但速度变缓,8 h 后持水率的变化趋于平缓并逐渐达到饱和。马缨杜鹃花叶凋落物的持水速率均随着浸水时间的增加而降低,且不同花叶比例凋落物吸水速率之间的差异随着分解时间的增加而减小,到 720 天时基本相同。凋落物持水速率对分解时间的响应可由幂函数描述( $V = kt^n, R^2 > 0.99$ )。式中: $V$  为凋落物吸水速率(g/(g·h)); $t$  为浸水时间(h))。不同花叶比例凋落物持水速率与浸水时间的关系见表 3。由图 1 可知,凋落物浸水前 0.5 h 持水速率最快,0.5~4 h 急剧下降,12~24 h 持水速率趋于平缓一致,。

表 3 不同花叶混合比例凋落物持水率及持水速率与浸泡时间的关系

指标	花叶比	分解 0 天		分解 720 天	
		方程式	$R^2$	方程式	$R^2$
持水率	10F:0L	$y = 0.2797 \ln x + 1.9965$	0.993	$y = 0.2200 \ln x + 3.3338$	0.990
	5F:5L	$y = 0.2889 \ln x + 1.6214$	0.990	$y = 0.2147 \ln x + 2.8379$	0.988
	4F:6L	$y = 0.3070 \ln x + 1.3512$	0.977	$y = 0.2306 \ln x + 2.6256$	0.974
	3F:7L	$y = 0.3006 \ln x + 1.1494$	0.990	$y = 0.2597 \ln x + 2.7293$	0.984
	2F:8L	$y = 0.3107 \ln x + 0.8394$	0.970	$y = 0.2024 \ln x + 2.4980$	0.979
	1F:9L	$y = 0.1595 \ln x + 1.0665$	0.985	$y = 0.1942 \ln x + 2.8888$	0.959
	0F:10L	$y = 0.2892 \ln x + 0.3783$	0.936	$y = 0.2713 \ln x + 2.3031$	0.982
持水速率	10F:0L	$y = 1.9958x - 0.879$	0.999	$y = 3.3339x - 0.939$	0.999
	5F:5L	$y = 1.6197x - 0.851$	0.999	$y = 2.8395x - 0.931$	0.999
	4F:6L	$y = 1.3580x - 0.822$	0.998	$y = 2.6286x - 0.921$	0.998
	3F:7L	$y = 1.1522x - 0.798$	0.998	$y = 2.7275x - 0.914$	0.998
	2F:8L	$y = 0.8470x - 0.741$	0.997	$y = 2.4995x - 0.926$	0.997
	1F:9L	$y = 0.7202x - 0.726$	0.997	$y = 2.8855x - 0.937$	0.997
	0F:10L	$y = 0.3971x - 0.595$	0.997	$y = 2.3032x - 0.896$	0.997

注: $x$  为浸水时间(h); $y$  为持水率(g/g)及持水速率(g/(g·h))。

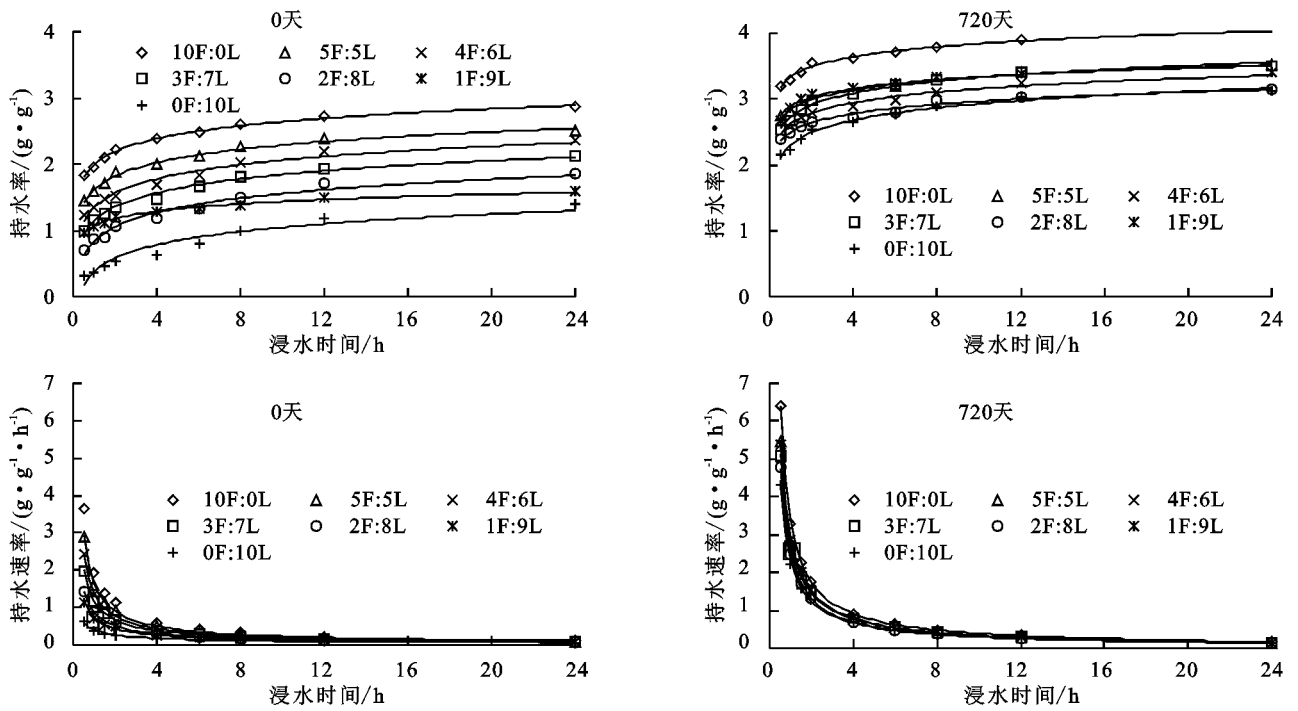


图 1 马缨杜鹃不同花叶比例凋落物持水率、持水速率与浸水时间的关系

### 3.3 不同花叶比例凋落物最大持水率差异分析

从表 4 可以看出,马缨杜鹃花叶凋落物的持水量随着分解时间的增加基本呈现上升的趋势,但随花比例的减小而逐渐降低。不同花叶比例之间持水率差异显著,纯花凋落物(10F:0L)的最大持水率始终最

大,到分解 720 天时达到 4.05 g/g,而持水率较小的为纯叶凋落物(0F:10L)及 1F:9L 凋落物,其中 0F:10L 的持水率最小为分解 0 天时的 1.40 g/g,1F:9L 的持水率最小为分解 60 天时的 1.60 g/g。

表 4 马缨杜鹃不同花叶比例凋落物最大持水率

单位:g/g

凋落物类型	0 天	60 天	120 天	180 天	240 天	300 天	360 天	450 天	540 天	630 天	720 天
10F:0L	2.86a	2.91a	3.06a	2.88a	3.17a	3.81a	3.57a	3.28a	3.35a	3.70a	4.05a
5F:5L	2.50b	2.29b	2.40b	2.54bc	2.13c	2.96bc	3.05ab	2.91ab	2.99a	3.32ab	3.52b
4F:6L	2.36b	2.42b	2.03cd	2.28cd	2.25c	3.11bc	2.75bc	3.26a	3.10a	3.47ab	3.40b
3F:7L	2.13c	2.32b	2.35bc	2.67ab	2.59b	3.23b	3.21ab	2.90ab	3.15a	3.15b	3.51b
2F:8L	1.86d	2.07bc	1.93de	2.10d	2.04cd	2.67cd	2.40c	3.10a	3.00a	3.37ab	3.15b
1F:9L	1.63e	1.60d	1.71de	1.77e	1.79d	2.19d	2.24c	3.24a	2.98a	3.38ab	3.42b
0F:10L	1.40f	1.71cd	1.65e	1.77e	1.97cd	2.22d	2.24c	2.54b	2.96a	3.13b	3.13b

### 3.4 不同花叶比例凋落物最大持水量差异分析

由图 2 可知,凋落物的持水量随分解时间的增加逐渐降低,到 240 天以后缓慢升高。凋落物最大持水量与花比例的数量关系可由一元二次方程表示( $H = ax^2 + bx + c$ 。式中: $H$  为凋落物最大持水量(g); $x$  为花比例(%); $a$ 、 $b$ 、 $c$  为待定参数),见表 5。在分解 0~360 天时,凋落物的持水量随花比例的增加而逐渐增加,且持水量对花比例的响应关系  $R^2$  介于 0.682~0.997,表明这一阶段花比例的作用明显。在分解 450 天后凋落物的持水量随花比例的增加变化幅度明显减弱,且持水量对花比例响应关系的  $R^2$  明显降低,仅为 0.03~0.285,表明这一阶段花比例的作用不再明显。整体来看,不同花叶比例凋落物的持水量差异随着分解时间的增加而减小,不同花叶比

例凋落物的持水量在分解时间为 0,60,120,180,240,300,360 天的变化范围分别为 55.82~114.24,55.91~93.24,55.79~92.93,54.70~81.62,49.02~79.06 g,花比例为 10%时凋落物的持水量低于其他处理;在分解时间超过 450 天后,不同花叶比例凋落物的持水量稳定在 60~74 g,花比例为 10%时凋落物的持水量高于其他处理。

## 4 讨论

花叶混合凋落物的持水过程表明,凋落物持水率在前 2 h 内迅速增加,之后逐渐趋于平缓,达到饱和,这一过程与大部分研究的凋落物持水过程一致<sup>[19]</sup>。凋落物从烘干状态浸入水中之后,由于其表面的水势差较大,可迅速从周围环境中吸水,持水速率较高;随浸水时间延长,凋落物内外水势差减小,持水速率减慢<sup>[20]</sup>。

随着分解时间的增加, 花叶混合凋落物的最大持水率逐渐增加, 这与张建利等<sup>[21]</sup>在草海流域对 3 种优势树种凋落物叶分解历程中的水文特征研究相似, 即青冈、桫木及云南松凋落物分解 180, 360 天的持水率均不同程度的高于分解 90 天的凋落物。这是由于凋落物的持水率与凋落物的分解程度有很大关系, 即随

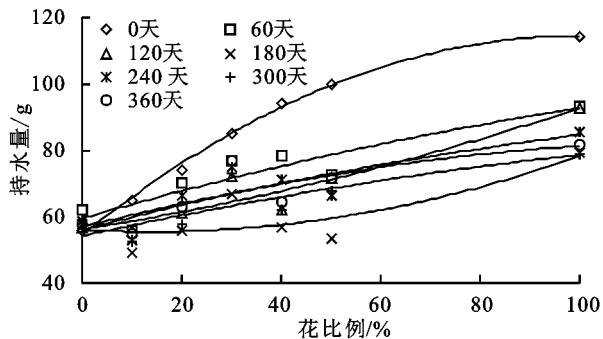


图 2 不同花叶比例凋落物最大持水量

表 5 不同花叶混合比例凋落物最大持水量与花比例的关系

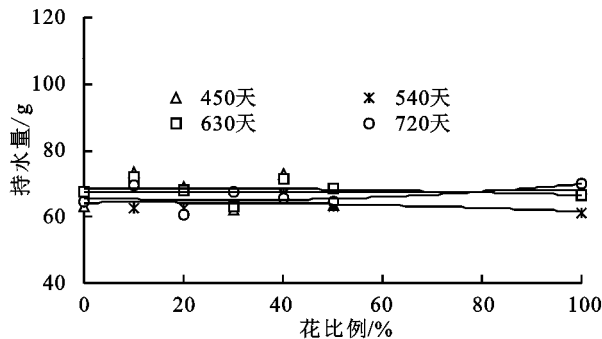
分解天数/d	关系式	$R^2$
0	$y = -60.54x^2 + 120.55x + 54.43$	0.997
60	$y = -10.08x^2 + 43.27x + 59.5$	0.826
120	$y = 12.71x^2 + 23.90x + 56.11$	0.901
180	$y = -15.75x^2 + 41.13x + 55.93$	0.728
240	$y = 30.89x^2 - 8.600x + 56.05$	0.682
300	$y = -8.232x^2 + 35.93x + 57.00$	0.744
360	$y = -8.488x^2 + 32.92x + 54.16$	0.726
450	$y = 1.157x^2 - 0.569x + 67.44$	0.003
540	$y = -3.5427x^2 + 0.7903x + 64.27$	0.247
630	$y = -2.506x^2 + 0.457x + 68.57$	0.062
720	$y = 9.356x^2 - 5.263x + 65.74$	0.285

注:  $y$  为最大持水量(g);  $x$  为花比例(%)。

此外花叶混合凋落物的最大持水率随花比例的增加而增加, 这主要是由于 2 种分解速率不同的凋落物混后, 混合凋落物的分解率往往高于两者凋落物分解速率的加权平均, 进而提高持水率<sup>[24]</sup>。Gartner 等<sup>[25]</sup>总结了 30 篇有关凋落物混合分解的文献发现, 67% 的研究结果表明, 凋落物混合后可促进凋落物分解率, 33% 的研究表明, 凋落物的混合物会抑制分解。本研究并未直接分析花叶混合效应对凋落物的分解率及持水率的影响, 但基于表 2 和表 3 中纯花与纯叶凋落物分解率与持水率数值, 计算不同花叶混合比例的算数加权平均值与各混合比例下凋落物分解率与持水率测量值的差值, 可证实花叶混合效应对凋落物分解存在促进作用, 而对持水率的影响规律性较差, 但整体仍以促进效应为主。

尽管凋落物的最大持水率随分解时间及花比例的增加而增加, 但残留量也随分解时间及花比例的增加而逐渐降低, 因此凋落物最大持水量直接受凋落物

分解程度的增加, 半分解层的凋落物具有更强的亲水性和比表面积, 其持水率高于未分解凋落物<sup>[11, 22-23]</sup>。尽管受试验方法的限制, 本研究没有区分未分解层与半分解层测量持水率, 但每次取样测定样本中均为初始凋落物自然分解状态, 并未补充新的凋落物, 因此, 其凋落物分解状态必然是半分解高于未分解的。



储量及持水率的共同调控。不同花叶混合比例对凋落物持水量的影响随时间变化是逐渐降低的, 在凋落物分解 0~360 天期间, 凋落物持水量随着花比例的增加而增加, 但增加的幅度随分解时间的增加而明显降低。这是由于在凋落物分解初期, 凋落物率先分解易分解物质<sup>[26]</sup>, 花比例越高的凋落物易分解物质含量越高, 相应地凋落物分解程度及持水率就越高, 不同花比例之间凋落物持水率提高的速度远大于分解速度。随着易分解物质逐渐减少, 不同花比例凋落物可分解的物质差异逐渐降低, 分解速率减慢, 分解程度及持水量的差异随之减小, 此时凋落物的分解速率超过持水率提高的速率, 不同花比例之间的持水量差异降低。到 450 天以后, 不同花叶比例不再是影响凋落物持水量的主要因子, 且各比例之间的差别不再明显。这是因为经过 1 年的分解, 凋落物残留物质中几乎全是木质素, 萜类等难分解的成分, 凋落物的分解主要受环境因子的调控<sup>[27]</sup>。

由于在自然界中, 凋落物分解 1 年后, 到第 2 年相同物候期, 会有新的凋落物产生, 因此在 1 年的时间内, 增加花凋落物理论上是有效提高枯落物水文功能的途径。但马缨杜鹃的平均花凋落物在自然条件下为 19%, 在此基础上增加花凋落物量显然是不切实际的, 故而对花凋落物的进一步开发只能在 19% 的基础上适当取用。综合凋落物分解及持水特征, 建议将花凋落物的合理收集利用强度控制在 50% 以内, 一方面由于分解 0~360 天时, 花比例为 10% 的凋落物残留率与花比例为 20% 的残留率差异不显著, 可保证凋落物分解情况与自然条件下基本一致; 另一方面, 凋落物分解 1 年之后可在第 2 年保持较高的持水率。

## 5 结论

(1)马缨杜鹃花叶混合凋落物的累积分解率随分解时间及花比例的增加而增加,各花叶混合凋落物累积分解率在纯花及纯叶凋落物之间变化,分解 720 天以后的纯花及纯叶凋落物分解率分别为 57%和 49%。

(2)马缨杜鹃花叶混和凋落物的持水率表现为在浸水初期 2 h 内迅速增加,2~8 h 时缓慢增加,8 h 后趋于平缓并逐渐达到饱和;吸水速率在 0.5 h 内最大,0.5~4 h 急剧下降,12~24 h 逐渐趋于平缓一致

(3)不同花叶比例凋落物的最大持水率随着分解时间的增加逐渐升高,随花比例的减小逐渐降低,不同花叶比例的凋落物持水率差异逐渐减小,分解初期纯花及纯叶的凋落物最大持水率分别为 2.86,1.4 g/g,分解 720 天后升高至 4.05,3.13 g/g。

(4)马缨杜鹃不同花叶比例凋落物最大持水量在分解 360 天内随花比例增加而增加,分解 450 天后花叶比例不再影响凋落物最大持水量。

### 参考文献:

[1] 李苇洁,聂忠兴,龙秀琴,等.百里杜鹃自然保护区雪凝灾情分析及重建思考[J].林业科学,2008,44(11):111-114.

[2] 潘端云,安明志,徐建,等.贵州百里杜鹃自然保护区景观格局特征分析[J].中国农学通报,2019,35(16):61-68.

[3] 冯志舟,杜鹃花的药用价值[J].云南林业,2003(4):21.

[4] 田萍,付先龙,庄平,等.美容杜鹃花挥发油化学成分 GC-MS 分析[J].应用与环境生物学报,2010,16(5):734-737.

[5] 刘洋,张健,冯茂松.巨桉人工林凋落物数量、养分归还量及分解动态[J].林业科学,2006,42(7):1-10.

[6] 王春阳,周建斌,董燕婕,等.黄土区六种植物凋落物与不同形态氮素对土壤微生物量碳氮含量的影响[J].生态学报,2010,30(24):7092-7100.

[7] 张晓鹏,潘开文,王进闯,等.栲木荷林凋落叶混合分解对土壤有机碳的影响[J].生态学报,2011,31(6):1582-1593.

[8] Melillo J M, Aber J D, Muratore J F. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics[J].Ecology,1982,63(3):621-626.

[9] Berg B. Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soils[J].Forest Ecology and Management,2000,133:13-22.

[10] 涂志华,范志平,孙学凯,等.大伙房水库流域不同植被类型枯落物层和土壤层水文效应[J].水土保持学报,2019,33(1):127-133.

[11] 汪建芳,王兵,王忠禹,等.黄土高原典型植被枯落物坡面分布及持水特征[J].水土保持学报,2018,32(4):139-144.

[12] 孟庆权,葛露露,杨馨邈,等.滨海沙地不同人工林凋落物现存量及其持水特性[J].水土保持学报,2019,33(3):146-152.

[13] 兰亚男,孙旭,秦富仓,等.阴山北麓不同林分类型枯落物层持水性能研究[J].水土保持研究,2019,26(6):151-157.

[14] 高迪,郭建斌,王彦辉,等.宁夏六盘山不同林龄华北落叶松人工林枯落物水文效应[J].林业科学研究,2019,32(4):26-32.

[15] 王忠禹,刘国彬,王兵,等.黄土丘陵区典型植物枯落物凋落动态及其持水性[J].生态学报,2019,39(78):2416-2425.

[16] Wully B S, Eduardo P, Marina S D et al. Are litterfall and litter decomposition processes indicators of forest regeneration in the neotropics? Insights from a case study in the Brazilian Amazon[J].Forest Ecology and Management,2018,429:189-197.

[17] 孙文博,廖小锋,田凡,等.贵州百里杜鹃林区不同采煤塌陷年限土壤化学性质对比研究[J].中南林业科技大学学报,2014,34(9):55-59.

[18] 江洪,何斌,骆强.百里杜鹃国家森林公园苔鲜植物分布及环境因子关系研究[J].生态科学,2015,34(4):31-36.

[19] 侯贵荣,毕华兴,魏曦,等.黄土区残塬沟壑区 3 种林地枯落物和土壤水源涵养功能[J].水土保持学报,2018,32(2):357-363,371.

[20] 张建利,吴华,喻理飞,等.草海湿地流域优势树种凋落物叶分解与水文特征研究[J].水土保持学报,2014,28(3):98-103.

[21] 张建利,严令斌,喻理飞,等.草海流域 3 种优势树种凋落物叶分解历程中的水文特征[J].水土保持研究,2014,21(6):61-66.

[22] 杨霞,陈丽华,康影丽,等.辽东低山区 5 种典型水源涵养林枯落物持水特性[J].生态学杂志,2019,38(9):2662-2670.

[23] 唐国华,董希斌,毛波,等.大兴安岭山杨低质林改造对枯落物持水性能的影响[J].东北林业大学学报,2016,44(10):35-40.

[24] Eric R, Francois N. Agroforestry, water and soil fertility management to fight erosion in tropical mountains of Rwanda[J].Soil Technology,1997,11(1):109-119.

[25] Gartner T B, Cardon Z G. Decomposition dynamics in mixed-species leaf litter[J].Oikos,2004,104:230-246.

[26] 杨万勤,邓仁菊,张健.森林凋落物分解及其对全球气候变化的响应[J].应用生态学报,2007,18(12):2889-2895.

[27] 马志良,赵文强.植物群落向土壤有机碳输入及其对气候变暖的响应研究进展[J].生态学杂志,2020,39(1):270-281.