

# 湖南省紫鹊界梯田区人工林凋落物持水特性

张长伟, 许文盛, 李亚龙, 程冬兵, 张平仓

(水利部长江水利委员会 长江科学院 水土保持研究所, 湖北 武汉 430010)

**摘要:** 通过对湖南省紫鹊界梯田区竹林与杉树混交林、竹林、草地、杉树林及板栗林 5 种植被凋落物样地调查, 采用浸水实验和释水实验测定了各种类型凋落物的持水率、吸水速率、释水量和释水速率。结果表明, 5 种植被凋落物均具有较强的持水能力, 最大持水率依次为 420% (竹林与杉树林混交林), 310% (竹林), 283% (草地), 252% (杉树林) 和 226% (板栗林); 凋落物的持水率与浸泡时间之间呈对数函数关系, 吸水速率与浸泡时间之间呈幂函数关系, 释水量与释水时间之间呈对数函数关系, 释水速率与释水时间之间呈幂函数关系, 且以上函数拟合的相关系数  $R^2$  均达到 0.9 以上。

**关键词:** 紫鹊界梯田; 人工林; 水源涵养; 持水率; 释水量

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)04-0176-04

中图分类号: S714

## Water Holding Characteristics of Planted Forest Litter in Ziquejie Terrace in Hu'nan Province

ZHANG Chang-wei, XU Wen-sheng, LI Ya-long, CHENG Dong-bing, ZHANG Ping-cang

(Institute of Soil and Water Conservation, Scientific Research Institute of Yangtze River,

Yangtze River Water Resources Commission, MWR, Wuhan, Hubei 430010, China)

**Abstract:** According to field survey of five different plantations of bamboo-fir mixed forest, bamboo forest, grassland, fir forest and chestnut forest in Ziquejie terrace of Hu'nan Province, the water hold-up, absorption, release of different types of litters were measured through tests of water soaking and releasing experiment. The results of the study indicated that the above five types of plantations was in the order of the water-holding capacity as: 420% for bamboo and fir mixed forest, 310% for bamboo forest, 283% for grassland, 252% for fir forest, 226% for chestnut forest; The correlation between water holding capacity and the soaking time was logarithmical, so was that between water releasing capacity and the releasing time while the correlations between water absorption capacity and soaking time, water releasing capacity and releasing time were of power function and all above correlation coefficients  $R^2$  were bigger than 0.9.

**Keywords:** Ziquejie terrace; planted forest; water conservation; water-holding rate; water release capacity

紫鹊界梯田起源于秦汉, 盛于唐宋, 至今已有 2 000 余年的历史, 是当今世界开垦最早的梯田之一<sup>[1-2]</sup>。这些梯田均为水稻田, 不仅分布于  $25^{\circ} \sim 40^{\circ}$  山坡上 (通常大于  $25^{\circ}$  的坡地, 因保水困难, 很难进行水稻田耕作), 而且在无任何人工水利设施的全天然条件下, 长久以来却能利用自流灌溉过程实现旱涝保收, 因此可以说是世界灌溉工程之奇迹。目前, 随着紫鹊界梯田旅游开发的进行, 为更好地保护梯田“中国自然和文化遗产”, 并为梯田的规划旅游开发提供科学依据, 同时为人工水资源优化调配及类似地质地

貌条件下的坡耕地水土资源开发与保护提供借鉴, 紫鹊界梯田原生态自流灌溉机制的研究成为必然。然而这一切与紫鹊界梯田区茂密森林强大的水源涵养功能有关<sup>[3]</sup>, 其中段兴凤等人<sup>[4]</sup>通过对紫鹊界梯田区森林土壤物理性质与土壤持水量、枯落物持水率、土壤入渗的分析, 对梯田区的森林土壤水源涵养功能进行了探讨, 但其缺乏对紫鹊界梯田区人工凋落物持水过程及释水过程的研究, 同时国内还未见紫鹊界梯田区相关研究报道, 为此以紫鹊界梯田区的杉树林、草地、竹叶林、杉树林与竹叶林混交林和板栗林 5 种森

收稿日期: 2012-10-15

修回日期: 2012-11-20

资助项目: 水利部公益性行业科研专项“紫鹊界梯田原生态自流灌溉系统机理与保护措施研究”(201101030)

作者简介: 张长伟 (1986—), 男 (汉族), 江西省乐平市人, 硕士研究生, 主要从事水土保持及流域侵蚀产沙。E-mail: changwei\_zc@gmail.com。

通信作者: 张平仓 (1961—), 男 (汉族), 陕西省渭南市人, 教授级高级工程师, 博士生导师, 主要从事土壤侵蚀与水土保持、生态环境建设等相关领域的研究工作。E-mail: zhangpc@mail.crsri.cn。

林凋落物为研究对象进行分析,为进一步揭示紫鹊界梯田原生态自灌灌溉机制奠定了基础,同时也为评价森林水源涵养功能提供科学依据。

## 1 研究区概况

紫鹊界梯田位于湖南省新化县西部山区的水车镇,位于东经  $110^{\circ}52'$ — $111^{\circ}01'$ ,北纬  $27^{\circ}40'$ — $27^{\circ}45'$ 。东邻搓溪镇,西接奉家镇,北靠问田镇,南与隆回县鸭田镇、金石桥镇接壤,西南与溆浦县相连。属于雪峰山脉,为中低山丘陵地区,属浅切割中低山地地貌和浅切割馒头形丘陵地貌,最高海拔 1 540 m,最低 460 m,相对高差约 1 000 m。气候属中亚热带季风气候区,夏季多东南风,冬季多西北风。年平均气温  $13.7^{\circ}\text{C}$ ,最高气温  $39^{\circ}\text{C}$ ,最低气温  $-5^{\circ}\text{C}$ ;年降雨量为 1 650~1 700 mm;初霜一般在 11 月 15 日前后,终霜一般在翌年 2 月 30 日左右,年均无霜期为

260 d;年均日照 1 488 h。土壤属花岗岩分化发育的红壤、黄壤和山地草甸土,土壤的垂直地带性分布明显,海拔 800 m 以下的广大地区为红壤,800 m 以上为黄壤。紫鹊界梯田区内森林茂密,植被种类繁多,主要以杉树林、板栗林、竹林为主,杂生各种灌木草本植物,草本植物以蕨类居多。2005 年 12 月,紫鹊界梯田被国务院确定为第 6 批国家重点风景名胜区之一<sup>[5]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 凋落物的采集

在紫鹊界梯田 6 种标准样地基本情况详见表 1,凋落物采样时,在各样地四个角及中心 5 个位置设置  $100\text{ cm}\times 100\text{ cm}$  样方,收集全部凋落物,装入保鲜袋中,并立刻称得其鲜质量,同时在样方四边随机选 10 个点进行凋落物总厚度,将所收集的凋落物样品带回实验室。

表 1 紫鹊界梯田 6 种标准样地基本情况

样地编号	植被类型	地理坐标	面积/ $\text{m}^2$	高程/m	坡度/ $^{\circ}$	凋落物厚/cm
1	杉树林	$110^{\circ}55'47''\text{E}, 27^{\circ}41'26''\text{N}$	$10\times 10$	780	30.2	3.3
2	杉树林	$110^{\circ}55'52''\text{E}, 27^{\circ}41'24''\text{N}$	$10\times 10$	702	30.0	3.0
3	草地	$110^{\circ}55'56''\text{E}, 27^{\circ}41'21''\text{N}$	$10\times 10$	670	22.0	3.0
4	竹林	$110^{\circ}55'57''\text{E}, 27^{\circ}41'23''\text{N}$	$10\times 10$	662	26.8	4.0
5	竹林、杉树林	$110^{\circ}55'54''\text{E}, 27^{\circ}41'28''\text{N}$	$10\times 10$	656	25.0	3.5
6	板栗林	$110^{\circ}56'34''\text{E}, 27^{\circ}42'8''\text{N}$	$10\times 10$	797	30.0	7.4

### 2.2 凋落物持水过程、释水过程的测定

将野外采集的凋落物分别装入尼龙网袋中,然后把装有凋落物的尼龙网袋放入清水浸泡,分别在浸泡 1/6, 1/2, 1, 3, 7, 10, 24 h 后取出。把取出后的尼龙网袋放置在空中静置 5 min,当无水滴下时,立刻称量得到浸泡 1/6, 1/2, 1, 3, 7, 10, 24 h 的样品的湿重,当称完浸泡 24 h 样品的湿重后,再将样品分别放置在空中释水 1/6, 1/2, 1, 3, 7, 10 和 24 h,测出各个时段内样品在自重作用下释水后的湿重。最后再将释水 24 h 后的样品放入烘箱烘干(烘箱温度控制在  $82^{\circ}\text{C}$ )烘干称量,每个样品重复 3 次,取算术平均值。

计算不同时段内样品的持水率、吸水速率、释水量和释水速率。再经算术平均求值<sup>[6-7]</sup>,求得各种林地的持水率、吸水速率、释水量和释水速率随时间的变化。

凋落物的持水率<sup>[8-9]</sup>:

$$L_t = (M_{tw} - M_{td}) / M_{td} \times 100\%$$

式中: $L_t$ ——浸水  $t$  时刻凋落物持水率(%); $M_{tw}$ ——凋落物浸泡  $t$  段时间的湿重(g); $M_{td}$ ——凋落物的干重(g)。

凋落物的吸水速率<sup>[8-9]</sup>:

$$W_t = (M_{tw} - M_{td}) / M_{td}$$

$$V_t = W_t / t$$

式中: $W_t$ ——浸泡  $t$  时刻内单位干重的枯落物所吸收的水量(g/kg); $V_t$ ——浸泡  $t$  时间段的吸水速率[g/(kg·h)]; $t$ ——凋落物浸泡时间。

凋落物释水量<sup>[10]</sup>:

$$W_L = \Delta M_t / M_{td}$$

式中: $W_L$ ——凋落物释水  $t$  时刻的释水量(g/kg); $\Delta M_t$ ——凋落物释水  $t$  时间段流失水的质量; $M_{td}$ ——凋落物的质量(kg)。

凋落物的释水速率<sup>[10]</sup>:

$$V_L = W_L / t$$

式中: $V_L$ ——凋落物释水  $t$  时刻释水速率[g/(kg·h)]; $W_L$ ——凋落物释水  $t$  时刻的释水量(g/kg); $t$ ——释水时间。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同森林类型凋落物持水过程分析

#### 3.1.1 凋落物持水率 凋落物持水率是凋落物吸收

水分的重量与凋落物干重的百分比,取值越大,凋落物持水能力就越强,图 1 为凋落物持水率与浸水时间的关系。从图 1 可以看出,在刚开始浸水的 1 h 内,5 种森林类型的持水率增长速度较快,1 h 后持水率的增长速度慢慢减小,7 h 后持水率率达到某一稳定值。不同森林凋落物,其持水率变化不同,由大到小排序为:竹叶林、杉树林混交林>竹叶林>草地>杉树林>板栗林,竹叶林与杉树林最大持水率达 420%,而板栗林的最大持水率达 226%(与段兴凤等人<sup>[5]</sup>研究相一致),因此竹叶林与杉树林显示出较强的持水能力。对 5 种森林类型凋落物持水率与浸泡时间数据拟合发现,凋落物持水量  $W_t$  与浸水时间  $t$  之间存在对数关系,关系式为:

$$W_t = a \ln t + b$$

式中: $a$ ——系数; $b$ ——常数项; $t$ ——浸泡时间。

由不同森林类型凋落物与浸泡时间回归方程分析得出, $R^2$  均在 0.9 以上,说明凋落物持水量与浸泡时间存在较好的对数关系。

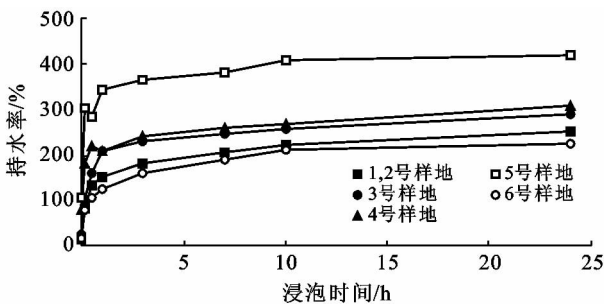


图 1 研究区人工林凋落物持水率与浸泡时间关系

3.1.2 凋落物吸水速率 在浸水前 1 h 内,各林地凋落物吸水速率呈直线下降,然后凋落物吸水速率下降幅度变小,7 h 后趋于稳定(图 2),说明凋落物在浸泡之前,其死细胞间或枝叶表面的水势较低,加之枯落物中有大量分解和半分解的碎屑,表面积较大,吸水速率较快,随着浸泡时间的增加,枯落物的持水量增加,凋落物的细胞间的水势升高,吸水速率增长慢慢减缓,最后凋落物细胞内外水势平衡,凋落物吸水速率达到某一稳定值。竹林与杉树林混交林吸水速率,在 0~24 h 内,始终保持最大,而板栗林最小,这与各森林群落凋落物的组成、分解程度、叶片的形状等因素有关。对 5 种林地类型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  $V_t$  [ $g/(kg \cdot h)$ ] 与浸泡时间  $t$  (h) 之间存在乘幂函数关系,关系式为:

$$V_t = at^b$$

拟合结果表明, $R^2$  均在 0.9 以上,说明凋落物吸水速率与浸水时间存在较好的相关性。

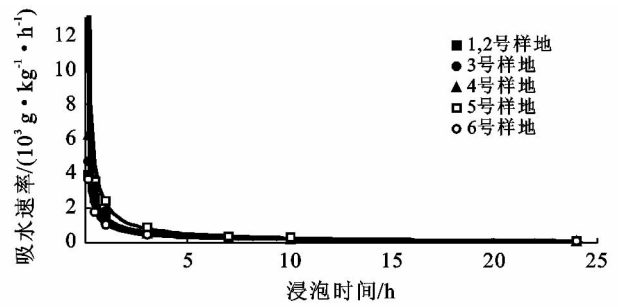


图 2 研究区人工林凋落物吸水速率与浸泡时间关系

### 3.2 凋落物释水过程分析

3.2.1 凋落物释水量 图 3 为释水量与释水时间的关系图。由图 3 可以看出,在 0~3 h,释水量增长速度较快,3 h 为释水量曲线的拐点,增长速率慢慢减缓。24 h 内森林凋落物释水量的大小依次为:杉树林>竹林>板栗林>草地>竹林与板栗林的混交林,说明杉树林在紫鹊界梯田区易释水,24 h 内释水量为 2 110 g/kg,竹林与杉树林混交林释水量最小,24 h 内大小为 1 100 g/kg。

对 5 种林地类型凋落物释水量与释水时间数据拟合发现,凋落物释水量  $W_L$  (g/kg) 与滴水时间  $t$  (h) 之间存在对数关系,由拟合结果可以看出, $R^2$  均在 0.9 以上,说明凋落物失水量与滴水时间存在较好的对数关系。

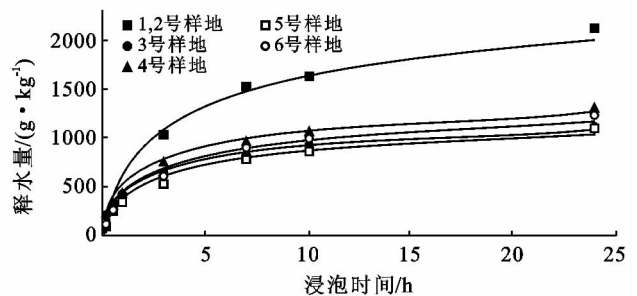


图 3 研究区人工林不同森林类型凋落物释水量与释水时间关系

3.2.2 凋落物释水速率 凋落物释水速率大小是反映凋落物释水的快慢程度,图 4 为释水速率与释水时间的关系曲线。由图 4 可以看出,在释水时间 3 h 内,各林地类型凋落物失水速率呈直线下降,3 h 为释水速率曲线的拐点,之后释水速率减小的较缓慢,10 h 后慢慢趋于平稳。24 h 后,5 种林地失水速率在 60~100 g/(kg·h),最大值为杉树林[100 g/(kg·h)],最小值为草地和竹叶林与杉树林混交林,大小均为 60 g/(kg·h),24 h 后释水速率还没减少为零,这表明凋落物释水 24 h 后,凋落物还能继续释水,其持水量还没有达到自然风干的状态,因此林地凋落物缓慢的

释水过程,在无降雨时不仅可以补充土壤含水量。

对5种林地类型凋落物失水速率与释水时间数据拟合发现,凋落物失水速率  $V_L$  [ $g/(kg \cdot h^{-1})$ ] 与释水时间  $t$  (h) 之间存在乘幂函数关系,由拟合结果可以看出,  $R^2$  均在 0.9 以上,说明凋落物失水速率与释水时间之间存在较好的相关性。

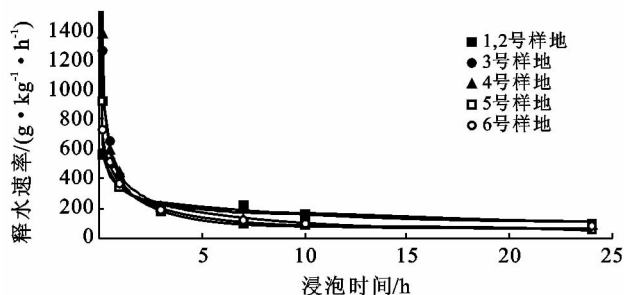


图4 研究区人工林凋落物释水速率与释水时间关系

## 4 结论

(1) 紫鹊界凋落物的持水能力与其植被类型及树龄、凋落物的种类和组成成分、凋落物的厚度、累积量,以及凋落物的分解程度等情况有关<sup>[11]</sup>,一般结果测定认为,最大持水量为自重的 2~4 倍<sup>[12]</sup>,与本研究结果一致,竹叶林与杉树混交林的最大持水率,在几种凋落物类型中最大,其最大持水率为 420%,板栗林的最大持水率最小,其最大持水率为 226%。凋落物的持水率与吸水速率是紧密联系的,吸水速率快,能够将林内降水迅速累积起来,从而减小地表径流和土壤表层的水土流失量。

(2) 在无降雨时,各林地凋落物在 0~3 h 内释水速率呈直线下降,释水量急剧增加,之后,吸水速率随释水时间的增加,释水速率减小的较缓,最后趋于稳定,与此同时释水量增幅较慢,最后增加到某一稳定值,因此紫鹊界梯田森林凋落物缓慢的释水过程,不仅可以持续不断的补充土壤含水量,而且在雨季还可以延缓径流历时的作用。

(3) 紫鹊界梯田人工林凋落物的持水过程与释水过程动态变化的分析发现,当长时间无降雨,凋落物持水量显著下降,当降雨发生时,持水量迅速增加,这种动态变化随降雨的发生而不断重复的发生。

(4) 凋落物持水率与浸水时间,以及释水量与释水时间的变化规律符合对数方程,凋落物吸水速率、释水速率与时间的变化规律符合乘幂函数关系,且均达到显著的相关性,这与许多学者研究结果一致<sup>[6,9,13]</sup>。

(5) 本研究的不足之处在于室内实验并不能完全反映天然降水条件下吸水、释水的过程,但是掌握凋落物的吸水和释水的动态过程,对深入地研究紫鹊界梯田区凋落物的水文过程和水文状况必不可少。

### [参考文献]

- [1] 何丽芳. 打造与哈尼梯田媲美的观光胜景:论湖南紫鹊界梯田文化资源的旅游开发[J]. 农村经济与科技, 2006(3):39-40.
- [2] 许志方, 聂芳容, 张硕辅, 等. 湖南紫鹊界梯田自流灌溉体系[J]. 中国农村水利水电, 2006(4):73-74.
- [3] 许文盛, 尤伟, 李亚龙, 等. 紫鹊界梯田原生态自流灌溉的环境因素探析[J]. 长江科学院院报, 2011, 28(10):69-74.
- [4] 段兴凤, 宋维峰, 曾洵, 等. 湖南紫鹊界梯田区森林土壤涵养水源功能初步研究[J]. 水土保持研究, 2011, 18(1):157-160.
- [5] 甘德欣, 龙岳林, 黄璜, 等. 山地梯田景观的灾害防御机制与效益分析:以紫鹊界梯田为例[J]. 自然灾害学报, 2006, 15(6):6-8.
- [6] 彭耀强, 薛立, 曹鹤, 等. 3种阔叶林凋落物的持水特性[J]. 水土保持学报, 2006, 20(5):189-191.
- [7] 任向荣, 薛立, 曹鹤, 等. 3种人工林凋落物的持水特性[J]. 华南农业大学学报, 2008, 29(3):47-51.
- [8] 薛立, 何跃君, 屈明, 等. 华南典型人工林凋落物的持水特性[J]. 植物生态学报, 2005, 29(3):415-421.
- [9] 程金花, 张洪江, 史玉虎, 等. 三峡库区三种林下地被物储水特性[J]. 应用生态学报, 2003, 14(11):1825-1828.
- [10] 刘建立, 王彦辉, 管伟, 等. 宁南山区华北落叶松树林枯落物水文特征研究[J]. 水土保持通报, 2009, 29(6):20-23.
- [11] 张振明, 余新晓, 牛键植, 等. 不同林分枯落物层的水文生态功能[J]. 水土保持学报, 2005, 19(3):139-143.
- [12] 谢锦升, 杨玉盛. 侵蚀红壤人工恢复的马尾松林水源涵养功能研究[J]. 北京林业大学学报, 2002, 24(2):48-52.
- [13] 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.