

# 桤木属两个种人工林土壤水分特征

文仕知, 胡孔飞, 何功秀, 张杰

(中南林业科技大学 林学院, 湖南 长沙 410004)

**摘要:** 对湘北第四纪红土红壤地区四川桤木人工林、台湾桤木人工林土壤水分特征进行了研究。结果表明, 四川桤木林枯落物最大持水量达到 24.76 t/hm<sup>2</sup>, 是台湾桤木林的 1.22 倍。土壤总孔隙度和非毛管孔隙度大小顺序为: 台湾桤木林 > 四川桤木林 > 荒地, 土壤最大持水量是台湾桤木林最大, 为 24.55 mm。0—45 cm 层土壤渗透参数大小顺序为: 台湾桤木林 > 四川桤木林 > 荒地。说明桤木人工林能够改善该地区的土壤结构, 使其具有良好的土壤水分特征。

**关键词:** 红壤; 四川桤木; 台湾桤木; 枯落物; 土壤水分

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2009)05-0085-05

中图分类号: S715.3

## Soil Moisture Characteristics of Two Species of *Alnus* Plantations

WEN Shi-zhi, HU Kong-fei, HE Gong-xiu, ZHANG Jie

(College of Forestry, Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410004, China)

**Abstract:** Research on the soil moisture characteristics in *Alnus cremastogyne* and *Alnus formosana* forestland with the red soil developed from quaternary red earth in Northern Hunan is conducted. Results show that maximum moisture content for the *Alnus cremastogyne* litter is 24.76 t/hm<sup>2</sup>, which is 1.22 times of that of the *Alnus formosana*. By both the total capillary porosity and non-capillary porosity, landuses can be ranged in the order of *Alnus formosana* plantations > *Alnus cremastogyne* plantations > wasteland. The maximum soil moisture content for the *Alnus formosana* is 24.55 mm. By the infiltration parameter in 0—45 cm soil layer, landuses can be ranged in the order of *Alnus formosana* plantations > *Alnus cremastogyne* plantations > wasteland. This indicates that the *Alnus* plantations could improve soil structure and make the soil to keep very good soil moisture characteristics.

**Keywords:** red soil; *Alnus cremastogyne*; *Alnus formosana*; litter; soil moisture

桤木为桦木科 (*Betulaceae*) 桤木属 (*Alnus* Mill.) 非豆科固氮落叶速生树种, 生长迅速, 适应性强, 根系发达, 具固氮和改良土壤的作用, 是喜温、喜湿、耐水和耐瘠薄的优良纤维材树种和水土保持树种, 是亚热带地区极具发展前景的短周期优质阔叶速生工业原材料树种<sup>[1-2]</sup>。桤木作为一种新型的速生的优良纸浆用材和水土保持树种, 目前国内有众多学者对桤木进行了研究, 但大多数停留在造林育苗<sup>[3-4]</sup>, 或单纯地对某一单方面的生态习性进行了研究<sup>[5-6]</sup>。而作为水土保持树种, 对其水土保持性能作系统研究的非常少, 特别在林业上国内外对第四纪红土红壤研究极少。本文试图从四川桤木 (*Alnus cremastogyne*) 和台湾桤木 (*Alnus formosana*) 人工林的土壤水分特征出发揭示湘北地区桤木不同品种人工林在水土保持、涵养水源等方面的作用。以期对第四纪红土红壤

地区桤木人工林的经营管理提供科学依据, 同时为研究桤木的水土保持性能和第四纪红壤的性质起到抛砖引玉的作用。

### 1 试验地概况

试验地位于湖南省汨罗市林业科技示范园内 (E113°06', N28°49'), 属中亚热带季风湿润气候, 四季分明, 雨量充足; 年均气温 16.7 °C, 极端最高气温为 39.7 °C, 极端最低温 -13.4 °C, 年均降雨量 1353 mm, 无霜期 263 d, 日照时数年均 715 h。地形为丘陵, 海拔高度 70 ~ 80 m。土壤为第四纪红土红壤, pH 值 5.4 ~ 7.0, 平均厚度为 75 cm。

### 2 研究方法

#### 2.1 标准地调查

在各林分类型中, 选择典型地段, 分别设置 30 m

×20 m 的标准地(荒地除外)。在各标准地内,进行每木检尺,测定树高、胸径、冠幅和郁闭度等因子。在每木调查的基础上,每块标准地选取 3 株平均木伐倒,测定乔木层生物量。并且调查灌木层和草本层种名以及其生长状况(表 1)。

## 2.2 枯落物的采集与持水性能测定

在每块标准地设 1 m×1 m 样方 5 块,用卷尺测量并记载枯落物层的总厚度、未分解层厚度、半分解层厚度,将枯落物层按未分解层和半分解层分别收集取样,分层称重,带回室内,95 °C 烘干称重,以推算其单位面积累积量。采用室内浸泡法,将原状枯落物试样分别装入尼龙袋,在清水中浸泡 24 h 后称重,计算其最大持水率,每个林分类型重复 5 次,另取未分解层、半分解层试样,称重后分别装入尼龙袋,测定浸入

清水后 0.5, 1, 1.5, 2, 4, 6, 8, 12, 24 h 后重量变化,以研究其吸水速度及吸水过程<sup>[7]</sup>。

## 2.3 土壤物理性状和持水性能的测定

采用环刀法测定土壤容重、最大持水量、毛管持水量,通过公式换算可得土壤含水量、容积湿度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度及总孔隙度等值<sup>[8]</sup>。

## 2.4 土壤渗透性能测定

采用双环刀法测定土壤渗透性能,并将不同温度下渗透系数换算成 10 °C 的渗透系数  $K_{10^{\circ}\text{C}}$ , 以便比较。具体换算公式为:

$$K_{10^{\circ}\text{C}} = \frac{K_{t_i}}{0.7 + 0.03 t_i}$$

式中:  $K_{t_i}$ ——某温度下的渗透系数 (mm/min);  
 $t_i$ ——土壤温度或水温<sup>[8-10]</sup>。

表 1 标准地基本情况

林分类型	林龄/a	生物量/(t·hm <sup>-2</sup> )	郁闭度	林下主要植物
四川桫木林	6	58.86	0.80	商陆、大青、鸡血藤、华白檀、菝葜、小蓬草,等
台湾桫木林	6	57.09	0.75	商陆、大青、鸡血藤、扛板归、白背叶、凤尾蕨,等
荒地	—	—	—	山莓、大青、小果蔷薇、盐肤木、菝葜、芒草,等

## 3 结果与分析

### 3.1 枯落物水分特征

不同类型林地枯落物的累积量测定结果见表 2。由表 2 可见枯落物的厚度、未分解层厚度都是四川桫木林大于台湾桫木林,但是半分解层的厚度是台湾桫木林最大;四川桫木林枯落物累积量最大,为 7.86 t/hm<sup>2</sup>,半分解层累积量是未分解层累积量的 2.43 倍,台湾桫木林枯落物累积量略小于四川桫木林,但是其半分解层累积量是未分解层累积量的 3.30 倍,从不同层次累积量的指标来看,台湾桫木林枯落物的分解速度要大于四川桫木林。荒地中枯落物累积量甚微,以半分解层累积量所占比例最大,为 77.33%。

由表 2 可知,由于荒地植物种类多,枯落物的组成较桫木枯落物复杂,致使其最大持水率大于四川桫木林和台湾桫木林。四川桫木林枯落物未分解层最大持水量和半分解层最大持水量分别是台湾桫木林的

1.38, 1.19 倍,最大持水深度为 2.48 mm,是台湾桫木林的 1.22 倍,荒地的 9.19 倍,这些主要是由枯落物的累积量多少和枯落物分解程度、组成等因素有关。

枯落物的吸水速率是反映枯落物持水性能的一个重要指标,它有助于分析枯落物的整个持水过程。由表 3 可见,枯落物半分解层的吸水速率大于未分解层的速率,各类型标准地中,0.5 h 的半分解层吸水速率是未分解层的 2.71~3.36 倍。荒地枯落物的初始吸水速率最大;四川桫木林未分解层的初始速率小于台湾桫木林,而半分解层则相反,这也是由于林地枯落物的组成成分存在差异的结果。3 个类型林地枯落物吸水速率随时间变化的趋势一致,但前 4 h 吸水速率减小的幅度大,4 h 后出现重大转折点——吸水速率逐渐减缓,到 24 h 速率趋近于零,这主要是随着浸泡时间增加,不同种类枯落物接近其最大持水量,也就是说枯落物趋于饱和,其持水量增长速率随之减缓所致。

表 2 林地枯落物累积量与持水量

林分类型	未分解层累积量		半分解层累积量		总累积量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	最大持 水率/%	未分解层 最大持水量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	半分解层 最大持水量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	最大持 水总量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	最大持 水深度/ mm
	(t·hm <sup>-2</sup> )	%	(t·hm <sup>-2</sup> )	%						
四川桫木林	2.48	31.55	5.38	68.45	7.86	268.25	3.64	21.12	24.76	2.48
台湾桫木林	1.71	23.27	5.65	76.87	7.35	233.09	2.63	17.78	20.41	2.04
荒地	0.17	22.67	0.58	77.33	0.75	281.73	0.27	2.38	2.65	0.27

表3 枯落物在不同浸水时间段的吸水速率

kg/(kg·h)

林分类型	枯落物层	浸水时间/h							
		0.5	1	2	4	6	8	12	24
四川桫木林	未分解层	1.33	0.85	0.50	0.28	0.20	0.15	0.10	0.05
	半分解层	4.23	2.45	1.33	0.79	0.51	0.41	0.29	0.15
台湾桫木林	未分解层	1.45	0.87	0.50	0.30	0.21	0.17	0.13	0.07
	半分解层	3.93	2.05	1.09	0.70	0.50	0.38	0.24	0.12
荒地	未分解层	1.78	0.94	0.65	0.32	0.24	0.16	0.12	0.09
	半分解层	5.98	2.88	1.53	0.99	0.54	0.42	0.22	0.19

### 3.2 土壤水分物理性质

土壤水分物理性质直接影响到土壤的持水性能、保水能力、抗侵蚀能力及渗透性。从表4中可见,3个类型林地土壤水分物理性质有一定的差异,表现为土壤容重荒地>四川桫木林>台湾桫木林。每个类型中30—45 cm层土壤容重要比15—30 cm层的小,这与杨锋等<sup>[1]</sup>1989年研究的第四纪红土红壤不同层次容重变化规律相同。土壤总孔隙度和非毛管孔隙度是台湾桫木林>四川桫木林>荒地。土壤毛管孔隙和毛管持水量是荒地最大,分别是28.80%,58.41 mm,台湾桫木林其次,四川桫木林最小。土壤最大

持水量是台湾桫木林最大224.55 mm,荒地最小197.74 mm,荒地与四川桫木林差异不明显。

纵观以上几个指标分析差异的主要原因有:(1)台湾桫木林的枯落物分解速度快造成表层土土质疏松;(2)四川桫木林和台湾桫木林地在造林前进行过整地,以致结构较荒地疏松,而荒地无人为干扰;(3)荒地表层植物根系分布较多,裸露面较多,故存在表层水分物理性质优于四川桫木林;(4)品种之间差别,不同层次的根系分布不同,对土壤结构影响较大,台湾桫木林与四川桫木林土壤水分物理性质差别明显,其表现是台湾桫木林土壤水分物理性质较好。

表4 各层次土壤水分物理性质

林分类型	土层/ cm	土壤容重/ (g·cm <sup>-3</sup> )	总空 隙度/%	非毛管 空隙/%	毛管 空隙/%	毛管持水量		最大持水量	
						%	mm	%	mm
四川桫木林	0—45	1.32	44.76	6.88	36.64	27.73	164.90	33.33	198.86
	0—15	1.20	39.90	5.25	30.95	25.79	46.42	31.17	57.30
	15—30	1.45	45.58	5.05	40.54	28.05	60.81	31.55	68.38
	30—45	1.31	48.79	10.35	38.44	29.36	57.67	37.26	73.18
台湾桫木林	0—45	1.28	49.90	12.63	37.27	29.38	167.72	39.70	224.55
	0—15	1.09	53.90	17.89	36.00	33.03	54.01	49.45	80.85
	15—30	1.39	50.10	10.73	39.37	28.33	59.06	36.04	75.15
	30—45	1.36	45.70	9.26	36.44	26.79	54.65	33.60	68.55
荒地	0—45	1.37	43.94	5.00	38.94	28.80	175.24	32.83	197.74
	0—15	1.18	51.37	10.85	40.52	34.49	60.79	43.72	77.05
	15—30	1.48	38.02	1.55	36.47	24.64	54.70	25.69	57.03
	30—45	1.46	42.44	2.61	39.83	27.28	59.75	29.07	63.66

### 3.3 土壤渗透性能

土壤渗透性能是土壤的重要水分物理性质之一,土壤的渗透性能的好坏,直接关系到地表产生径流量的大小,对土壤侵蚀的影响很大。同一类型的土壤由于植被不同,其渗透性能也会有很大的差异。对3个类型林地土壤渗透性能指标的测定结果见表5。从表5中可看出,0—45 cm层土壤初渗速度和稳渗速度都是台湾桫木林>四川桫木林>荒地。四川桫木林和台湾桫木林10℃的渗透系数 $K_{10℃}$ 是荒地的1.04和1.19倍。0—15 cm层土壤的初始渗透参数

都是台湾桫木林>荒地>四川桫木林,台湾桫木初渗速度达到16.51 mm/min,主要是土层结构因凋落物的影响比较透气,结构疏松;而四川桫木林0—15 cm层土壤渗透参数最小,是四川桫木林枯落物分解慢,灌木和草本根系较少的缘故,同时荒地土分布的灌木和草本根系分布较四川桫木林多,使土壤孔隙度较大,因而变得透气,也就提高了土壤渗透性能。在15—45 cm层土壤的渗透参数都是台湾桫木林>四川桫木林>荒地,这是因为人工造林影响,致使土层微生物、根系的活跃,而荒地无人为干扰,导致渗透性

能低于桫欏林地。各类型林地中 15—30 cm 层土壤渗透参数都小于其上下层,这与第四纪红壤红土中间层结构紧密有极大的关联。

总之,从中可以体现出造林能够改变土壤渗透的性能,台湾桫欏对林地渗透性能改变比四川桫欏林地要好(表 5)。

表 5 土壤渗透参数与模型

林分类型	土层/ cm	初渗速度/ (mm · min <sup>-1</sup> )	稳渗速度/ (mm · min <sup>-1</sup> )	$K_{#}$	$K_{10^{\circ}\text{C}}$	渗透模型	复相关系数	模型 $t$ 区间
四川桫欏林	0—45	7.70	2.22	1.11	0.72	$f = 14.737t^{-0.4164}$	$R^2 = 0.97$	$0 < t < 90 \text{ min}$
	0—15	14.30	3.16	1.58	1.03			
	15—30	3.73	1.47	0.74	0.48			
	30—45	5.07	2.04	1.02	0.66			
台湾桫欏林	0—45	8.95	2.51	1.26	0.82	$f = 19.130t^{-0.4790}$	$R^2 = 0.96$	$0 < t < 75 \text{ min}$
	0—15	16.51	3.38	1.69	1.10			
	15—30	5.03	1.91	0.95	0.62			
荒地	0—45	5.30	2.25	1.13	0.73	$f = 15.088t^{-0.4230}$	$R^2 = 0.92$	$0 < t < 75 \text{ min}$
	0—15	7.64	2.14	1.07	0.69			
	0—15	14.96	3.20	1.60	1.04			
	15—30	3.16	1.30	0.65	0.42			
	30—45	4.81	1.91	0.95	0.62			

通过测定四川桫欏林地、台湾桫欏林地及荒地的土壤入渗速率与入渗过程,对其入渗曲线进行拟合,确定相应的入渗回归方程,得出土壤渗透速度与渗透时间呈乘幂函数关系(见表 5)。从表 5 中可以看出,复相关系数在 0.92~0.97 之间,说明方程拟合效果较好,且 3 个方程比较接近于目前常用描述土壤入渗过程的模型考斯加柯夫公式( $f = a \times t^{-1/2}$ , 式中:  $f$ ,  $a$ ,  $t$  分别为入渗率、常数和时间的)<sup>[14]</sup>。在表 5 的 3 个渗透模型中  $df/dt$  为入渗速度的变化量,当:

(1)  $1 \text{ min} \leq t \leq 15 \text{ min}$  时,四川桫欏林、台湾桫欏林、荒地的  $df/dt$  分别为 -0.711 8, -0.993 0, -0.734 9。

(2)  $15 \text{ min} < t \leq 30 \text{ min}$  时,四川桫欏林、台湾桫欏林、荒地的  $df/dt$  分别为 -0.079 8, -0.098 5, -0.081 3。

(3)  $30 \text{ min} < t \leq 60 \text{ min}$  时,四川桫欏林、台湾桫欏林、荒地的  $df/dt$  分别为 -0.059 8, -0.070 7, -0.060 6。

(4)  $60 \text{ min} < t \leq 90 \text{ min}$  时,四川桫欏林、台湾桫欏林、荒地的  $df/dt$  分别为 -0.027 8, -0.031 7, -0.028 1。

为更好地反映不同品种林分中的土壤入渗过程以及渗透量的大小,现将其做成模拟趋势线图(见图 1)。

## 4 结论

(1) 湘北地区桫欏人工林枯落物的累积量是:四川桫欏林 > 台湾桫欏林 > 荒地。枯落物不同分解程

度的最大持水量也是四川桫欏林最大,可以达到  $24.76 \text{ t/hm}^2$ ,台湾桫欏  $20.41 \text{ t/hm}^2$ ,荒地最少只有  $2.65 \text{ t/hm}^2$ ;枯落物吸水速率随浸泡时间增长而减少,荒地的枯落物的吸水速率总体要大于桫欏林枯落物的吸水速率。

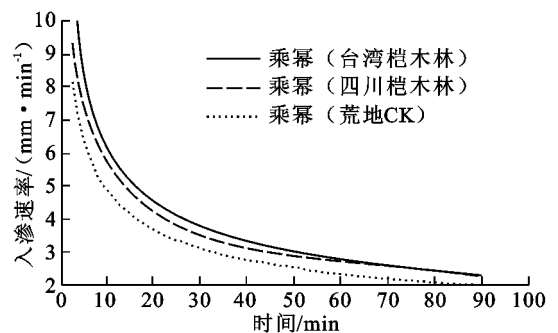


图 1 土壤渗透过程曲线图

(2) 土壤容重是荒地 > 四川桫欏林 > 台湾桫欏林, 30—45 cm 土层容重小于 15—30 cm 层容重,这是第四纪红土红壤的特征;3 个类型林地土壤总孔隙度在 43.94%~49.90% 之间,台湾桫欏林最大,荒地最小,土壤非毛管空隙由于根系总体影响是台湾桫欏林 > 四川桫欏林 > 荒地,毛管空隙和毛管持水量则是荒地 > 台湾桫欏林 > 四川桫欏林;土壤最大持水量是台湾桫欏林最大  $224.55 \text{ mm}$ ,荒地与四川桫欏林差异不明显,四川桫欏林略大于荒地。

(3) 3 个类型林地土壤入渗性能分析结果表明,整个土壤入渗过程,台湾桫欏林从初始入渗到稳定入渗始终大于荒地。四川桫欏林和台湾桫欏林的  $10^{\circ}\text{C}$

的渗透系数是荒地的 1.04 和 1.19 倍, 说明桫木具有增加土壤入渗量, 减少地表径流量的效果, 但是四川桫木的效果不明显。

总之, 在湖北地区第四纪红土红壤地区推广种植四川桫木和台湾桫木除了有较好的经济效益外, 还具有一定的生态效益, 能够改变土壤的理化性质, 增强土壤的蓄水能力、渗透性、保持水土、涵养水源功能, 表现出较好的水土保持效益。同时从本研究可知, 四川桫木林枯落物累积量与枯落物持水能力要好于台湾桫木林, 但是台湾桫木林要比四川桫木林更能够改善土壤水分物理性质和土壤渗透性能。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] 石培礼, 钟章成, 李旭光. 四川桫木混交林生物量的研究 [ J ]. 植物生态学报, 1996, 20(6): 524-533.
- [ 2 ] 杨志成. 优良阔叶树种: 桫木的分布、生长和利用 [ J ]. 林业科学研究, 1991, 4(6): 643-648.
- [ 3 ] 周小玲, 田大伦, 许忠坤, 等. 中亚热带四川桫木与台湾桫木幼林的光合生态特性 [ J ]. 中南林业科技大学学报: 自然科学版, 2007, 27(1): 41-49.
- [ 4 ] 王军辉, 顾万春, 夏良放, 等. 桫木种源(群体)/家系材性性状的遗传变异 [ J ]. 林业科学研究, 2001, 14(4): 362-368.
- [ 5 ] 朱万泽, 王金锡, 薛建辉. 台湾桫木引种的光合生理特性研究 [ J ]. 西北植物学报, 2004, 24(11): 2012-2019.
- [ 6 ] 刘贤词, 文仕知, 冯汉华, 等. 四川桫木人工林不同年龄段生物量的研究 [ J ]. 中南林业科技大学学报, 2007, 27(2): 83-86.
- [ 7 ] 程金花, 张洪江, 史玉虎, 等. 三峡库区几种林下枯落物的水文作用 [ J ]. 北京林业大学学报, 2003, 25(2): 8-13.
- [ 8 ] 张万儒, 许本彤. 森林土壤定位研究方法 [ M ]. 北京: 中国林业出版社, 1986: 30-45.
- [ 9 ] 文仕知, 何炳飞. 杉木人工林生态系统不同干扰条件下径流规律的研究 [ M ] // 刘焯章. 森林生态系统定位研究. 北京: 中国林业出版社, 1993: 221-227.
- [ 10 ] 田大伦. 杉木林生态系统定位研究方法 [ M ]. 北京: 科学出版社, 2004: 103-157.
- [ 11 ] 湖南省农业厅. 湖南土壤 [ M ]. 北京: 农业出版社, 1989: 90-92.
- [ 12 ] 吴长文, 王礼先. 林地土壤的人渗及其模拟分析 [ J ]. 水土保持研究, 1995, 2(1): 71-75.
- [ 7 ] Hazlett P W, Gordon A M, Voroney R P, et al. Impact of harvesting and logging slash on nitrogen and carbon dynamics in soils from upland spruce forests in northeastern Ontario [ J ]. Soil Biology & Biochemistry, 2007, 39(1): 43-57.
- [ 8 ] 刘炎. 中国林业标准汇编(综合卷) [ M ]. 北京: 中国标准出版社, 1998.
- [ 9 ] 鲍士旦. 土壤农化分析 [ M ]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [ 10 ] 刘菊秀, 余清发, 褚国伟, 等. 鼎湖山主要森林类型土壤 pH 动态变化 [ J ]. 土壤与环境, 2001, 10(1): 39-41.
- [ 11 ] Fleming R L, Black T A, Adams R S, et al. Silvicultural treatments microclimatic conditions and seedling response in Southern Interior clearcuts [ J ]. Canadian Journal of Soil Science, 1998, 78: 115-126.
- [ 12 ] Sirpa P, Leena F, Hannu M, et al. Carbon, nitrogen and phosphorus leaching after site preparation at a boreal forest clear-cut area [ J ]. Forest Ecology and Management, 2007, 243: 10-18.
- [ 13 ] 周莉, 代力民, 谷会岩, 等. 长白山阔叶红松林采伐迹地土壤养分含量动态研究 [ J ]. 应用生态学报, 2004, 15(10): 1771-1775.
- [ 14 ] 郝广明, 许忠学, 杨帆, 等. 采伐林地土壤养分研究 [ J ]. 北华大学学报: 自然科学版, 2002, 3(5): 441-444.

(上接第 75 页)