

# 北京松山不同密度丁香天然林枯落物及土壤水文效应

高琛<sup>1</sup>, 鲁绍伟<sup>2</sup>, 杨新兵<sup>1</sup>, 陈波<sup>1</sup>, 潘青华<sup>2</sup>, 李少宁<sup>2</sup>, 张玉平<sup>2</sup>

(1. 河北农业大学 林学院 河北省林木种质资源与森林保护重点实验室,  
河北 保定 071000; 2. 北京市农林科学院 林业果树研究所, 北京 100093)

**摘 要:**以北京松山 5 个不同密度(784, 1 024, 1 210, 1 616, 1 872 株/hm<sup>2</sup>)的丁香(*Syzygium aromaticum*)天然林为对象,对其枯落物层及土壤层水文效应进行研究。结果表明:枯落物总蓄积量、最大持水率、最大持水量随丁香天然林密度的升高而增大。枯落物的总储量在 13.19~31.66 t/hm<sup>2</sup> 之间;有效拦蓄能力在 32.71~79.77 t/hm<sup>2</sup> 之间;枯落物最大持水量在 50.76~119.29 t/hm<sup>2</sup> 之间,与浸泡时间呈明显的对数关系( $R>0.86$ );枯落物最大持水率为 385.72%~507.16%,枯落物吸水速率与浸泡时间呈明显的幂函数关系( $R>0.99$ );同一密度土壤容重随土层深度的增加而增大,总孔隙度随密度的升高先增大后减小。初渗速率在 37.50~54.55 mm/min 之间,入渗速率与入渗时间存在较好的幂函数关系( $R>0.99$ )。中密度丁香天然林水源涵养功能较强。

**关键词:**水文效应;丁香;密度;枯落物;北京松山

中图分类号:S715.7

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2013)06-0059-07

## Hydrological Effects of Forest Litters and Soil of Natural *Syzygium aromaticum* Forests with Different Densities in Songshan Mountain of Beijing

GAO Chen<sup>1</sup>, LU Shao-wei<sup>2</sup>, YANG Xin-bing<sup>1</sup>, CHEN Bo<sup>1</sup>,

PAN Qing-hua<sup>2</sup>, LI Shao-ning<sup>2</sup>, ZHANG Yu-ping<sup>2</sup>

(1. Key Lab of Genetic Resources of Forest and Forest Protection of Hebei

Province, Forestry Department, Hebei Agricultural University, Baoding, Hebei 071000, China;

2. Forestry and Penology Institute, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100093, China)

**Abstract:** A preliminary study on hydrological effects of litter layer and soil layer in natural *Syzygium aromaticum* forests was carried out in the five different densities (784, 1 024, 1 210, 1 616, 1 872 per/hm<sup>2</sup>) in Songshan mountain of Beijing. The results showed that the total storage capacity, the maximum water holding rate of litter and the maximum water holding capacity increased with the increase of density; the total storage capacity of litter was about 13.19~31.66 t/hm<sup>2</sup>, the modified interception capacity of litter was about 32.71~79.77 t/hm<sup>2</sup>; the maximum water holding capacity of litter was about 50.76~119.29 t/hm<sup>2</sup> and had significant logarithmic correlation with immersion time( $R>0.86$ ); the maximum water holding rate of litter was about 385.72%~507.16% and had power function relationship with immersion time( $R>0.99$ ); the soil bulk density increased with the increase of depth of soil layer in the same density. The total soil porosity increased firstly and then decreased with the density. The initial infiltration rates of soil varied between 37.50 mm/min and 54.55 mm/min. The infiltration rate had power function correlation with infiltration fit time( $R>0.99$ ). *Syzygium aromaticum* forest with medium density had stronger water conservation function.

**Key words:** hydrological effect; *Syzygium aromaticum*; density; litters; Songshan mountain of Beijing

森林作为地球上可再生资源及陆地生态系统的主体,通过庞大的林冠层和丰富的枯落物层,既能吸收和截留一定的降雨,又能有效地减轻雨水对土壤的

溅蚀,有利于雨水下渗,在人类生存和发展的历史过程中起着不可替代的作用<sup>[1-2]</sup>。森林中的枯落物层在涵养水源、拦蓄地表径流、增加土壤通透性、保护及促

收稿日期:2013-02-28

修回日期:2013-04-10

资助项目:林业公益性行业科研专项“都市型自然保护区保护与适应关键技术研究”(201004053)

作者简介:高琛(1991—),男,甘肃靖远人,在读硕士,主要研究方向:水土保持。E-mail:pdsgc1991@163.com

通信作者:杨新兵(1978—),男,河北涉县人,博士,副教授,主要从事水土保持、森林健康、生态水文等方面的研究。E-mail:hbyxb2008@126.com

进土壤形成和发育方面起着重要的作用<sup>[3]</sup>。土壤层中的土壤毛管孔隙和非毛管孔隙能促进雨水的下渗,不但能给植物提供水分,而且能把多余的水分储存起来或通过渗流汇入溪流中,充分体现了森林涵养水源、保持水土的功能。丁香主要分布在西南、西北、华北和东北地区,是我国北方各省区主要的园林绿化树木之一,丁香天然种多分布在海拔 800~3 800 m 的山地,具有耐寒、耐旱、耐瘠薄,病虫害较少,适应性较强,和一定的水土保持功能的特点。目前,有关丁香属植物的研究多集中于光合特性<sup>[4]</sup>、生理特性<sup>[5]</sup>、化学研究<sup>[6]</sup>和药用<sup>[7]</sup>等方面,而对其不同密度下水文效应研究相对较少。为此,本文对北京松山不同密度丁香天然林枯落物及其土壤水文效应进行定量分析,旨在初步揭示不同密度下丁香天然林枯落物层和土壤层的水源涵养功能,为不同密度丁香天然林的生长提供一定参考。

## 1 研究区概况

北京松山自然保护区位于北京市西北部延庆县海坨山南麓,地处燕山山脉的军都山中,总面积 4 671 hm<sup>2</sup>,距北京市区仅 90 km,地理坐标为东经 115°43′44″—115°50′22″,北纬 40°29′09″—40°33′35″。松山地区处于暖温带大陆性季风气候区,受地形条件的影响,与延庆盆地相比,气温偏低,湿度偏高,形成典型的山地气候,是北京地区的低温区之一。山前低山地带年平均气温 8.5℃,最高气温 39℃,最低气温-27.3℃,年降水量 450 mm。中山地带年平均温度为 4~5℃,年降水量 600 mm。山顶年平均温度只有 2℃左右。区内地形比较复杂,海拔高度 627.6~2 199.6 m,多数山地海拔在 1 200~1 600 m 之间。该区土壤呈垂直带谱分布,自下而上分为山地暗棕壤土带、棕色针叶林土带、亚高山疏林草甸土带和高山苔原土带,保护区现有维管束植物 109 科 413 属 783 种及变种,占北京地区同类植物总数的 49.8%。乔木树种有丁香(*Syzygium aromaticum*)、山杨(*Populus davidiana*)、油松(*Pinus tabulaeformis*)、核桃楸(*Juglans mandshurica*)、五角枫(*Acer elegantulum*)、蒙古栎(*Quercus mongolica*)、白桦(*Betula platyphylla*)、黑桦(*Betula dahurica*)、侧柏(*Platycladus orientalis*)和华山松(*Pinus armandi*)等。

## 2 实验材料与方法

于 2012 年 8 月底在北京松山自然保护区调查不同密度丁香天然林,选取 5 块具有代表性的地段作为标准地进行采样分析,样地面积为 50 m×50 m,对其

进行每木检尺,各样地基本特征见表 1。在 5 块标准样地内,根据地形变化情况分别设 1.0 m×1.0 m 9 个样方,调查样方内枯落物层厚度及蓄积量,其中未分解枯落物系指基本上保持其原有形状及质地的枯枝落叶;半分解枯落物系指只有部分植物组织残片尚保持其原来形态的枯枝落叶;而枯落物的分解层指枯落物完全分解腐烂,呈连片、污黑的有机物质,看不出残体的植物枯落物痕迹<sup>[8]</sup>。采用土壤剖面调查法,分别按 0—10,10—20,20—40 cm 机械分层取样。枯落物持水量和吸水速率的测定采用室内浸泡法<sup>[9]</sup>,分别测定枯落物在浸泡 1,2,4,6,12,24 h 的变化,设 3 次重复,研究其吸水过程和吸水速度。枯落物有效拦蓄量采用有效拦蓄量估算枯落物对降雨的实际拦蓄量<sup>[10]</sup>,即:

$$W=(0.85R_m-R_o)M$$

式中:W——有效拦蓄量(t/hm<sup>2</sup>);R<sub>m</sub>——最大持水率(%);R<sub>o</sub>——平均自然含水率(%);M——枯落物累积量(t/hm<sup>2</sup>)。

用环刀浸泡法测土壤容重、孔隙度等物理性质<sup>[11]</sup>,双环法测土壤入渗<sup>[12]</sup>,土壤持水量采用下式<sup>[13]</sup>计算:

$$W=10000Ph$$

式中:W——土壤持水量(t/hm<sup>2</sup>);P——土壤孔隙度(%);h——土壤层厚度(m)。

表 1 不同密度标准地基本特征

样地号	密度/ (株·hm <sup>-2</sup> )	坡度/ (°)	坡向	郁闭度	平均树 高/m	平均胸 径/cm
I	784	15	ES	0.70	5.37	11.71
II	1024	35	S	0.72	6.39	9.35
III	1210	33	WS	0.75	4.36	8.47
IV	1616	15	ES	0.81	5.35	9.42
V	1872	27	ES	0.84	5.77	10.04

## 3 结果与分析

### 3.1 不同密度枯落物蓄积量分析

由表 2 知,不同密度丁香天然林枯落物总蓄积量存在一定差别,其变动范围为 13.19~31.66 t/hm<sup>2</sup>,枯落物总蓄积量大小排序为:样地 I>样地 V>样地 IV>样地 III>样地 II,即丁香天然林枯落物总蓄积量随密度的升高而增大。分析 5 个不同密度丁香天然林枯落物未分解层、半分解层蓄积量可以得出,相同密度条件下枯落物半分解层蓄积量均大于未分解层,且各层蓄积量所占总量的比例不同。未分解层样地 V 枯落物蓄积量占总蓄积量的比例最大,为 39.89%。样地 III 占比例最小,为 17.65%,在半分解层内样地 V 枯落物蓄积量占总蓄积量的比例最小,为 60.11%。未分解层枯落物随密度的增加呈现出增加的趋势,半分解层则相反。

表 2 不同密度枯落物蓄积量

样地号	总厚度/ mm	总蓄积量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	未分解层			半分解层		
			厚度/mm	蓄积量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	占总量/%	厚度/mm	蓄积量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	占总量/%
I	35	31.66	20	8.57	27.08	15	23.09	72.92
II	29	13.19	18	4.79	36.33	11	8.40	63.67
III	22	16.44	12	2.90	17.65	10	13.54	82.35
IV	28	18.60	8	4.14	22.24	20	14.46	77.76
V	20	27.68	10	11.04	39.89	10	16.64	60.11

3.2 不同密度枯落物水文效应

3.2.1 不同密度枯落物最大持水量 5 个不同密度丁香天然林枯落物的最大持水量和最大持水率如表 3 所示。由表 3 可得:半分解层和未分解层枯落物最大持水量随丁香天然林密度的升高均呈现增大的趋势,总和最大的是样地 V,为 125.79 t/hm<sup>2</sup>,相当于 12.58 mm 的降雨,最小的是样地 II,为 50.76 t/

hm<sup>2</sup>,相当于 5.08 mm 的降雨。样地 I 最大持水量达到119.29 t/hm<sup>2</sup>,可能与该样地所处的海拔较低以及林下植被比较多有关。枯落物最大持水率的变动范围在 385.72%~507.16%之间,大小顺序为样地 IV>样地 V>样地 III>样地 II>样地 I,表明丁香天然林枯落物最大持水率随密度升高而表现出增大的规律。

表 3 不同密度枯落物最大持水量和最大持水率

样地号	最大持水量/(t·hm <sup>-2</sup> )			最大持水率/%		
	未分解层	半分解层	总和	未分解层	半分解层	平均
I	34.75	84.54	119.29	405.30	366.14	385.72
II	22.92	27.85	50.76	478.20	331.54	404.87
III	13.81	48.25	62.06	475.89	356.34	416.12
IV	22.15	69.26	91.41	535.40	478.93	507.16
V	49.60	76.19	125.79	449.27	457.99	453.63

3.2.2 不同密度枯落物有效拦蓄量 由表 4 可以得出:5 个不同密度丁香天然林枯落物的拦蓄能力各不相同,但随着密度的增高,五种样地未分解层和半分解层的变化规律基本一致。如从有效拦蓄率和有效拦蓄量来分析,未分解层和半分解层都随着密度的增加呈现出先减小后增大的趋势,这与枯落物层蓄积量的变化

规律相同,表明枯落物的有效拦蓄量与其蓄积量有直接关系。综合未分解层和半分解层的变化规律可知,样地 V 的有效拦蓄能力最强,为 79.77 t/hm<sup>2</sup>,相当于能拦蓄 7.98 mm 的降水,而样地 II 的有效拦蓄能力最弱,为 32.71 t/hm<sup>2</sup>,只相当于拦蓄 3.27 mm 的降雨,即高密度丁香天然林枯落物拦蓄能力较强。

表 4 不同密度枯落物的拦蓄能力

枯落物层	样地号	枯落物层蓄积量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	自然含水率/ %	有效拦蓄率/ %	有效拦蓄量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	有效拦蓄量深/ mm
未分解层	I	8.57	0.95	249.56	21.40	2.14
	II	4.79	0.67	339.24	16.26	1.63
	III	2.90	0.20	384.30	11.15	1.12
	IV	4.14	0.77	377.93	15.64	1.56
	V	11.04	0.78	304.01	33.56	3.36
半分解层	I	23.09	1.36	175.02	40.41	4.04
	II	8.40	0.86	195.83	16.45	1.64
	III	13.54	1.10	193.35	26.18	2.62
	IV	14.46	1.12	295.10	42.68	4.27
	V	16.64	1.12	277.79	46.21	4.62

3.2.3 不同密度枯落物持水过程 由图 1 可明显地看出,枯落物持水量与浸泡时间有一定的相关性。在最初浸泡的 2 h 内,枯落物持水量迅速增加,而后随着浸泡时间的延长,其增长趋势逐渐变缓,最后基本

停止,半分解层枯落物持水量在浸泡 8 h 后就基本达到饱和,而未分解层枯落物持水量浸泡超过 12 h 才达到饱和,表明丁香天然林枯落物未分解层持水量大于半分解层,这与两个分解层的自然含水率有关。此

外,由图 1 可以明显地看出,相同浸泡时间内样地Ⅳ、样地Ⅴ的持水量明显大于其它样地,表明相同条件下密度大的丁香天然林枯落物持水量大于密度小的丁

香天然林,这与枯落物的蓄积量有关,密度越大,枯落物的蓄积量就越多,相同条件下的持水量就越高。

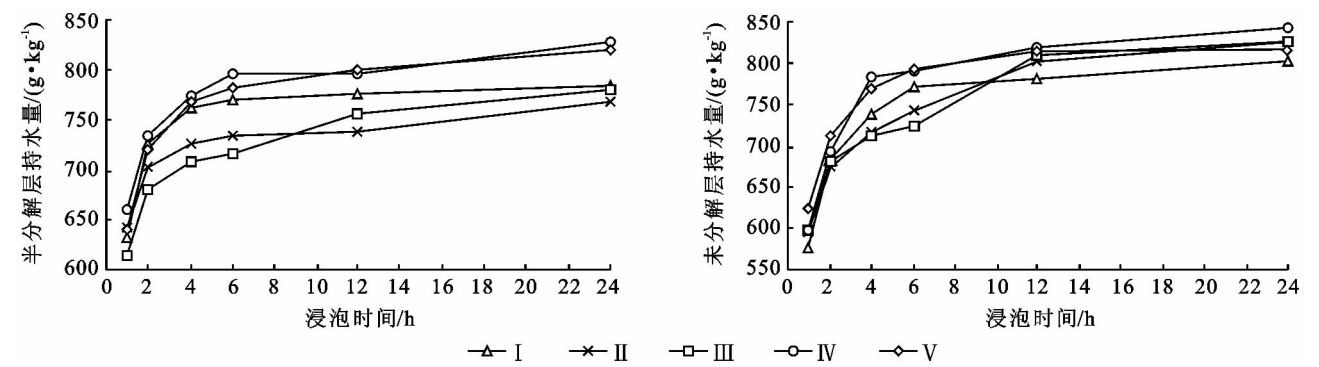


图 1 枯落物不同分解层持水量与浸泡时间的关系

对 1~24 h 之间 5 块样地未分解层、半分解层持水量与浸泡时间的关系进行回归分析(表 5),得出该时间段内枯落物持水量与浸泡时间之间存在如下关系:

式中: $Q$ ——枯落物持水量( $\text{g}/\text{kg}$ ); $t$ ——浸泡时间( $\text{h}$ ); $a$ ——方程系数; $b$ ——方程常数项。拟合的对数曲线相关系数均在 0.86 以上。

表 5 不同密度枯落物持水量、持水率与浸泡时间关系

枯落物层	样地号	持水量与浸泡时间 关系式	相关系数 $R$	持水率与浸泡时间 关系式	相关系数 $R$
半分解层	I	$Q=42.861\ln(t)+673.88$	0.8683	$V=672.6t^{-0.9399}$	0.9992
	II	$Q=34.799\ln(t)+663.71$	0.9321	$V=663.76t^{-0.9507}$	0.9997
	III	$Q=49.544\ln(t)+630.93$	0.9805	$V=632.2t^{-0.9291}$	0.9998
	IV	$Q=48.356\ln(t)+687.87$	0.9385	$V=687.94t^{-0.9351}$	0.9996
	V	$Q=53.45\ln(t)+670.5$	0.9452	$V=670.59t^{-0.9271}$	0.9995
未分解层	I	$Q=67.188\ln(t)+618.92$	0.9290	$V=618.3t^{-0.903}$	0.9988
	II	$Q=72.58\ln(t)+611.84$	0.9882	$V=614.84t^{-0.8981}$	0.9997
	III	$Q=71.247\ln(t)+612.8$	0.9789	$V=616.09t^{-0.9003}$	0.9996
	IV	$Q=74.728\ln(t)+635.94$	0.9410	$V=636t^{-0.8965}$	0.9989
	V	$Q=60.263\ln(t)+659.55$	0.9259	$V=659.07t^{-0.917}$	0.9992

注: $p<0.01$ 。

3.2.4 不同密度枯落物吸水速率 由图 2 可明显看出,5 块不同密度样地枯落物的吸水速率与浸泡时间同样表现出一定的规律性:无论是未分解层还是半分解层,枯落物在前 2 h 内吸水速率最大,之后随着浸泡时间的延长急剧下降,6 h 后下降速度明显减缓,12 h 后吸水基本停止,枯落物吸水速率趋向一致。对 5 块样地不同密度不同层次枯落物吸水速率与浸泡时间进行拟合(表 5),得出该时间段内吸水速率与浸泡时间之间存在如下关系:

$$V=kt^n$$

式中: $V$ ——枯落物吸水速度 $[\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{h})]$ ;  $t$ ——浸泡时间( $\text{h}$ );  $k$ ——方程系数;  $n$ ——指数。拟合的幂函数曲线相关系数均在 0.99 以上。

3.3 不同密度土壤水文效应

3.3.1 不同密度土壤容重 土壤容重越小,土壤疏

松多孔,结构性越好,越大则相反。由表 6 可看出,5 个样地土壤容重存在较大差异,在 0—40 cm 土层内,土壤容重均值的排列顺序为样地Ⅱ>样地Ⅴ>样地Ⅰ>样地Ⅲ>样地Ⅳ,表明在中低密度和高密度下土壤容重最大,而低密度和中高密度下土壤容重最小。

从土壤容重的垂直变化来看,5 个不同密度样地土壤容重的变化规律相同,即随土层深度增加而逐渐增大。在样地Ⅲ内,土壤容重从 0—10 cm 时的 0.98  $\text{g}/\text{cm}^3$  增加到 20—40 cm 时的 1.24  $\text{g}/\text{cm}^3$ ,两者之间的差值达到了 0.26  $\text{g}/\text{cm}^3$ 。这是因为,有机质含量随土层深度的增加而逐渐减少,同时土壤团聚性降低,从而增加了土壤紧实度,进而导致不同深度土壤理化性质的差异。这一结果与陈波等<sup>[14]</sup>在冀北山地对不同海拔华北落叶松人工林水文效应的研究结果一致。

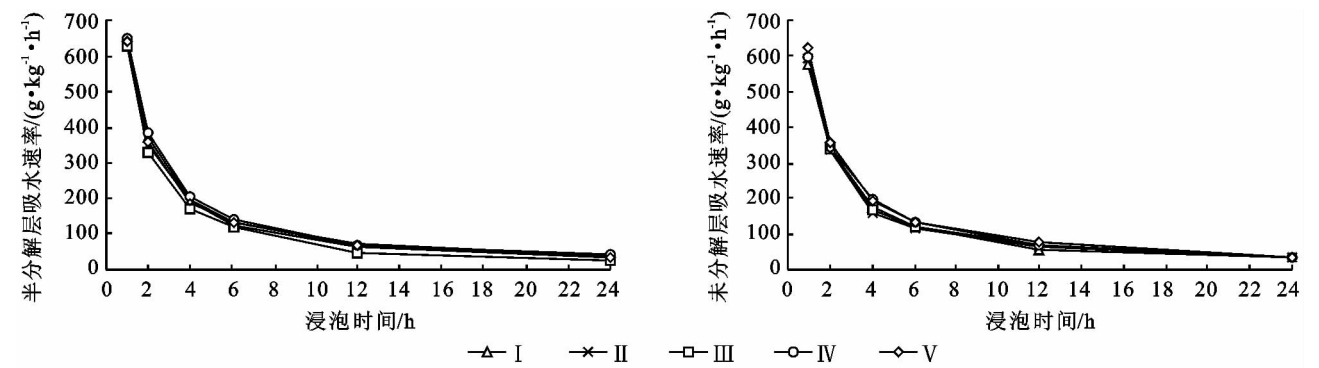


图 2 枯落物不同分解层吸水速率与浸泡时间的关系

3.3.2 不同密度土壤孔隙度 由表 6 可知,在 0—40 cm 土层内,从 5 个不同样地总孔隙度的变化来看,随着土层深度的加深样地 II、III、V 增加,样地 I、IV 减小,表明在样地 II、III、V 密度条件下表层土壤比较疏松,样地 III 土壤的总孔隙度从 0—10 cm 的 37.45% 增加到 20—40 cm 的 48.71%,样地 I 土壤的总孔隙度从 0—10 cm 的 42.06% 减小到 20—40 cm 的 26.81%。土壤总孔隙度均值顺序为样地 III>样地 II>样地 I>样地 V>样地 IV,表明不同密度土壤总孔隙度变化趋势与土壤容重的变化趋势不同,即随密度升高,总孔隙度先增大而后减小。毛管孔隙度值越

高,土壤中有效水的存贮量越大,树木用于生长发育的有效水分的比例越大,不同密度土壤毛管孔隙度均值排序为:样地 III>样地 I>样地 II>样地 V>样地 IV,表明随密度增加,丁香天然林土壤毛管孔隙度先增大后减小,即中密度丁香天然林用于自身生长发育所需的有效水分的比例高,低密度和高密度则相对较低。非毛管孔隙度越大,土壤通透性越好,有利于降水的下渗,减少地表径流,充分起到涵养水源的作用,5 种不同密度土壤非毛管孔隙度均值排序为:样地 II>样地 III>样地 V>样地 I>样地 IV,即中密度丁香天然林地土壤的通透性和水源涵养能力最强。

表 6 不同密度土壤物理性状及持水量

样地号	土层深度/ cm	土壤容重/ (g·cm <sup>-3</sup> )	非毛管 孔隙度/%	毛管 孔隙度/%	总孔隙度/ %	饱和持水量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	毛管持水量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	有效持水量/ (t·hm <sup>-2</sup> )
I	0—10	1.09	7.01	35.05	42.06	420.60	350.50	70.10
	10—20	1.35	1.28	25.09	26.37	263.70	250.90	12.80
	20—40	1.29	1.75	25.06	26.81	536.20	501.20	35.00
	均值	1.24	3.35	28.40	31.75	406.83	367.53	39.30
II	0—10	1.58	8.28	26.56	34.84	348.40	265.60	82.80
	10—20	1.50	8.32	28.12	36.44	364.40	281.20	83.20
	20—40	1.58	10.97	25.79	36.76	735.20	515.80	219.40
	均值	1.55	9.19	26.82	36.01	482.67	354.20	128.47
III	0—10	0.98	2.09	35.36	37.45	374.50	353.60	20.90
	10—20	1.10	4.17	28.39	32.56	325.60	283.90	41.70
	20—40	1.24	18.23	30.48	48.71	974.20	609.60	364.60
	均值	1.11	8.16	31.41	39.57	558.10	415.70	142.40
IV	0—10	1.02	4.26	23.91	28.17	281.70	239.10	42.60
	10—20	1.07	2.85	22.45	25.30	253.00	224.50	28.50
	20—40	1.12	1.70	26.54	28.24	564.80	530.80	34.00
	均值	1.07	2.94	24.30	27.24	366.50	331.47	35.03
V	0—10	1.35	1.44	27.05	28.49	284.90	270.50	14.40
	10—20	1.44	5.82	23.64	29.46	294.60	236.40	58.20
	20—40	1.61	5.44	23.79	29.23	584.60	475.80	108.80
	均值	1.47	4.23	24.83	29.06	388.03	327.57	60.47

3.3.3 不同密度土壤蓄水能力 由表 6 可知:5 种不同密度样地土壤蓄水性能存在一定差异,样地 II、V 土壤蓄水性能随土层深度的增加呈现迅速增加的趋势,而其它样地随土层深度的增加呈现出先减小后

迅速增加的规律。从饱和持水量均值来看,其大小顺序是:样地Ⅲ>样地Ⅱ>样地Ⅰ>样地Ⅴ>样地Ⅳ,且样地Ⅲ土壤贮蓄水分潜在能力比样地Ⅳ高127.90%,表明中密度丁香天然林土壤贮蓄水分潜在能力最强,而高密度最弱。土壤有效持水量大小取决于非毛管孔隙度的大小,有效持水量均值大小顺序是:样地Ⅲ>样地Ⅱ>样地Ⅴ>样地Ⅰ>样地Ⅳ,这与非毛管孔隙度均值的顺序基本一致。样地Ⅱ、Ⅲ有效持水量相对较大,表明中密度丁香天然林持水能力最强,而低密度和高密度较弱。

3.3.4 不同密度土壤入渗性能 土壤渗透性能不仅是土壤重要的水分物理性质之一,而且能直接体现出样地涵养水源的能力。土壤渗透性能的好坏,直接关系到地表能否产生径流及产生径流的大小。渗透性好的土壤,在一定降雨强度下,水分可以进入土壤并储存起来或转变为地下径流,从而使林地水土流失得到很好地控制<sup>[15-16]</sup>。由表 7 可得,5 种不同密度样地土壤初渗速率均在 37.50~54.55 mm/min 之间。随着时间的推移,入渗速率逐渐变慢,当达到一定的时间后趋于稳定,稳渗速率在 1.69~4.44 mm/min 之间,稳渗速率大小顺序依次为:样地Ⅲ>样地Ⅱ>样地Ⅳ>样地Ⅴ>样地Ⅰ。表明中密度丁香天然林土壤渗透性能最好。从入渗过程(图 3)来看,5 个样地达到稳渗的时间都在 20 mm 左右,且入渗速率与入渗时间存在较好的幂函数关系(表 7),其关系式如下:

$$y=at^{-b}$$

式中:y——入渗速率(mm/min);a,b——常数;t——入渗时间(min)。拟合的幂函数曲线相关系数均在 0.99 以上。

表 7 不同密度土壤渗透速率及渗透模型				
样地号	初渗速率/ (mm·min <sup>-1</sup> )	稳渗速率/ (mm·min <sup>-1</sup> )	回归方程	相关系 数 R
I	46.15	1.69	$y=22.365t^{-0.6324}$	0.9969
II	37.50	3.45	$y=23.436t^{-0.5507}$	0.9927
III	50.00	4.44	$y=25.757t^{-0.5514}$	0.9960
IV	54.55	2.79	$y=23.893t^{-0.5789}$	0.9973
V	42.86	2.19	$y=20.335t^{-0.5732}$	0.9981

4 结论

(1) 枯落物总蓄积量大小排序为:样地Ⅰ>样地Ⅴ>样地Ⅳ>样地Ⅲ>样地Ⅱ,即丁香天然林枯落物总蓄积量随密度的升高而增大。相同密度条件下,枯落物半分解层蓄积量均大于未分解层,未分解层枯落物随密度的增加呈现出增加的趋势,半分解层则相反。

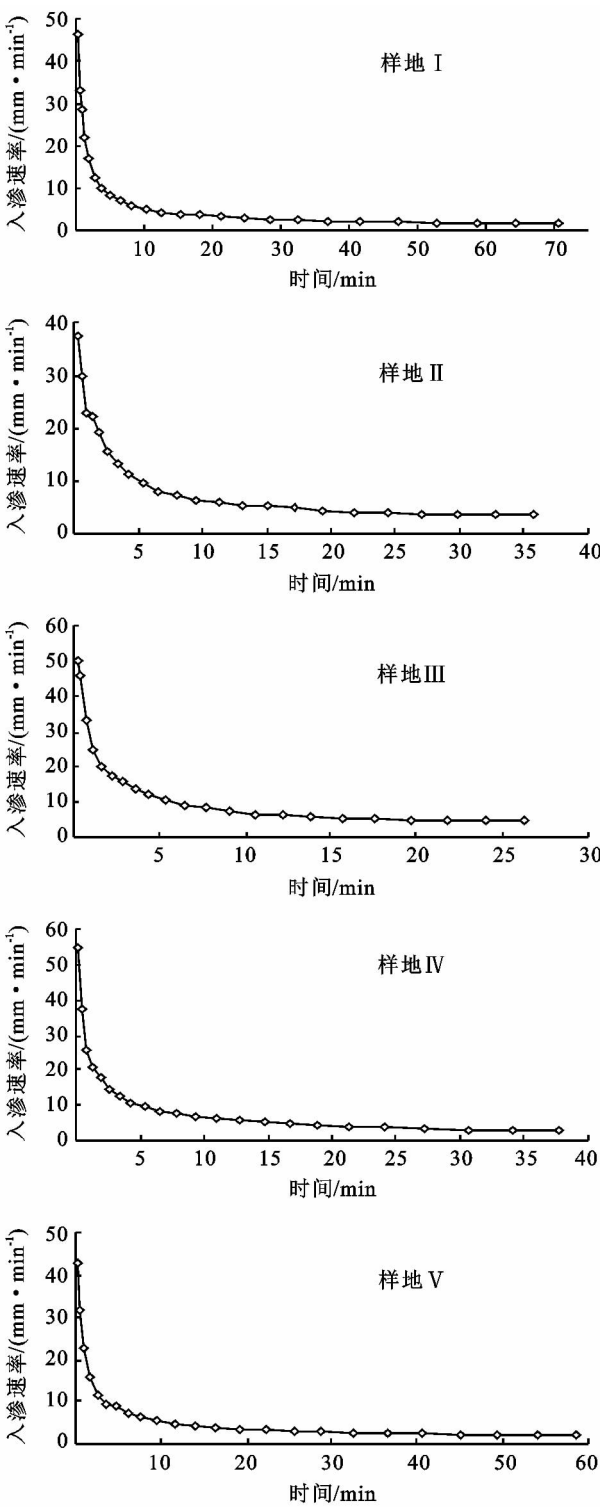


图 3 不同密度土壤入渗曲线

(2) 半分解层和未分解层枯落物最大持水量随丁香天然林密度的升高均呈现增大的趋势,最大持水率的变动范围在 385.72%~507.16%之间,且丁香天然林枯落物最大持水率随密度升高呈现出增大的规律。

(3) 从枯落物持水过程来看,在最初浸泡的 2 h 内,枯落物持水量迅速增加,之后随浸泡时间的延长增加速度逐渐变缓。不同层次枯落物的有效拦蓄率

不同,但拦蓄量变化相同,均呈现出高密度丁香天然林枯落物的拦蓄能力强,低密度弱的趋势。

(4) 中低密度和高密度丁香天然林的土壤容重最大,其它密度条件下的土壤容重相对较小。在 0—40 cm 土层内,同一密度土壤容重随土层深度的增加而增大,总孔隙度随密度升高先达到最大而后减小。且中密度丁香天然林地土壤的通透性和水源涵养能力最强。

(5) 土壤饱和持水量均值大小顺序是:样地Ⅲ>样地Ⅱ>样地Ⅰ>样地Ⅴ>样地Ⅳ,即中密度丁香天然林土壤储蓄水潜在能力最强,而高密度最弱。有效持水量均值大小顺序是:样地Ⅲ>样地Ⅱ>样地Ⅴ>样地Ⅰ>样地Ⅳ,即中密度丁香天然林持水能力最强,低密度和高密度下最弱。

(6) 初渗速率在 37.50~54.55 mm/min 之间,稳渗速率大小顺序依次为:样地Ⅲ>样地Ⅱ>样地Ⅳ>样地Ⅴ>样地Ⅰ。表明中密度丁香天然林土壤渗透性能最好。

#### 参考文献:

- [1] 曾大林. 对当代林业水土保持作用的几点认识[J]. 中国水土保持, 2000(6): 25-28.
- [2] Clarke J M. Effect of drought stress on residual transpiration and its relationship with water use of wheat[J]. Canadian Journal of Plant Science, 2000, 1(3): 695-702.
- [3] LEER. Forest Hydrology[M]. New York: Columbia University Press, 1980.
- [4] 李海梅, 何兴元, 陈玮. 沈阳城市森林主要绿化树种: 丁香的光合特性研究[J]. 应用生态学报, 2004, 15(12): 2245-2249.
- [5] 严俊鑫, 刘晓东, 张晓娇, 等. 六种丁香的光合特性[J]. 东北林业大学学报, 2008, 36(7): 23-24, 41.
- [6] 王艳宏, 李永吉, 吕邵娃, 等. 不同生长季节紫丁香叶中丁香苦苷的含量变化[J]. 中国中药杂志, 2005, 30(20): 1624-1625.
- [7] 王迪, 张贵军, 李仁郁. 黑龙江省丁香属植物药资源研究[J]. 中医药信息, 1985(2): 3.
- [8] 剪文灏, 李淑春, 陈波, 等. 冀北山区 3 种典型森林类型枯落物水文效应研究[J]. 水土保持研究, 2011, 18(5): 144-147.
- [9] 李军, 田超, 杨新兵. 河北省木兰林管局典型森林类型枯落物水文效应研究[J]. 水土保持研究, 2011, 18(4): 192-196.
- [10] 陈东莉, 郭晋平, 杜宁宁. 间伐强度对华北落叶松林下生物多样性的影响[J]. 东北林业大学学报, 2011, 39(4): 37-39.
- [11] 田育新, 李锡泉, 吴建平, 等. 小流域森林生态系统林地土壤渗透性能研究[J]. 水土保持研究, 2006, 13(4): 176-175.
- [12] 王兵, 王燕, 赵广东. 江西大岗山三种主要植被类型枯落物水文性能研究[J]. 水土保持研究, 2008, 15(6): 197-199.
- [13] 田超, 杨新兵, 李军, 等. 冀北山地阴坡枯落物层和土壤层水文效应研究[J]. 水土保持学报, 2011, 25(2): 97-103.
- [14] 陈波, 孟成生, 赵耀新, 等. 冀北山地不同海拔华北落叶松人工林枯落物和土壤水文效应[J]. 水土保持学报, 2012, 26(3): 216-221.
- [15] Michael F, David A, Brenner M, et al. Influence of vegetation change on watershed hydrology: Implications for paleoclimatic interpretation of lacustrine  $^{18}\text{O}$  records[J]. Journal of Paleolimnology, 2002, 27(1): 117-131.
- [16] Scott D F, Lesch W. Stream flow responses to afforestation with *Eucalyptus grandis* and *Pinus patula* and to felling in the Mokkbulan experiments, South Africa [J]. J. Hydrology, 1997, 199(3/4): 360-370.