

尾叶桉人工林改造对土壤和凋落物持水效能的影响*

刘飞鹏¹ 曾曙才² 莫罗坚³ 丁雪腾² 朱剑云³ 刘颂颂^{3**} 李年生³

(¹广东省林业调查规划院, 广州 510520; ²华南农业大学林学院, 广州 510642; ³广东省东莞市林业科学研究所, 广东东莞 523106)

摘要 对低效人工林进行改造,是提高林分质量和生态效能的重要措施。本文对广东省东莞市林业科学园内尾叶桉(*Eucalyptus urophylla*)人工林2种不同改造模式和未改造尾叶桉人工林土壤和凋落物持水能力进行了研究。2种改造模式分别为均匀伐除70%和40%原有桉树后间种乡土阔叶树(分别记为模式I和模式II),未改造桉树林作为对照(CK)。结果表明:与CK相比,改造3年后,模式I和II的表层(0~20 cm)土壤毛管孔隙度、自然含水量、田间持水量和有效蓄水量显著提高,0~40 cm土壤非毛管孔隙度显著下降($P < 0.05$);模式I和II凋落物吸水速率和最大持水率显著增加,凋落物储量和最大持水量显著减小;各林分凋落物吸水速率与浸泡时间呈幂函数关系,凋落物持水率、持水量与浸泡时间均呈对数函数关系;林分改造提高了林地0~60 cm土壤水源涵养功能,且两种改造模式之间无显著差异($P > 0.05$);各林分土壤持水能力均远大于凋落物,凋落物最大持水量仅为0~20 cm土层有效持水量的0.59%~2.06%。

关键词 水源涵养; 田间持水量; 吸水速率; 凋落物储量

中图分类号 S718.5 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2013)5-1111-07

Effects of stand transformation on the water-holding capacities of soil and litter in *Eucalyptus urophylla* plantations. LIU Fei-peng¹, ZENG Shu-cai², MO Luo-jian³, DING Xue-teng², ZHU Jian-yun³, LIU Song-song^{3**}, LI Nian-sheng³ (¹Guangdong Forest Investigation and Planning Institute, Guangzhou 510520, China; ²College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; ³Forest Research Institute of Dongguan, Dongguan 523106, Guangdong, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2013, 32(5): 1111-1117.

Abstract: Transformation of low-quality forest stand is an important measure to improve forest stand quality and its ecological functions. In this paper, two transformed stands and one control stand of *Eucalyptus urophylla* plantations in the Dongguan Forest Research Park, Guangdong Province of South China were taken as the objects to study the water-holding capacities of soil and litter. The two transformation modes were 1) evenly removing 70% of *E. urophylla* trees followed by planting native broadleaved trees in canopy gaps (Mode I) and 2) evenly removing 40% of *E. urophylla* trees followed by planting native broadleaved trees in the gaps (Mode II), and the un-treated *E. urophylla* plantation was served as the control (CK). After 3-year transformation, as compared with CK, the surface (0-20 cm) soil capillary porosity, natural water content, field water-holding capacity, and effective water retaining capacity in Mode I and Mode II had a significant increase, while the non-capillary porosity in 0-40 cm soil layer was in adverse. The water-absorption rate and the maximum water-holding rate of the litters under Modes I and II were significantly higher, but the litter biomass and its maximum water-holding capacity were significantly lower than those under CK. The water-absorption rate of the litters in the three plantations had a power function relationship with the litter's immersion time, while the water-holding rate and water-holding capacity of the litters were exponentially correlated with the immersion time. Overall, stand transformation increased the water-holding capacity of 0-60 cm soil layer signifi-

* 国家自然科学基金项目(31270675)、广东省科技计划项目(2012B020310004和2011B020302005)和东莞市高等院校科研机构科技计划资助项目(200910810174)资助。

** 通讯作者 E-mail: songsongu@126.com

收稿日期: 2012-12-14 接受日期: 2013-02-05

cantly, and no significant difference was observed between Modes I and II. For all the plantations, the water-holding capacity of soil was far higher than that of litter, and the maximum water-holding capacity of litter was only 0.59%–2.06% of the effective water-holding capacity of surface soil layer.

Key words: water conservation; field water-holding capacity; water absorption rate; litter biomass.

林分改造是对起源、组成、林相、密度和生长等不符合经营目的要求的林分进行结构上的根本性改变的综合林学措施(陈世清,2007)。广东在20世纪“十年绿化广东”运动中种植了大面积桉树林,由于树种结构单一、林相差、生态效能低,这些林分在当前水源涵养林、生态景观林建设进程中,亟待进行改造,以提高其林分质量、生态功能和系统稳定性(蔡锡安等,2005;郑镜明,2006)。早在2006年广东省就编制了《广东省林分改造工程建设规划(2007—2020)》,广东林业从此进入以提高森林质量为核心的林业发展新时期(陈世清,2007)。

水源涵养是森林生态系统的重要功能,也是生态公益林的核心功能之一。土壤和凋落物的吸水能力对森林蓄水效能有十分重要的影响(薛立等,2005;卢洪健等,2011;Zhang *et al.*, 2013)。凋落物是森林生态系统的重要组成成分(Maguire, 1994; Ponder *et al.*, 2012),不仅对森林土壤发育、保护和改良有重要意义,而且由于其自身结构疏松、具有良好透水性和持水能力,在降水过程中对林地水源涵养具有突出作用(彭耀强等,2006;魏强等,2011; Zhang *et al.*, 2013)。关于林分改造对林分生长和质量的影响,国内有较多研究,如张文娟等(2009)发现,林分改造能够有效改善低效林的结构和生长状况,提高林地生产力。郭浩等(2003)还发现,林分改造对林地土壤物理性质和凋落物产量有显著影响。但是,关于林分改造对土壤和凋落物持水效能的研究,国内外还十分少见(黄华蓉等,2012)。本文对东莞市林业科学园内2种不同改造模式尾叶桉人工林及未改造林分的土壤和凋落物持水特性进行研究,旨在探究林分改造对林地土壤和凋落物水源涵养功能的影响,为桉树林人工林的合理改造和改造效应评价提供科学参考依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

东莞市林业科学园位于东莞市大岭山森林公园内。园地地处珠江口的东北部,东莞市南部,北邻厚

街镇,南接虎门镇,地理坐标为22°50′00″N—22°53′32″N,113°42′22″E—113°48′12″E,地处南亚热带,温暖多雨,拥有优良的地理、社会、经济条件。年平均气温22.1℃;最热月(7月)平均温度28.2℃,极端最高温37.9℃;最冷月(1月)平均气温13.4℃,极端最低气温低于0℃。年均降水量1800 mm,每年4—9月为雨季,其降雨量占全年的80%,常有台风灾害。公园土壤主要为赤红壤,地带性森林植被类型为南亚热带季风常绿阔叶林。目前园内人工林以针阔叶混交林、阔叶幼林为主。

1.2 研究方法

1.2.1 林分改造模式设计 本研究中的尾叶桉人工林种植时间为1996年,种植密度2500株·hm⁻²(株行距2 m×2 m)。改造前林分的平均胸径19.9 cm,平均树高17.9 m,林下植物种类主要有鸭脚木(*Schefflera octophylla*)、毛叶冬青(*Ilex pubilimba*)、三叉苦(*Evodia lepta*)、九节(*Psychotria rubra*)、乌毛蕨(*Blechnum orientale*)、铁芒箕(*Dicranopteris linearis*)和蔓生莠竹(*Microstegium vagans*)等。改造前林分生长指标、林下植被、土壤和凋落物等均无显著差异(数据未列出)。2008年初选取其中的2片尾叶桉林进行林分改造试验。改造模式包括2种,1种为等距伐除70%原有桉树,在林下随机种植阿丁枫(*Altingia chinensis*)、人面子(*Dracontomelon duperreanum*)、枫香(*Liquidamba formosana*)、鸭脚木(*Schefflera octophylla*)、海南蒲桃(*Syzygium cumini*)、山乌柏(*Sapium discolor*)、黧蒴(*Castanopsis fissa*)、山杜英(*Elaeocarpus sylvestris*)和樟树(*Cinnamomum camphora*)等乡土阔叶树种,种植密度为1950株·hm⁻²(改造模式I);另1种改造模式为等距伐除40%原有桉树,同样在林下随机种植上述乡土阔叶树种,种植密度为1950株·hm⁻²(改造模式II),以未改造的原有尾叶桉林作为对照(CK)。种植当年进行新种树木的追肥和抚育管理,发现有缺株现象及时补植。

1.2.2 土壤采样与分析 2010年12月(林分改造3年后),分别在上述3种林分中选择微地形相同的

地段,各建立 3 个样地进行调查和采样,每个样地面积为 400 m²(20 m×20 m)。各样地内设置 3 个土壤剖面,分别位于样方对角线上。挖掘剖面,按 0 ~ 20、20 ~ 40 和 40 ~ 60 cm 分层采集环刀和小铝盒样品,每个剖面的各个层次各采 2 个环刀样品和 2 个小铝盒样品。环刀样品用于测定土壤容重、孔隙性和持水量指标,小铝盒样品用于测定土壤自然含水量(中华人民共和国国家标准局,1988)。土壤蓄水能力根据下式计算:

土壤有效蓄水量 (t · hm⁻²) = 土壤容重
(t · m⁻³)×土层厚度(m)×田间持水量
(g · kg⁻¹)×10

1.2.3 凋落物采集与吸水性能测定 各林分林地凋落物分布比较均匀,故在各样地对角线上设置面积为 1 m×1 m 的小样方 3 个,收集小样方内所有凋落物(包括半分解层和未分解层),称量凋落物鲜重,用封口袋随机取部分凋落物样品带回室内。在实验室内,测定凋落物样品的自然含水量,依据含水量和鲜重计算凋落物干重,并推算单位面积林地上凋落物现存量。另取各样方的凋落物混合样品装入尼龙网袋后分别放入水中浸泡 0.5、1、1.5、2、4、6、8、10、12、16、20、24 h 后,捞起并静置到凋落物不滴水时称重,每个样方 3 个重复。凋落物持水量、持水率和吸水速率分别按以下公式计算(薛立等,2005):

凋落物吸水速率 (g · kg⁻¹ · h⁻¹) = 凋落物持水量
(g · kg⁻¹)/吸水时间(h)

凋落物持水率 (%) = (凋落物持水量/凋落物
干重)×100

凋落物持水量 (t · hm⁻²) = [凋落物湿重
(kg · m⁻²)-凋落物烘干重(kg · m⁻²)]×10

凋落物最大持水量为浸泡 24 h 的持水量。

1.3 数据处理

用 Excel 2010 对数据进行整理和做图,用 SPSS 16.0 对数据进行方差分析(ANOVA)和 Duncan 多重比较。

2 结果与分析

2.1 林分改造对土壤容重和孔隙性的影响

林分改造显著提高了表层(0 ~ 20 cm)土壤毛管孔隙度($P<0.05$)(图 1),显著降低了表层和 20 ~ 40 cm 土壤非毛管孔隙度($P<0.05$),对土壤容重(图 1)和总孔隙度(图 1)无显著影响。两种改造模

式土壤总孔隙度、毛管孔隙度及非毛管孔隙度均无显著差异(图 1)。各林分土壤容重随土层加深而增加(图 1),表层土壤容重值均小于 1.1 g · cm⁻³,处于正常的容重值范围。各林分不同层次土壤总孔隙度均大于 50%,其中,0 ~ 20 cm 土层均在 60% 以上,下层土壤(20 ~ 40 cm 和 40 ~ 60 cm)总孔隙度显著低于表层($P<0.05$),20 ~ 40 cm 与 40 ~ 60 cm 之间无显著差异。

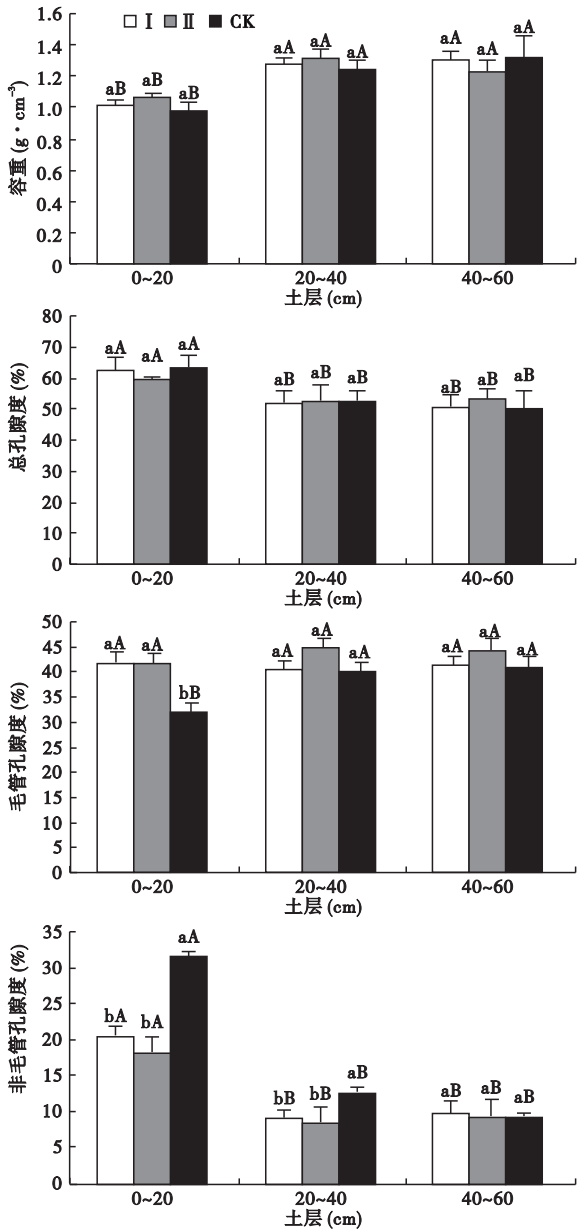


图 1 不同林分土壤容重和孔隙性
Fig.1 Bulk density and porosity of soils under different plantations
同一土层标注不同小写字母表示不同林分间差异显著 ($P<0.05$); 同一林分标注不同大写字母表示不同土层间差异显著 ($P<0.05$); I: 等距伐除 70% 原有桉树, 在林下种植乡土阔叶树种, II: 等距伐除 40% 原有桉树, 在林下种植乡土阔叶树种。下同。

2.2 林分改造对土壤蓄水能力的影响

改造后的林分表层土壤自然含水量显著高于对照($P<0.05$) (图 2), 模式 II 下层土壤自然含水量显著高于模式 I 和 CK ($P<0.05$)。模式 I 的表层土壤自然含水量显著高于下层, 而模式 II 和 CK 不同土层自然含水量无显著差异。

模式 I、II 表层土壤的田间持水量显著高于 CK ($P<0.05$), 模式 II 的下层土壤 (20 ~ 40 cm 和 40 ~ 60 cm) 田间持水量显著高于模式 I 和 CK (图 2)。

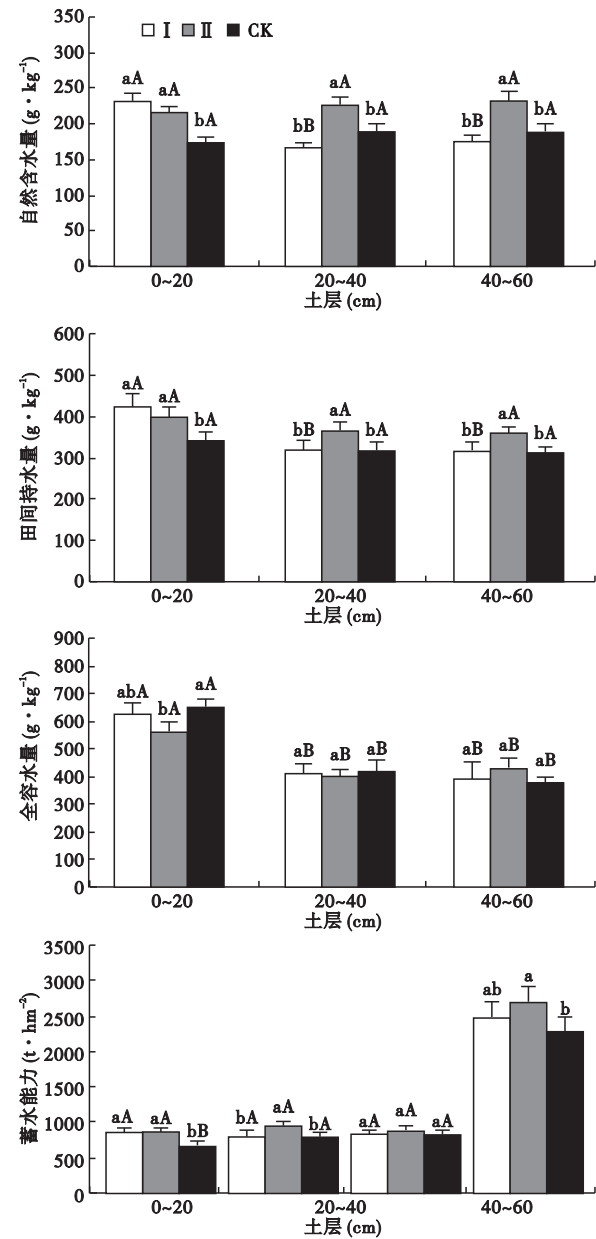


图 2 不同林分土壤的持水能力
Fig. 2 Water-holding capacity of soils under different plantations
同一土层标注不同小写字母表示不同林分间差异显著 ($P<0.05$) ; 同一林分标注不同大写字母表示不同土层间差异显著 ($P<0.05$)。

模式 I 表层土壤田间持水量显著高于下层 ($P<0.05$), 模式 II 和 CK 各层土壤田间持水量无显著差异。

不同林分表层土壤全容水量大小顺序为 CK>模式 I>模式 II, 其中, 模式 II 显著低于 CK ($P<0.05$), 模式 I 与 CK、模式 II 无显著差异 (图 2)。各林分表层土壤全容水量均显著高于下层 ($P<0.05$), 20 ~ 40 cm 和 40 ~ 60 cm 则差异不显著。

改造模式 I、II 表层土壤的蓄水能力显著高于 CK, 模式 II 20 ~ 40 cm 土壤蓄水能力显著高于模式 I 和 CK ($P<0.05$) (图 2)。3 种林分 40 ~ 60 cm 土层的蓄水能力无显著差异。0 ~ 60 cm 土层蓄水能力大小顺序为模式 II>模式 I>CK, 其中模式 II 显著高于 CK ($P<0.05$), 模式 I 和模式 II 无显著差异。

2.3 林分改造对凋落物持水特性的影响

3 种林分凋落物储量有显著差异 (表 1), 其中模式 I 凋落物储量最小, 为 $2154 kg \cdot hm^{-2}$, 对照林分最大, 达 $7259 kg \cdot hm^{-2}$, 改造模式 II 居中, 为 $4057 kg \cdot hm^{-2}$ 。即保留原有桉树越多, 凋落物储量越大。

不同林分凋落物吸水速率在各浸泡时间段均为模式 I>模式 II>CK (图 3)。3 种林分凋落物吸水初期 (0 ~ 0.5 h) 吸水速率最快, 模式 I、II 和 CK 分别为 $2022, 1938$ 和 $1888 g \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$, 在 0.5 ~ 6 h 时段各林分凋落物吸水速率随时间增加急剧下降, 后来缓慢下降, 在 20 ~ 24 h 内分别下降至 73, 64 和 $63 g \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$ 。凋落物吸水速率 W_A 与浸泡时间 t 的关系均按方程 $W_A = at^{-b}$ 变化 (表 2), 方程的 $P<0.001$ 。

在各浸泡时间段内, 凋落物持水率均为模式

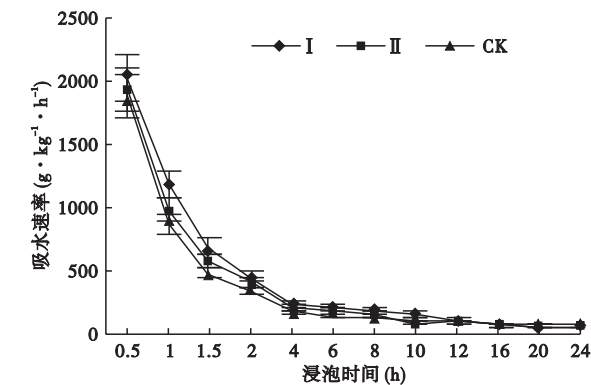


图 3 不同林分凋落物吸水速率与浸泡时间的关系
Fig. 3 Relationship between water-absorption rates of forest litters and immersion time

表 1 不同林分的凋落物储量

Table 1 Litter biomass of different plantations

林分类型	凋落物鲜重 ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	自然含水率 (%)	凋落物干重 ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)
I	2453 c	12.2	2154 c
II	4635 b	12.5	4057 b
CK	8280 a	12.2	7259 a

同列数据后标注不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

表 2 凋落物吸水速率(W_A)、持水率(W_R)、持水量(W_H)与浸泡时间(t)的回归方程

Table 2 Regression equations of water-absorption rates (W_A), water-holding rates (W_R), water-holding capacity (W_H) of forest litters and immersion time (t)

改造模式	方程	R^2	P
I	$W_A = 3028.6t^{-1.4133}$	0.9802	<0.001
II	$W_A = 2542.2t^{-1.4004}$	0.9905	<0.001
CK	$W_A = 2650.3t^{-1.4316}$	0.9847	<0.001
I	$W_R = 40.06\ln t + 152.14$	0.9854	<0.001
II	$W_R = 38.82\ln t + 129.32$	0.9718	<0.001
CK	$W_R = 28.238\ln t + 110.61$	0.9512	<0.001
I	$W_H = 0.7611\ln t + 2.8906$	0.9854	<0.001
II	$W_H = 1.3975\ln t + 4.6556$	0.9187	<0.001
CK	$W_H = 2.0331\ln t + 7.9637$	0.9812	<0.001

I>模式 II>CK(图 4)。其中,在 0~2 h 时段内各林分凋落物持水率随着浸泡时间增加迅速提高,此后增长趋势各不相同,模式 I 和模式 II 持续增加,只是增速减小,而 CK 在浸泡 2~8 h 时段增加,然后基本保持不变。浸泡 24 h 后,各凋落物持水率均达到平衡,模式 I、II 和 CK 最大持水率分别为 258%、231% 和 189%。各林分凋落物持水率 W_R 随浸泡时间 t 的变化均可用对数方程 $W_R = a + b\ln t$ 拟合,且各方程 $P<0.001$,但不同林分的 a 、 b 值有较大差异(表 2)。

随浸泡时间增加,凋落物持水量呈上升趋势,但不同林分上升速率不同(图 5)。浸泡 20 h 后,各林

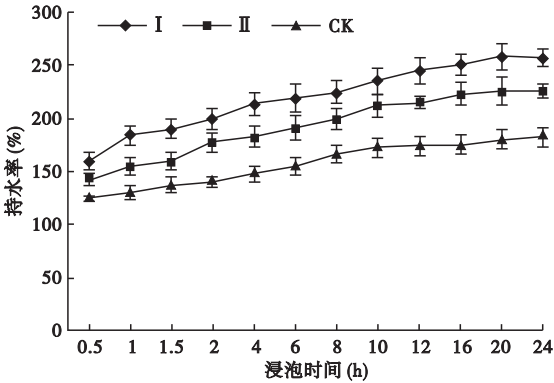


图 4 不同林分凋落物持水率与浸泡时间的关系
Fig. 4 Relationship between water-holding rates of forest litters and immersion time

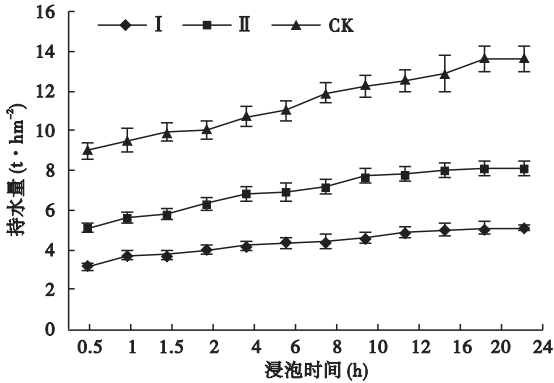


图 5 不同改造模式林分凋落物持水量与浸泡时间的关系
Fig. 5 Relationship between water-holding capacity of forest litters and immersion time

分凋落物持水量均已达到最大值。不同林分凋落物最大持水量有显著差异($P<0.05$,图中未标注),CK>改造模式 I>改造模式 II,这一顺序与凋落物储量顺序一致。不同林分凋落物持水量 W_H 和浸泡时间 t 的关系可用对数方程 $W_H = a + b\ln t$ 拟合,方程 $P<0.001$,但各林分的 a 、 b 值差异较大(表 2)。

表 3 不同林分土壤和凋落物的蓄水能力比较

Table 3 Comparison of water-holding capacity between soil and litters under different plantations

改造模式	土壤蓄水能力($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)				凋落物最大持水量		
	0~20 cm	20~40 cm	40~60 cm	0~60 cm	最大持水量 ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)	占 0~20 cm 的比例(%)	占 0~60 cm 的比例(%)
I	848.9	809.3	829.7	2487.9	5.0	0.59	0.20
II	849.2	955.5	884.5	2689.2	8.1	0.95	0.30
CK	661.1	794.4	819.4	2274.8	13.6	2.06	0.60

3 讨论

土壤孔隙是土壤水分的储存场所,孔隙数量和不同孔径孔隙组成直接影响水分下渗、土壤通气状

况和根系穿插难易程度。通常认为,土壤总孔隙在 50% 左右或稍大而其中非毛管孔隙度占 1/5~2/5 为好(罗汝英,1990)。非毛管孔隙主要是通气孔隙,在大量降雨条件下则常被土壤重力水占据,非毛

管孔隙度大小可反映土壤通气状况,同时也影响土壤蓄水能力,尤其是能够缓解和减弱径流发生(徐小牛等,2006;赵振磊等,2012)。本研究发现,与未改造的尾叶桉林(CK)相比,改造模式 I 和 II 的表层(0~20 cm)土壤毛管孔隙度显著增加,表层和 20~40 cm 层土壤非毛管孔隙度显著下降,土壤容重和总孔隙度无显著变化,表明林分改造虽然对土壤总孔隙无显著影响,但是改变了土壤孔隙的组成和比例,使土壤孔隙的有效持水空间增加。而据郭浩等(2003),辽西油松林改造 20 年后,土壤容重减少 $0.05 \sim 0.20 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,总孔隙度提高 $0.46\% \sim 6.12\%$ 。本研究中,可能是由于在林分改造后,部分桉树被伐除,林地透光度增加,地表温度相应增加,凋落物获得更多林内穿透雨,这样有利于凋落物矿质化和腐殖化(周丽等,2011),进而促进表层土壤团粒结构形成和土壤孔隙结构改变(杨增奖等,1995)。本研究发现,改造模式 I、II 的孔隙性无显著差异,可能因为改造时间尚短,不同模式对土壤的影响还没有充分体现出来。因此,有关林分改造效果及不同改造模式的差异,还需要进行更长时间的监测。

植被类型、土壤结构对土壤水源涵养能力有显著影响(赵振磊等,2012),空间层次结构发育良好的森林生态系统土壤具有较强的水源涵养能力(潘春翔等,2012)。土壤自然含水量反映采样时土壤水分状况,其大小与天气、植被和凋落物覆盖及土壤属性等有关(薛立等,2005),田间持水量则反映土壤保水能力,其大小与土壤孔隙数量和组成有密切关系。与 CK 相比,模式 I 显著提高了表层土壤自然含水量、田间持水量和有效蓄水量,模式 II 显著提高了各层土壤自然含水量、田间持水量和 0~60 cm 土壤有效蓄水量。可见林分改造 3 年后已经在一定程度上提高了林地土壤水源涵养能力。模式 I、II 林下土壤田间持水量和有效蓄水量的增加可能主要与毛管孔隙度的增加有关,因为毛管孔隙是土壤水分的主要贮存场所。不同改造模式之间的水源涵养能力差异尚不十分显著,仅有模式 II 下层土壤自然含水量和田间持水量显著高于模式 I,而 0~20 cm 土壤自然含水量、田间持水量、各层土壤全容水量及 0~60 cm 土层有效蓄水量均无显著差异。

凋落物吸水速率反映凋落物在单位时间内吸水量多少。若凋落物能在较短时间内饱吸水分,则在持续时间不长的降雨过程中能吸持较多水分,这对

于提高森林生态系统的水源涵养功能有重要意义(薛立等,2005;郭伟等,2009;魏强等,2011)。反之,若凋落物需经长时间吸水才能达到水分饱和,则在自然条件下饱吸水分的机会更少,因为许多降雨都历时不长。因此,凋落物吸水速率越大则越有利于森林的水分吸持和水源涵养。本研究中,各林分凋落物吸水速率为改造模式 I > 改造模式 II > CK,即模式 I 林分凋落物吸收降雨的速度最快,而未改造的尾叶桉林最慢。在短暂急促的自然降雨条件下,模式 I 的吸水能力将是最强的,而尾叶桉纯林最弱。以往大量研究表明,凋落物的组成对吸水速率有显著影响(薛立等,2005;魏强等,2011;曾昭霞等,2011)。本研究中,各林分凋落物吸水速率大小顺序反映,尾叶桉凋落物所占比例越少、乡土阔叶树种凋落物比例越高,林分凋落物吸水速率相应增加。因此,对尾叶桉人工林进行改造,营建树种相对丰富的林分结构可有效提高凋落物吸水速率,增大林分凋落物层的潜在保水能力。

森林凋落物水文生态功能还取决于凋落物数量(方代有,2005;魏强等,2011),因而不同凋落物储量在评价森林凋落物持水能力时具有重要意义。本研究发现,林分改造后,凋落物储量显著减少,改造模式 I、II 和 CK 凋落物储量分别为 2154、4057 和 7259 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。凋落物储量的大幅下降引起最大持水量的减小,模式 I、II 和 CK 凋落物最大持水量分别为 4.8、8.1 和 13.6 $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。林分改造导致凋落物数量显著减少的原因可能有:桉树采伐改善了林内光照和雨露条件,而光照和水分会促进凋落物分解(Singh *et al.*, 1999; Austin & Ballare, 2010; Brandt *et al.*, 2010);桉树被采伐后来自桉树的凋落物减少,而新种的乡土阔叶树由于树龄小,凋落物产量较低(林波等,2004)。不过,随着时间推移,改造后的林分凋落物产量有望超过未改造林分,如郭浩等(2003)发现,辽西油松纯林改造 20 年后,凋落物产量比未改造林分增加 $36.3\% \sim 178.5\%$ 。

凋落物持水率是凋落物吸收的水分质量占凋落物干重的百分比,该值大小反映单位质量凋落物的持水能力(王震洪等,1998;魏强等,2011;曾昭霞等,2011)。改造后林分凋落物最大持水率显著增加,模式 I、II 凋落物最大持水率分别比 CK 增加 36.5% 和 22.2%。所以,相对于尾叶桉纯林,乡土阔叶树种丰富的林分凋落物不仅吸水速率大,最大持水率也有明显提高。尽管目前单位面积尾叶桉纯

林凋落物最大持水量高于改造后的两种林分,但由于单位质量尾叶桉林凋落物涵养水源能力低于改造后林分,可以预见,随着改造后林分各乡土阔叶树种的生长和凋落物量不断增加,林分凋落物的最大持水量将不断增加,并很有可能超过尾叶桉林。因此,通过伐除一定数量原有桉树并混种乡土阔叶树种对桉树林等树种结构相对单一的林分进行改造,既能提高林分物种多样性,建立更加稳定的森林生态系统,而且有望提高林分凋落物的水源涵养功能。

比较土壤和凋落物的持水能力可以发现,3种林分土壤持水能力均远大于凋落物层(表3)。如模式I凋落物最大持水量仅为表层土壤蓄水能力的0.59%,仅为0~60 cm土壤的0.20%。在CK中,虽然凋落物储量较大,其最大持水量仍仅为表层土壤蓄水能力的2.06%和0~60 cm土壤的0.60%。但是,这并不意味着凋落物在森林生态系统水源涵养中的作用不大,因为凋落物不仅直接吸持水分,更重要的是能够阻滞和减缓地表径流,增加径流下渗进入土壤(朱金兆等,2002;卢洪健等,2011);另外,通过凋落物分解改善土壤(尤其是表土)的结构,进而提高土壤的保水能力。

参考文献

- 蔡锡安,彭少麟,赵平,等. 2005. 三种乡土树种在二种林分改造模式下的生理生态比较. 生态学杂志, **24**(3): 243–250.
- 陈世清. 2007. 确保林分改造成效的系统思考. 林业资源管理, (3): 34–36, 46.
- 方代有. 2005. 论粤西退化桉树林地的水土保持生态修复. 亚热带水土保持, **17**(3): 22–25.
- 郭浩,步兆东,田福军,等. 2003. 辽西油松纯林林分改造效益的综合评价. 北京林业大学学报, **25**(5): 6–9.
- 郭伟,文维全,黄玉梅,等. 2009. 川西亚高山针阔混交林与针叶纯林苔藓凋落物层持水性能研究. 水土保持学报, **23**(6): 240–243.
- 黄华蓉,冼丽铨,刘小金,等. 2012. 广东佛山10种改造林分的土壤持水性能初步研究. 亚热带植物科学, **41**(3): 65–68.
- 林波,刘庆,吴彦,等. 2004. 森林凋落物研究进展. 生态学杂志, **23**(1): 60–64.
- 卢洪健,刘文杰,罗亲普. 2011. 西双版纳山地橡胶林凋落物的生态水文效应. 生态学杂志, **30**(10): 2129–2136.
- 罗汝英. 1990. 土壤学. 北京:中国林业出版社.
- 潘春翔,李裕元,彭亿,等. 2012. 湖南乌云界自然保护区典型生态系统的土壤持水性能. 生态学报, **32**(2): 538–547.
- 彭耀强,薛立,曹鹤,等. 2006. 三种阔叶林凋落物的持水特性. 水土保持学报, **20**(5): 189–191.
- 王震洪,段昌群,起联春,等. 1998. 我国桉树林发展中的

- 生态问题探讨. 生态学杂志, **17**(6): 64–68.
- 魏强,凌雷,张广忠,等. 2011. 甘肃兴隆山主要森林类型凋落物累积量及持水特性. 应用生态学报, **22**(10): 2589–2598.
- 徐小牛,王勤,平田永二. 2006. 亚热带常绿阔叶林的水文生态特征. 应用生态学报, **17**(9): 1570–1574.
- 薛立,何跃君,屈明,等. 2005. 华南典型人工林凋落物的持水特性. 植物生态学报, **29**(3): 415–427.
- 杨曾奖,郑海水,周再知. 1995. 胶园间种对枯落物、腐殖质和土壤性质的影响. 林业科学研究, **9**(4): 354–358.
- 曾昭霞,刘孝利,王克林,等. 2011. 桂西北喀斯特区原生林与次生林凋落物储量及持水特性. 生态学杂志, **30**(7): 1429–1434.
- 张文娟,姚云峰,秦富仓,等. 2009. 赤峰市敖汉旗五种林分改造模式评价. 安徽农业科学, **37**(11): 5225–5228.
- 赵振磊,李传荣,许景伟,等. 2012. 黄河三角洲不同刺槐混交林的土壤持水能力. 水土保持学报, **26**(3): 222–226.
- 郑镜明. 2006. 广东省林业生态建设现状及有关问题的探讨. 中南林业调查规划, **23**(2): 56–57.
- 中华人民共和国国家标准局. 1988. 森林土壤分析方法(第七、八分册). 北京:科学出版社.
- 周丽,李彦,唐立松,等. 2011. 光降解在凋落物分解中的作用. 生态学杂志, **30**(9): 2045–2052.
- 朱金兆,刘建军,朱清科,等. 2002. 森林凋落物层水文生态功能研究. 北京林业大学学报, **24**(5): 30–34.
- Austin AT, Ballare CL. 2010. Dual role of lignin in plant litter decomposition in terrestrial ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **107**: 4618–4622.
- Brandt LA, King JY, Hobbie SE, et al. 2010. The role of photodegradation in surface litter decomposition across a grassland ecosystem precipitation gradient. *Ecosystems*, **13**: 765–781.
- Maguire DA. 1994. Branch mortality and potential litter fall from Douglas fir trees in stands of varying density. *Forest Ecology and Management*, **70**: 41–53.
- Ponder JF, Fleming RL, Berch S, et al. 2012. Effects of organic matter removal, soil compaction and vegetation control on 10th year biomass and foliar nutrition: LTSP continent-wide comparisons. *Forest Ecology and Management*, **278**: 35–54.
- Singh KP, Singh PK, Tripathi SK. 1999. Litterfall, litter decomposition and nutrient release patterns in four native tree species raised on coal mine spoil at Singrauli, India. *Biology and Fertility of Soils*, **29**: 371–378.
- Zhang B, Wang HL, Yao SH, et al. 2013. Litter quantity confers soil functional resilience through mediating soil biophysical habitat and microbial community structure on an eroded bare land restored with mono *Pinus massoniana*. *Soil Biology & Biochemistry*, **57**: 556–567.

作者简介 刘飞鹏,1976年生,男,高级工程师,研究方向为林业生态。E-mail: lfp1998@sina.com

责任编辑 张敏