

## 肇庆北岭山乡土树种生长及其生态效益\*

欧萍萍<sup>1,4</sup> 黄川腾<sup>2,4</sup> 刘春燕<sup>3</sup> 庄雪影<sup>4</sup>

(1. 肇庆市濒危野生动物救护中心, 广东肇庆 526040; 2. 海南省林业科学研究所, 海南海口 571100; 3. 肇庆市国有大南山林场, 广东肇庆 526000; 4. 华南农业大学林学与风景园林学院, 广东广州 510642)

**摘要** 对肇庆市北岭山 23 种 10 a 生乡土树种及造林地进行调查。结果表明: 红锥 (*Castanopsis hystrix*)、黧蒴 (*Castanopsis fissa*)、红荷木 (*Schima wallichii*)、西南桦 (*Betula alnoides*) 生长表现最好, 树高和冠幅生长较快, 林分形成较好的森林环境; 火力楠 (*Machilus macclurei*)、木荷 (*Schima superba*)、樟树 (*Cinnamomum camphora*)、仪花 (*Lysidice rhodostegia*)、白锥 (*Castanopsis fabri*)、蒲桃 (*Syzygium jambos*)、毛栗 (*Castanea henryi*) 生长次之; 潺槁 (*Litsea glutinosa*)、海南红豆 (*Ormosia pinnata*)、阴香 (*Cinnamomum burmanii*)、鸭脚木 (*Schefflera heptaphylla*)、水翁 (*Cleistocalyx operculatus*)、铁冬青 (*Ilex rotunda*)、扁桃 (*Mangifera perciliformis*) 和猫尾木 (*Dolichandrone cauda-felina*) 生长表现一般; 尖叶杜英 (*Elaeocarpus apiculatus*)、蕊木 (*Kopsia arborea*)、幌伞枫 (*Heteropanax fragrans*) 和秋枫 (*Bischofia javanica*) 等生长表现较差。混交造林的乔木层、灌木层、草本层的物种丰富度指数、多样性指数和均匀度指数均高于木荷林; 混交造林枯落物厚度、枯落物储量、最大持水率和最大持水量也均大于木荷林; 混交造林不同土层的全氮、全磷、全钾、有效氮、有效磷和有效钾含量均高于木荷林。乡土树种混交种植的森林生态效益明显优于单一树种的木荷林。

**关键词** 混交林; 多样性; 乡土树种; 生态效益; 肇庆北岭山

中图分类号: S727.9 文献标识码: A 文章编号: 2096-2053 (2018) 01-0087-07

## The Growth Performance and Eco-efficiency of Indigenous Tree Species in Zhaoqing Beiling Mountain

OU Pingping<sup>1,4</sup> HUANG Chuanteng<sup>2,4</sup> LIU Chunyan<sup>3</sup> ZHUANG Xueying<sup>4</sup>

(1. Zhaoqing Endangered Wildlife Rescue Center, Zhaoqing, Guangdong 526040, China; 2. Forestry Research Institute of Hainan Province, Haikou, Hainan 571100, China; 3. Stated-owed Forest Farm of Dananshan, Zhaoqing, Guangdong 526200, China; 4. College of Forestry and Landscape Architecture, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642, China)

**Abstract** The growth of 23 broad-leaved trees species in the 10-year-old plantation at Zhaoqing Beiling mountain was investigated. With their fast growth in height and crown surface, and better performance in forming forest, all investigated tree species, *Betula alnoides*, *Castanopsis hystrix*, *Castanopsis fissa*, *Schima wallichii* were considered the best. *Machilus macclurei*, *Schima superba*, *Cinnamomum camphora*, *Lysidice rhodostegia*, *Castanopsis fabri*, *Syzygium jambos* and *Castanea henryi* formed a group with medium rapid growth, *Litsea glutinosa*, *Ormosia pinnata*, *Cinnamomum burmanii*, *Schefflera heptaphylla*, *Cleistocalyx operculatus*, *Ilex rotunda*, *Mangifera perciliformis*, *Dolichandrone cauda-felina* formed another group with medium slow growth, *Elaeocarpus apiculatus*, *Kopsia arborea*, *Heteropanax fragrans*, *Bischofia javanica* with slowly growth. The richness index, diversified index, evenness index of the mixed afforested stand' tree layer, shrub layer and herb

\* 第一作者: 欧萍萍 (1982—), 女, 工程师, 主要从事野生动物救护、森林资源保护工作, E-mail:59438095@qq.com。

layer were higher than the *Schima superba* stand. The same results appeared in the data of thickness, litter standing crop, maximum water absorption rate of litter and maximum water holding capacity of litter. The soil nutrients of mixed afforested stands were also higher than single afforested ones. The forest eco-efficiency of mixed afforestation of indigenous tree species were obviously superior to those of the single *Schima superba* stand.

**Key words** mixed afforestation; diversity; indigenous tree species; eco-efficiency; Zhaoqing Beiling mountain

广东省地处华南沿海地区,其自然气候条件优越,生物资源较为丰富。然而,广东省早期绿化荒山的树种多为速生树种马尾松和湿地松等针叶树种,且多为人工纯林。由于松材线虫(*Bursaphelenchus xylophilus*)的危害,早期人工林的发展受到严重威胁。通过人工引入新树种是改造低效林的有效手段<sup>[1]</sup>,人工林改造可以增加林分植物多样性<sup>[2-3]</sup>,应用优良的乡土树种营造生态公益林,不仅可有效提高广东林分质量,也可优化低效生态林的生态功能,促进人工林的进展演替<sup>[4-5]</sup>,通过使用乡土树种造林可以提高生物多样性<sup>[6]</sup>。

肇庆市是广东省主要林区之一。当地政府非常重视森林保护和生态公益林建设,在本世纪初,肇庆市各市属国有林场就已陆续开展了生态公益林树种筛选和示范林建设工作,但目前肇庆市的乡土树种造林研究多为造林早期生长评价,研究报告乡土阔叶树种在北岭山生态示范林、高要市及北岭山林场的生长表现<sup>[7-9]</sup>。目前,乡土树种造林的长期监测研究报告较少。本文通过调查北岭山乡土树种示范林基地10 a生混交造林样地中树木的生长,比较不同样地的林下植物组成、凋落物持水性能及土壤肥力的差异,综合评价肇庆市生态公益林改造树种生长,为华南地区应用乡土树种营建高效人工混交林提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于肇庆市北岭山(23°6'40"~23°33'24"N, 112°28'30"~112°41'10"E)。肇庆市属南亚热带季风湿润型气候,雨水充沛,阳光充足,气候温和,年平均气温为21.2℃,大部分年份无霜冻,年均降雨量为1650 mm以上,集中在4—9月;年蒸发量1300 mm以上,成土母岩为砂岩和页岩,土壤为少腐殖质薄层赤红壤。试

验地坡向东南,坡度约25°,土壤以少腐殖质薄层赤红壤为主。

### 1.2 试验材料

于2003年4月,选取23种较常见且具有较高生态价值的阔叶乡土树种(除扁桃*Mangifera perciliformis*)对原有40 hm<sup>2</sup>马尾松(*Pinus massoniana*)35 a生林地进行改造(表1),株行距约2.5 m×3.0 m,种植穴的规格为50 cm×50 cm×40 cm。树种呈片状种植,形成块状混交林。造林时每穴施0.2 kg挪威牌复合肥作基肥;造林当年6月进行第1次抚育,包括清除种植穴周边的杂草与藤蔓,同时施复合肥0.15 kg/株,第2和第3年4月分别再结合施肥抚育1次,每株施复合肥0.15 kg。于2013年对上述树种的生长进行调查,以混交林旁的10 a生人工木荷林(防火林带)作为对照。

### 1.3 试验方法

每个树种随机测量30株,记录各树种的树高、胸径和冠幅。在混交林试验区具代表性地段设置4个面积为10 m×10 m样方;在样方内的4个角及中点处各设置1个5 m×5 m和1 m×1 m的小样方。在10 m×10 m样方内,测量和记录所有胸径>2 cm的树种的树高、冠幅和胸径;在5 m×5 m的小样方内,记录株高在50 cm以上,胸径<2 cm的植物种类的数量及高度;在1 m×1 m的小样方内,记录所有株高<50 cm的植物种类及盖度。人工木荷林对照样地设置同混交林。

### 1.4 数据分析

1.4.1 多样性数据统计 根据在样方中所记录的乔木层、灌木层和草本层的植物种类和数量,分别计算各种指数。计算公式如下<sup>[10]</sup>:

(1)物种丰富度指数

$$S = \text{该样方内的物种数}$$

(2)Shannon-Weiner物种多样性指数

$$H = - \sum P_i \ln P_i$$

式中： $P_i$  为种  $i$  的个体在全部个体中的比例。

(3) Pielou 物种均匀度指数

$$E = H / \ln S$$

式中： $H$  为 Shannon-Weiner 指数， $S$  为物种数。

1.4.2 枯落物持水性分析 实地收集枯落物，称量估算枯落物贮量（干质量）；采用网袋泡水法测定枯落物的最大持水率和最大持水量。枯落物持水计算公式如下<sup>[11]</sup>：

最大持水率（%）=（枯落物持水量 / 枯落物干质量）× 100

最大持水量（t/hm<sup>2</sup>）=（枯落物湿质量 - 枯落物烘干质量）× 10

1.4.3 土壤养分测定 以 5 株目标树种树干基部为圆心，在 20 cm 半径范围处，约各取 100 g 根际土

混匀，共约 500 g；在 4 个面积为 10 m × 10 m 样方的中间，取 0~20 cm 和 20~40 cm 两个土层分别取约 100 g 混匀，4 个样方，每个土层共取 400 g，带回实验室晾干后检测。全氮含量采用凯氏定氮法测定；有效氮含量采用碱解扩散法测定；全磷含量采用 NaOH 熔融，钼锑抗比色法测定；有效磷含量采用盐酸—氟化铵法测定；全钾含量采用 NaOH 熔融，火焰光度法测定；速效钾含量采用 1 mol/L NH<sub>4</sub>OAc 浸提，火焰光度法测定<sup>[12]</sup>。

1.4.4 数据分析 用 Microsoft excel 2010 对原始数据进行计算和图表制作。

## 2 结果与分析

### 2.1 10 a 生乡土树种生长表现

共调查了肇庆北岭山林场 10 a 生混交示范林中 23 种乡土树种，其生长调查结果见表 1。由表

表 1 肇庆北岭山林场 10 年生乡土树种的生长比较  
Tab. 1 The growth of 10-year-old native species in Zhaoqing Beiling mountain

序号 No.	树种 Species	学名 Name	平均胸径 Average diameter/cm	平均树高 Average height/m	平均冠幅 Average crown/m
1	西南桦	<i>Betula alnoides</i>	13.2 ± 2.2	10.1 ± 3.4	4.7 ± 1.5
2	红锥	<i>Castanopsis hystrix</i>	10.6 ± 1.6	9.4 ± 2.1	4.4 ± 0.6
3	黧蒴	<i>Castanopsis fissa</i>	10.8 ± 1.1	8.6 ± 0.7	4.7 ± 0.7
4	红荷木	<i>Schima wallichii</i>	10.0 ± 2.6	8.5 ± 0.9	3.7 ± 1.4
5	火力楠	<i>Machilus macclurei</i>	9.6 ± 2.1	8.3 ± 3.0	3.0 ± 0.7
6	木荷	<i>Schima superba</i>	9.6 ± 1.8	7.6 ± 1.3	3.2 ± 1.1
7	樟树	<i>Cinnamomum camphora</i>	9.3 ± 3.4	6.7 ± 1.5	3.6 ± 1.0
8	仪花	<i>Lysidice rhodostegia</i>	8.8 ± 1.6	7.3 ± 0.5	3.6 ± 0.8
9	白锥	<i>Castanopsis fabri</i>	8.6 ± 0.7	15.7 ± 4.8	3.9 ± 0.7
10	蒲桃	<i>Syzygium jambos</i>	8.9 ± 2.0	6.7 ± 1.7	4.5 ± 1.2
11	毛栗	<i>Castanea henryi</i>	8.2 ± 1.4	6.8 ± 1.2	4.1 ± 0.8
12	潺槁	<i>Litsea glutinosa</i>	7.1 ± 1.3	4.1 ± 1.1	2.4 ± 0.7
13	海南红豆	<i>Ormosia pinnata</i>	7.8 ± 2.3	6.9 ± 2.0	3.3 ± 1.0
14	阴香	<i>Cinnamomum burmanii</i>	7.3 ± 1.6	5.5 ± 1.9	3.9 ± 0.6
15	鸭脚木	<i>Schefflera heptaphylla</i>	6.7 ± 2.1	4.5 ± 0.7	3.4 ± 0.7
16	水翁	<i>Cleistocalyx operculatus</i>	5.5 ± 0.8	6.0 ± 1.3	2.9 ± 0.3
17	铁冬青	<i>Ilex rotunda</i>	5.7 ± 1.2	3.5 ± 1.3	2.0 ± 0.4
18	扁桃	<i>Mangifera perculiformis</i>	5.6 ± 1.4	4.7 ± 1.0	2.6 ± 0.6
19	猫尾木	<i>Dolichandrone cauda-felina</i>	5.0 ± 1.3	3.7 ± 0.7	1.7 ± 0.2
20	尖叶杜英	<i>Elaeocarpus apiculatus</i>	4.6 ± 0.5	3.7 ± 1.1	2.7 ± 0.5
21	蕊木	<i>Kopsia arborea</i>	4.3 ± 1.2	3.4 ± 0.3	2.5 ± 1.2
22	幌伞枫	<i>Heteropanax fragrans</i>	3.9 ± 0.6	2.7 ± 0.6	1.3 ± 0.3
23	秋枫	<i>Bischofia javanica</i>	3.1 ± 0.5	2.2 ± 0.8	1.3 ± 0.5

注：表中数据为平均值 ± 标准差。

Note: The data in the table is average ± standard deviation.

可见,其平均胸径最大为西南桦,其平均胸径达13.2 cm, 黧蒴、红锥和红荷木次之, 幌伞枫和秋枫的平均胸径较小 (< 4.0 cm)。树高生长较快的树种为白锥,其平均树高达15.7 m, 西南桦和红锥次之, 幌伞枫和秋枫的平均树高较小 (< 3.0 m); 平均冠幅生长最大的是黧蒴,其平均冠幅为4.7 m, 其次是西南桦、蒲桃、红锥和毛栗, 猫尾木、幌伞枫和秋枫的冠幅生长最差 (< 2.0 m)。

## 2.2 10 a 生乡土树种混交林的林下植物多样性

在10 a 生多树种混交林样方中,共记录了23种胸径大于2 cm 的树种,11种为栽培树种,12种为自然侵入树种(表2)。其中,9种为小乔木种类;其果实类型多为浆果或蒴果,除2种为风播树种外,其余均为鸟播树种(表2)。

在灌木层样方中,共记录了29种林下植物,隶属于20科26属。其中,小乔木树种8种,灌

表2 肇庆北岭山林场10年生混交群落入侵树种及其特性

Tab. 2 The characteristics of invasive tree species in the tree layer of 10-year-old mixed forest in Zhaoqing Beiling mountain

树种 Species	学名 Name	习性 Habits	果实类型 Fruit type	传播媒介 Communication media
黄牛木	<i>Cratoxylum cochinchinensis</i>	小乔木	蒴果	风播
三叉苦	<i>Evodia lepta</i>	灌木	蓇葖果	鸟播
九节	<i>Psychotria asiatica</i>	灌木	浆果	鸟播
白楸	<i>Mallotus paniculatus</i>	小乔木	蒴果	鸟播
豺皮樟	<i>Litsea rotundifolia</i> var. <i>oblongifolia</i>	灌木	浆果	鸟播
漆树	<i>Rhus chinensis</i>	小乔木	蓇葖果	鸟播
绒楠	<i>Machilus velutina</i>	小乔木	浆果	鸟播
山苍子	<i>Litsea cubeba</i>	小乔木	浆果	鸟播
山乌柏	<i>Sapium discolor</i>	小乔木	蒴果	鸟播
鼠刺	<i>Itea chinensis</i>	小乔木	蒴果	风播
土蜜树	<i>Bridelia tomentosa</i>	小乔木	浆果	鸟播
中华楠	<i>Machilus chinensis</i>	小乔木	浆果	鸟播

表3 10年生混交林灌木层常见植物种类及特点

Tab. 3 The characteristics of invasive tree species in the shrub layer of 10-year-old mixed forest in Zhaoqing Beiling mountain

树种 Species	学名 Name	习性 Habits	果实类型 Fruit type	传播媒介 Communication media
九节	<i>Psychotria asiatica</i>	灌木	浆果	鸟播
粗叶榕	<i>Ficus hirta</i>	灌木	隐花果	鸟播
毛果算盘子	<i>Glochidion eriocarpum</i>	灌木	蒴果	鸟播
三叉苦	<i>Evodia lepta</i>	灌木	蓇葖果	鸟播
桃金娘	<i>Rhodomyrtus tomentosa</i>	灌木	浆果	鸟播
豺皮樟	<i>Litsea rotundifolia</i> var. <i>oblongifolia</i>	灌木	浆果	鸟播
梔子	<i>Gardenia jasminoides</i>	灌木	浆果	鸟播
黄牛木	<i>Cratoxylum cochinchinense</i>	小乔木	蒴果	风播
山苍子	<i>Litsea cubeba</i>	小乔木	浆果	风播
鸭脚木	<i>Schefflera heptaphylla</i>	小乔木	浆果	鸟播
玉叶金花	<i>Mussaenda pubescens</i>	攀援灌木	浆果	鸟播
鼠刺	<i>Itea chinensis</i>	小乔木	蒴果	风播
鬼灯笼	<i>Clerodendrum fortunatum</i>	灌木	蒴果	鸟播
银柴	<i>Aporosa dioica</i>	小乔木	蒴果	鸟播

木树种 19 种，藤本植物 2 种，常见的林下植物见表 3。这些植物多为小乔木或灌木种类，其果实类型以浆果类和蒴果类为主，多为鸟播树种，为鸟类等定居提供了潜在的食物来源。

在草本层样方中记录了 16 种，隶属于 15 科 16 属。包括 5 种灌木、3 种藤本植物、6 种蕨类植物等（表 4）。三叉苦、九节和鸭脚木在乔木层、灌木层和草本层均有分布，它们均为鸟播树种，这些植物适应性强，在人工林群落中能自然更新。

与邻近的木荷纯林相比，无论是乔木层或灌木层，混交林的物种丰富度和多样性均较高；由于木荷纯林的乔木层物种单一，其灌木层物种较少，均匀度稍高，而草本层的物种均匀度明显低于混交林，见图 1。

### 2.3 10 年生混交林与木荷林枯落物持水性及土壤肥力比较

2.3.1 枯落物持水性 试验结果显示，10 a 生混交林群落的枯落物储量、自然持水率和最大持水

表 4 肇庆北岭山林场 10 年生混交林草本层常见植物种类及特点

Tab. 4 The characteristics of invasive tree species in the herb layer of 10-year-old mixed forest in Zhaoqing Beiling mountain

树种 Species	学名 Name	习性 Habits	繁殖体 / 果实类型 Fruit type	传播媒介 Com- munication media
异叶鳞始蕨	<i>Lindsaea heterophylla</i>	蕨类	孢子	风播
半边旗	<i>Pteris semipinnata</i>	蕨类	孢子	风播
三叉苦	<i>Evodia lepta</i>	灌木	蓇葖果	鸟播
鸭脚木	<i>Schefflera heptaphylla</i>	小乔木	浆果	鸟播
九节	<i>Psychotria asiatica</i>	灌木	浆果	鸟播
铁线蕨	<i>Adiantum capillus-veneris</i>	蕨类	孢子	风播
淡竹叶	<i>Lophatherum gracile</i>	禾草类	颖果	风播

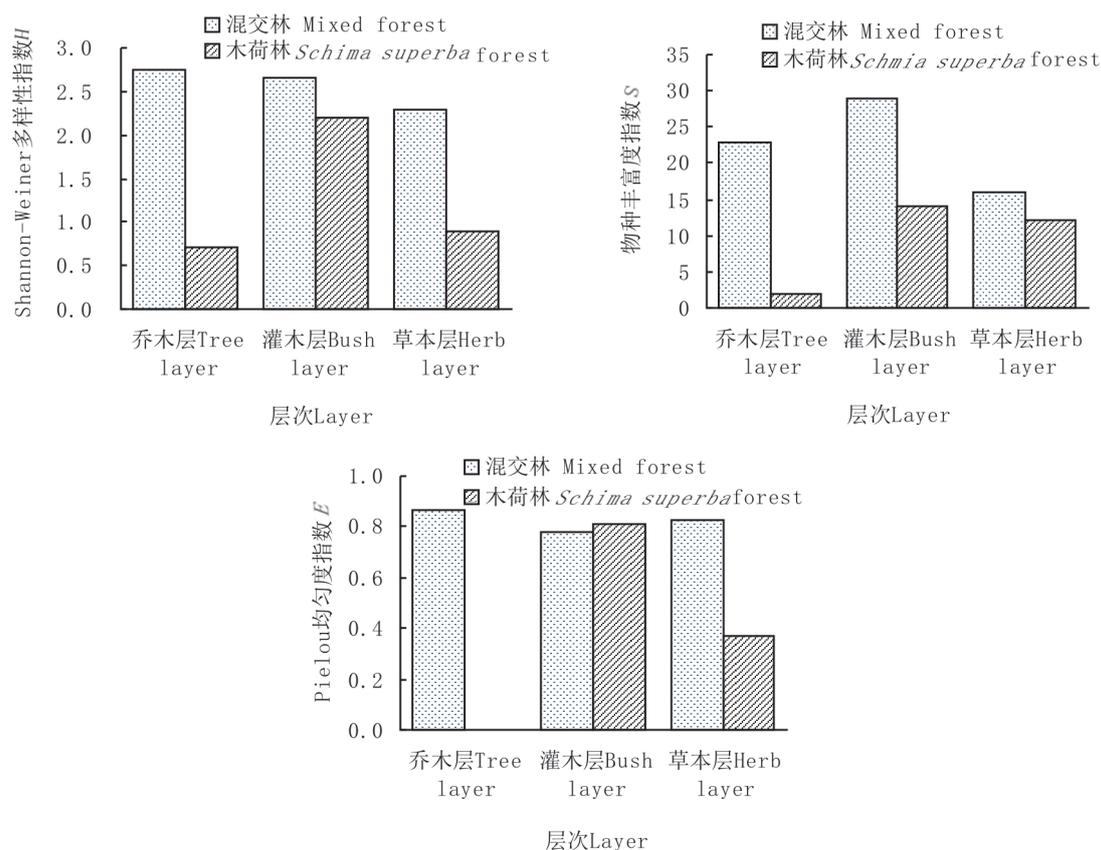


图 1 北岭山人工混交林与木荷纯林多样性比较

Fig.1 Diversity of mixed plantation and *Schima superba* forest in Zhaoqing Beiling mountain

表5 10年生混交林与木荷纯林枯落物储量、持水率和持水量比较

Tab. 5 Comparisons of litter standing crop, water holding capacity of litter and water absorption rate of litter of 10-year-old mixed forest and *Schima superba* forest

类型 Types	平均厚度 Average thickness/cm	枯落物储量 Litter standing crop/ (t · hm <sup>-2</sup> )	最大持水率 Maximum water absorption rate of litter/%	最大持水量 Maximum Water holding capacity of litter/ (t · hm <sup>-2</sup> )
混交林 Mixed forest	2.50	7.22	299.06	21.61
木荷林 <i>Schima superba</i> forest	2.06	7.05	292.64	20.63

表6 10年生混交林与木荷纯林土壤肥力的比较

Tab. 6 Comparisons of soil fertility of 10-year-old mixed forest and *Schima superba* forest

类型 Types	土层 Soil layer/cm	全氮 Total N/ (g · kg <sup>-1</sup> )	全磷 Total P/ (g · kg <sup>-1</sup> )	全钾 Total K/ (g · kg <sup>-1</sup> )	有效氮 Available N/ (mg · kg <sup>-1</sup> )	有效磷 Available P/ (mg · kg <sup>-1</sup> )	有效钾 Available K/ (mg · kg <sup>-1</sup> )
混交林 Mixed forest	根际土	1.82	0.19	9.13	193.16	4.65	34.12
	0~20	1.03	0.17	12.63	92.31	1.23	24.84
	20~40	0.59	0.17	13.57	58.12	0.28	15.09
木荷林 <i>Schima superba</i> forest	根际土	1.49	0.22	7.84	140.17	3.70	30.34
	0~20	0.78	0.20	9.25	82.05	0.85	19.18
	20~40	0.56	0.24	11.41	53.85	1.23	12.12

量均高于木荷纯林(表5)。

2.3.2 土壤全量养分的比较 从土壤全量养分结果来看,混交林群落的根际土的全氮、有效氮、有效磷和速效钾含量较高。随着土层深度的增加,土壤全氮、有效氮、有效磷和有效钾均呈现下降趋势(表6)。而单一树种木荷纯林群落土壤根际土的全氮、有效氮、有效磷和速效钾含量也较高。随着土层深度的增加,土壤全氮、有效氮、有效磷含量呈下降趋势,全磷含量的变化不明显。总体来看,多树种混交林的土壤有效成分高于单一树种木荷纯林。

### 3 结论与讨论

从乡土树种混交林的生长表现来看,红锥、鬃桫、红荷木和西南桦等树种10 a生平均胸径生长达10.0~13.2 cm,平均树高(8.5~10.0 m)和平均冠幅(3.7~4.7 m)生长均明显较其他树种生长快,生长表现最好;火力楠、木荷、樟树、仪花、白锥、蒲桃和毛栗等树种生长次之;潺槁、海南红豆、阴香、鸭脚木、水翁、铁冬青、扁桃和猫

尾木等的胸径为5.0~7.1 cm,树高3.5~6.9 m,冠幅2.0~3.3 m,树高的生长差异较大,冠幅生长较慢;尖叶杜英、蕊木、幌伞枫和秋枫等树种生长表现较差。

群落的多样性结果显示,除了单一树种木荷林群落的灌木层均匀度指数外,多树种混交林的乔木层和草本层的丰富度指数、多样性指数、均匀度指数,及灌木层的丰富度指数和多样性指数均高于木荷林群落。10 a混交林的群落的枯落物储量、土壤持水性和土壤养分含量均高于木荷林群落。

本研究结果表明,红锥、鬃桫、红荷木和西南桦生长最快,红锥<sup>[13]</sup>、鬃桫<sup>[14]</sup>均为广东乡土树种,而红荷木和西南桦为原产于我国西南地区的树种,但在肇庆市生长表现良好,这些树种均能迅速使林分形成良好的森林环境。幌伞枫、秋枫等树种均自然分布广东省各地,但在北岭山则表现出了不适应,可能与生长环境的微地形、微气候和土壤等相关因子有关。

利用乡土树种营造的人工混交林在生境结构

上更接近于天然林,使得整个群落的动植物具有较高的多样性<sup>[15]</sup>。本研究利用本地乡土树种造林,无论是乔木层、灌木层,还是草本层,其群落的多样性指数均高于邻近的木荷林。这可能与木荷林树种单一,林冠结构过于均匀,导致林下光照不足有关。林冠的开放程度是影响林下植被丰富度和生物多样性的重要因子<sup>[16]</sup>。实地调查发现,在样方中可见一些自然枯死的黄牛木、三叉苦、籐欐和红荷木等成熟植株,反映了林冠层的郁闭不利于喜光性树种的生长,即随着群落的发展演替,一些早期入侵的先锋树种可能会被淘汰。

林下植被的存在,增加了土层中主要营养元素及有机质含量,促进了林地养分的有效化,林下植被还对林地土壤有改良作用<sup>[17]</sup>。有研究表明,林下植被发育,可显著改善杉木林地土壤质量,对杉木林的恢复起到重要作用<sup>[18]</sup>。本研究表明,混交林的土壤养分明显高于木荷林,丰富的林下植被可能是改善混交林土样养分的重要因素之一<sup>[19]</sup>。本研究混交林枯落物厚度和枯落物储量均高于木荷林,这可能与红锥、鬃蕨、红荷木、西南桦等快速生长的树种具有丰富的枯枝落叶有关,也可能与混交林具有良好树冠及丰富林下植被产生较多枯落物有关。但是本项目样本量少,仅仅是一个初步结果,还未能较充分的揭示混交林的生态较木荷林纯林好。另外,适当引入鸟播的树种,有利加快人工林的自然演替速度和提高人工林的生态效益<sup>[20]</sup>,本研究的乡土树种和混交林下自然生长的树种,多为鸟播树种,这些树种及其形成的林分都可为鸟类提供食物和栖息地,而鸟类传播的种子,会加快该区域的退化山地自然生态修复,促进当地森林生态的自然演替。

### 参考文献

- [1] 连辉明, 殷祚云, 曾令海, 等. 广东古兜山次生林引入更新树种选择研究[J]. 广东林业科技, 2014, 36(6): 1-8.
- [2] 洗杆标, 洗伟光, 殷祚云, 等. 云勇杉木林采伐迹地阔叶树改造后的植物多样性[J]. 广东林业科技, 2014, 30(6): 52-56.
- [3] 叶永昌, 张浩, 陈葵仙, 等. 香港人工林改造对林下植物自然更新和物种多样性的早期影响[J]. 林业与环境科学, 2016, 32(6): 1-9.
- [4] 王华南, 林新, 陈建新. 广东省生态公益林优良乡土树种选择[J]. 广东林业科技, 2002, 18(3): 37-41.
- [5] 薛春泉, 林俊钦, 苏树权. 广东省实施林分改造工程建设思考[J]. 中南林业调查规划, 2007, 26(2): 23-26.
- [6] CARNUS J M, PARROTTA J, BROCKERHOFF E, et al. Planted forests and biodiversity[J]. J For, 2006, 104(2): 65-77.
- [7] 黄艺平, 张坤洪, 邹达昆. 优良生态阔叶树种研究初报[J]. 广东林业科技, 2002, 18(4): 32-35.
- [8] 詹庆红, 赖建明, 陈志荣, 等. 粤西地区23个阔叶树种早期生长比较[J]. 湖南林业科技, 2009, 36(5): 5-8.
- [9] 陈建新, 张尧锦, 殷祚云, 等. 西江中下游优良阔叶树种试验补报[J]. 广东林业科技, 2007, 23(3): 7-12.
- [10] 钟小山, 徐瑞晶, 黄川腾, 等. 广东潮州凤凰山次生林物种多样性及群落优势种的研究[J]. 广东林业科技, 2011, 27(4): 19-25.
- [11] 曹鹤, 薛立, 梁丽丽, 等. 3种生态公益林凋落物的持水特性[J]. 土壤通报, 2009, 40(1): 35-37.
- [12] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978.
- [13] 杨育旺, 庄雪影, 吴永彬, 等. 惠州市生态公益林乡土树种筛选试验[J]. 福建林业科技, 2010, 37(4): 73-78.
- [14] 康敏明, 杨海燕, 陈红跃, 等. 34种阔叶树种早期生长比较[J]. 广东林业科技, 2006, 22(4): 83-87.
- [15] STEPHENS S S, WAGNER M R. Forest plantations and biodiversity: a fresh perspective[J]. J For, 2007, 105(6): 307-313.
- [16] Hartley M J. Rationale and methods for conserving biodiversity in plantation forests[J]. For Ecol Manag, 2002, 155(1-3): 81-95.
- [17] 褚建民, 卢琦, 崔向慧, 等. 人工林林下植被多样性研究进展[J]. 世界林业研究, 2007, 20(3): 9-13.
- [18] 杨承栋, 陈仲庐. 发育林下植被是恢复杉木人工林地力的重要途径[J]. 林业科学, 1995, 31(3): 276-283.
- [19] 陈印平, 赵丽华, 吴越华, 等. 森林凋落物与土壤质量的互作效应研究[J]. 世界科技研究与发展, 2005, 27(4): 88-93; 151.
- [20] 庄雪影, 邱美玲. 香港三种人工林下植物多样性的调查[J]. 热带亚热带植物学报, 1998, 6(3): 196-202.