

育苗基质对乐昌含笑林分早期生长的影响^{*}

张 怡¹ 王润辉²

(1. 韶关市国有河口林场, 广东 韶关 512532;

2. 广东省森林培育与保护利用重点实验室/广东省林业科学研究院, 广东 广州 510520)

摘要 为筛选乐昌含笑 *Michelia chapensis* 苗木的培育基质, 并为今后培育优质造林苗木提供技术支持, 在乐昌含笑幼林中设立试验样方, 对 2 种基质幼林 (林龄分别为 1 个月、9 个月和 19 个月) 进行 3 次生长数据收集及分析工作, 对比黄泥基质与轻基质培育苗木造林后幼林的生长差异, 以及轻基质培育同一种源个体不同生长期的变化。方差分析结果表明, 对于树高和地径而言, 育苗基质效应均达到极显著差异水平 ($P < 0.001$), 而种源效应不显著, 说明幼林生长的变异大部分源于育苗基质的不同。不同基质苗木幼林生长差异的 T 检验分析结果显示, 在 1 月龄 (t1)、9 月龄 (t2) 和 19 月龄 (t3) 内, 除 t1 生长期的树高性状, 轻基质苗木幼林的树高和地径均显著大于黄泥基质苗木幼林 ($P < 0.05$)。连续观测的 3 个轻基质苗木造林样方的树高和地径生长量变化趋势相似, 呈现出良好的生长态势。分析结果证明, 相对传统的黄泥基质苗木, 乐昌含笑轻基质培育苗木优势显著, 可以在林业生产上大量推广应用。

关键词 乐昌含笑; 轻基质; 早期生长

中图分类号: S722 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053 (2024) 06-0040-06

DOI: 10.20221/j.cnki.2096-2053.202406006

Effects of Nursery Substrate on the Early Growth of *Michelia chapensis* Plantations

ZHANG Yi¹ WANG Runhui²

(1. State-owned Hekou Forest Farm of Shaoguan, Shaoguan, Guangdong 512532, China;

2. Guangdong Provincial Key Laboratory of Silviculture, Protection and Utilization/Guangdong Academy of Forestry,
Guangzhou, Guangdong 510520, China)

Abstract Experimental plots were established within the *Michelia chapensis* young forest to screen the nursery substrate of *M. chapensis* seedlings and provide technical support for the future cultivation of high-quality afforestation seedlings. Growth data were collected and analyzed three times for two substrates of young forest, categorized by forest age (1 month, 9 months, and 19 months, respectively), to compare the growth differences between those cultivated in yellow mud substrate and nursery substrate after afforestation, as well as the variations among individuals of the same provenance during different growth stages. The results of variance analysis showed that, for the two growth traits of tree height and ground diameter, the effect of seedling substrate reached an extremely significant difference level ($P < 0.001$). In contrast, the provenance effect was not signif-

^{*} 基金项目: 广东省林业科技创新项目 (2022KJCX010)。

第一作者: 张怡 (1982—), 女, 工程师, 主要从事森林资源培育与林业新技术推广应用, E-mail: 645256914@qq.com。

通信作者: 王润辉 (1974—), 男, 高级工程师 (教授级), 主要从事林木遗传育种与森林培育技术研究, E-mail: wrunh@163.com。

ificant, which indicated that most of the variation of young forest growth was due to the difference in the seedling substrate. The results of the T-test analysis of the growth differences of young seedlings with different substrates showed that within 1 month (t_1), 9 months (t_2), and 19 months (t_3), except for the tree height traits at the t_1 growth stage, the tree height and ground diameter of young seedlings with nursery substrate were significantly higher than those of young seedlings with yellow mud substrate ($P < 0.05$). The variation trend of tree height and ground diameter growth of three nursery substrate seedling afforestation pots was consistent, demonstrating a favorable growth trend. The analysis results confirm that compared with the traditional yellow mud substrate seedlings, the nursery substrate cultivation seedlings of *M. chapensis* have significant advantages and can be widely promoted and applied in forestry production.

Key words *Michelia chapensis*; nursery substrate; early growth

乐昌含笑 *Michelia chapensis*, 又名南方白兰花、景烈白兰、景烈含笑, 是木兰科含笑属常绿大型乔木树种^[1]。乐昌含笑主要分布在我国的广东、贵州、湖南、广西、江西等省区, 是英国植物学家于上世纪 20 年代在广东省韶关市乐昌两江镇上茶坪村附近发现, 并以发现地乐昌命名, 这也是少数以地方名称命名的植物。乐昌含笑树形高大, 树冠呈宝塔形、树叶鲜绿、花形优美, 种子成熟时呈鲜红色, 似粒粒红豆悬垂树上, 具有良好的园林绿化效果^[2], 另一方面, 乐昌含笑的木材纹理通直、结构细致, 可作为家具、建筑及胶合板用材, 是良好的用材树种, 具有较高的生态和经济价值^[3-4]。

为充分利用广东省粤北地区优质、丰富的阔叶树资源, 提升林分生态效益, 韶关市国有河口林场通过多种渠道引入乐昌含笑种质资源, 积极开展乐昌含笑示范造林工作。引入的乐昌含笑造林苗木的培育基质为轻基质和黄泥, 本文分析 2 种基质培育的苗木造林生长差异, 以期为园林绿化和林业生产提供备选树种和良种壮苗培育技术, 同时也为“绿美广东大行动”和“美丽乡村建设”等提供优良乡土树种及良种苗木培育技术储备^[5]。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设定在韶关市国有河口林场二工区 (24°42'50"N, 114°05'36"E) 和三工区 (24°45'10"N, 114°05'51"E), 位于广东省始兴县司前镇清化河畔, 属于亚热带季风性气候区, 降雨量较为充沛、光照充足, 年平均温度 19.6 °C, 年平均降水量 1 600~2 000 mm, 平均年日照时数为 1 444.9 h。试验地区域内地形以低山丘陵为主, 土壤主要为

山地赤红壤, 母岩为花岗岩, 土层厚度中等。

1.2 参试材料与造林方法

参试苗木来源于广东省林业科学研究院培育的乐昌含笑优良种源: 江头 (JT)、帽子峰 (MZF)、南雄种源, 培育基质为黄泥和轻基质, 造林时间为 2022 年 3 月, 造林面积共计 46.7 hm²。造林地采用带状清理方式, 带宽 1.5 m, 主要清理种植区内的灌木、杂草及其他杂物, 清理的杂草块状堆沤, 在山顶保留一定的原生植被保护带或生物防火林带。采用明穴整地, 植穴规格为 50 cm×50 cm×40 cm, 人工更新的造林密度为 1 335 株·hm⁻², 即株行距为 2.5 m×3.0 m。开挖明穴的表土堆至穴的上坡方, 心土堆至穴的两侧, 造林地的整地在造林前至少 1 个月完成, 让穴土有一段风化、熟化时间, 有利于清除土壤中的病虫害和提高土壤肥力。植穴原则上按照水平布设, 上、下两行植穴呈环山水平分布, 部分地段根据实际 (如避开原有树木、石头等) 局部位移。

1.3 试验设计

第一种林分类型共计 4 种组合, 分别为江头种源黄泥基质苗木林分、江头种源轻基质苗木林分、帽子峰种源黄泥基质苗木林分、帽子峰种源轻基质苗木林分。各组合采取块状不规则式随机布设。第二种林分类型为南雄种源轻基质培育苗木林分。

1.4 数据收集

第一种林分类型随机在 4 种林分中各设置 1 个标准样方; 第二种林分类型随机设置 3 个标准样方, 样方规格为 20 m×20 m。样方内林木调查顺序为从下往上、从左往右, 收集树高、地径两个生长指标。调查时间分别在 2022 年 4 月 (t_1)、2022 年 12 月 (t_2) 和 2023 年 10 月 (t_3), 即分别

在造林后 1 个月、9 个月和 19 个月，连续收集 3 次生长数据，第一种类型数据比较分析不同育苗基质培育林分生长情况，第二种类型数据分析轻基质育苗林分个体的生长情况。

1.5 统计分析方法

使用 R 语言开展统计分析，在 R 4.3.1 和 R Studio 2023.12.1 环境下开展数据统计及可视化作图^[6]。具体使用 stats 包中的 aov() 函数开展方差分析，以育苗基质、种源和生长时间三因素作多因子方差分析，确定试验因子及其互作效应的显著性^[7]。使用 ggplot 包^[8-9] 中的 geom_boxplot() 和 geom_jitter() 两个几何对象作数据分布箱线图和数据抖动点图分析，使用 ggpubr 包中的 geom_pwc() 几何对象比较组间差别，比较方法为 t-test，开展不同育苗基质苗木生长性状的分布差异比较；并使用 geom_line() 几何对象作不同生长期的生长性状线图，比较不同种源、不同育苗基质苗木的生长差异程度，并同时使用 geom_line() 和 geom_volin() 两

个几何对象作不同样地内个体生长量对比分析。

2 结果与分析

2.1 差异显著性分析

对第一种类型参试材料开展多因素方差分析，比较不同育苗基质、不同种源、不同生长期 3 因素的主效应及互作效应之间的差异显著性。从方差分析的主效应看（表 1），育苗基质、生长期的主效应达到极显著水平（ $P<0.01$ ），而种源效应并没有达到显著水平。当前分析数据显示，影响幼林生长差异的因子主要为育苗基质和生长期，种源引起幼林生长差异程度相对不大。从不同因子间的互作效应看，育苗基质与种源、育苗基质与生长期、育苗基质和种源和生长期等之间的互作效应差异达到显著水平（ $P<0.05$ ），而种源和生长期差异未达到显著差异水平，说明不同生长期的种源间差异不显著，即 3 个测定期种源的树高、地径的生长量排名较为一致，差异不大。

表 1 乐昌含笑不同育苗基质培育幼林生长多因素方差分析
Table 1 Multi-factor variance analysis of growth of young forest cultivated by different seedling substrates of *Michelia chapensis*

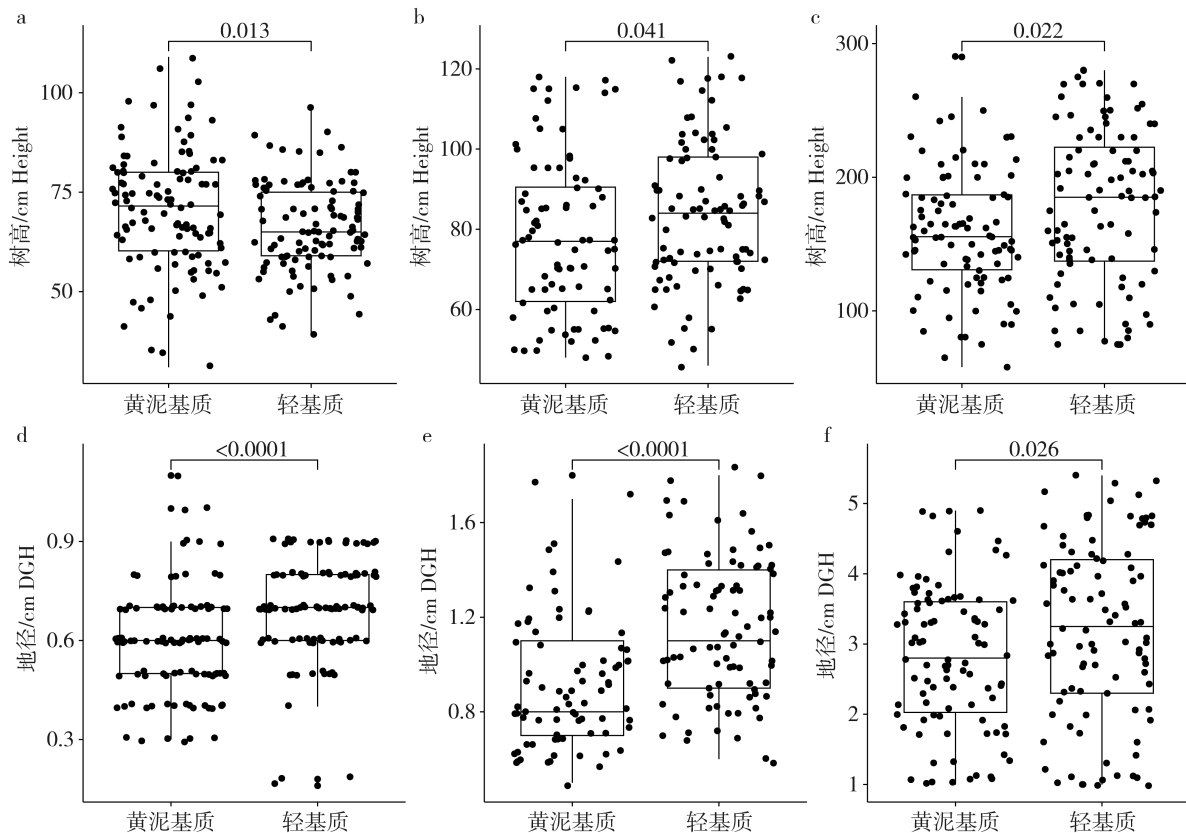
变异来源 Variation source	自由度 Degrees of freedom	树高 Tree height		地径 Ground diameter	
		F 值	P 值	F 值	P 值
		F value	P value	F value	P value
育苗基质	1	10.418	<0.001**	20.118	<0.001**
种源	1	1.575	0.210	0.715	0.398
生长期	2	259.654	<0.001**	403.009	<0.001**
育苗基质×种源	1	5.643	0.018*	4.228	0.040*
育苗基质×生长期	2	7.257	0.001**	3.995	0.019*
种源×生长期	2	0.024	0.977	0.165	0.848
育苗基质×种源×生长期	2	5.929	0.003**	4.006	0.019*

注：* 0.05 水平差异显著，** 0.01 水平差异显著。
Note: * indicates a significant difference at the 0.05 level, and ** indicates a significant difference at the 0.01 level.

2.2 不同生长期生长差异分析

基于第一类林分，不同育苗基质苗木的幼林树高和地径的生长量对比分析见图 1。图 1 中包含不同性状、不同生长期的对比分析，使用箱线图、抖动图及 T-test 比较显著性等。其中图 1a-c 为树高生长量在 t1、t2、t3 生长期的对比分析。由箱线图可知，t1 生长期黄泥基质幼林树高均值比轻基质幼林大，两者差异 T-test 显示为显著水平（ $P=0.013$ ）；而在 t2、t3 生长期中，轻基质幼林树高均值大于黄泥基质幼林，且差异达到显著水平（ P 值分别为 0.041 和 0.022），这说明轻基质幼林树高随着生长期增加，生长量比黄泥基质幼林大。

图 1d-f 为不同生长期地径性状比较结果，呈现与树高性状相似结果，不同之处在于 t1 生长期，轻基质幼林地径要大于黄泥基质，3 个生长期中，轻基质幼林的地径生长量均大于黄泥基质幼林，并且差异均达到显著或极显著水平（分别为 $P<0.0001$ ， $P<0.0001$ ， $P<0.0260$ ）。上述分析表明，不同育苗基质培育苗木营建的林分，幼林时期的树高和地径生长量都存在较大的差异，达到显著或极显著水平。此分析结果显示相对于传统的黄泥基质培育苗木营建幼林，轻基质苗木培育幼林有较大的生长优势，轻基质育苗可在林业生长中推广应用。



注：图 1a-c 为 t1、t2、t3 树高生长期，图 1d-f 为 t1、t2、t3 地径生长期；t1 为 1 月龄，t2 为 9 月龄，t3 为 19 月龄。

Note: Figure 1 a-c is the tree height growth period of t1, t2 and t3, Figure 1 d-f is the ground diameter growth period of t1, t2 and t3; t1 is 1 month old, t2 is 9 months old, t3 is 19 months old.

图 1 乐昌含笑幼林不同生长期树高和地径生长量比较

Fig. 1 Comparison of tree height and ground diameter increment of *Michelia chapensis* young forest in different growth stage

2.3 不同种源生长差异分析

进一步分析第一类林分不同种源（江头、帽子峰）、不同育苗基质（黄泥、轻基质）在不同生长期的生长，根据不同生长期间的树高和地径生长量均值作连线图，并计算相应的标准误差。从图 2 可知，虚线几乎都处于实线上方（除 MZF 种源的 t1 生长期），说明轻基质苗木林分的树高和地径生长量均大于黄泥基质苗木林分。但是两者的差异在不同种源间有所不同，如 JT 种源在 t2 生长期，轻基质苗木明显大于黄泥基质苗木，到 t3 生长期轻基质苗木与黄泥基质苗木差异不大；而 MZF 种源则相反，在 t2 生长期轻基质苗木与黄泥基质苗木差异不大，到 t3 生长期轻基质苗木明显大于黄泥基质苗木。结合 2.2 方差分析结果可知，种源间生长性状的差异不显著，只是不同种源表现不同而已。

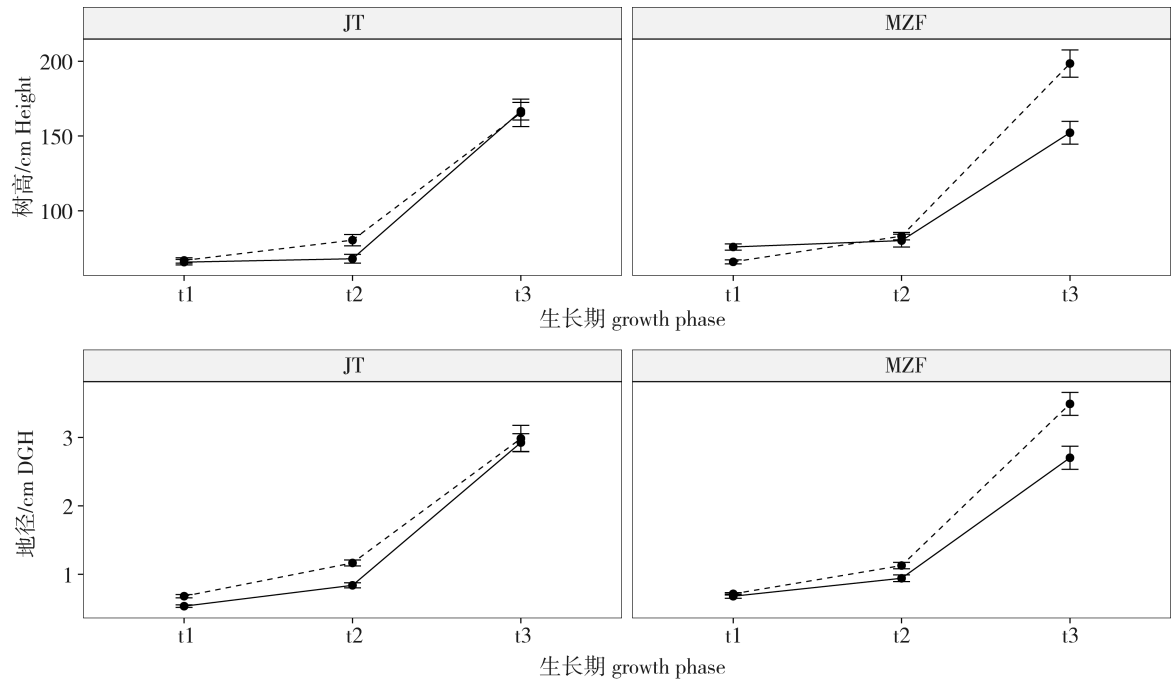
2.4 不同时期个体生长量对比分析

分析第二类林分数据，对 t1、t2 和 t3 共计 3

个连续生长期内轻基质育苗林分树高、地径的个体生长量作散点图、小提琴图和折线图，结果如图 3。由图 3 可知，3 个样方内个体生长呈现较为一致的规律，在 t1 和 t2 生长期内，树高和地径生长量变动较小，t3 生长期内则个体生长变化较大；部分个体生长量变幅较大，而部分个体则生长量变幅较小。总体上看，3 个样方的测定林木个体在连续的 3 个幼林测定生长期内稳定生长，呈现出良好的生长态势。而后续变化如何，还需进行连续的观测。

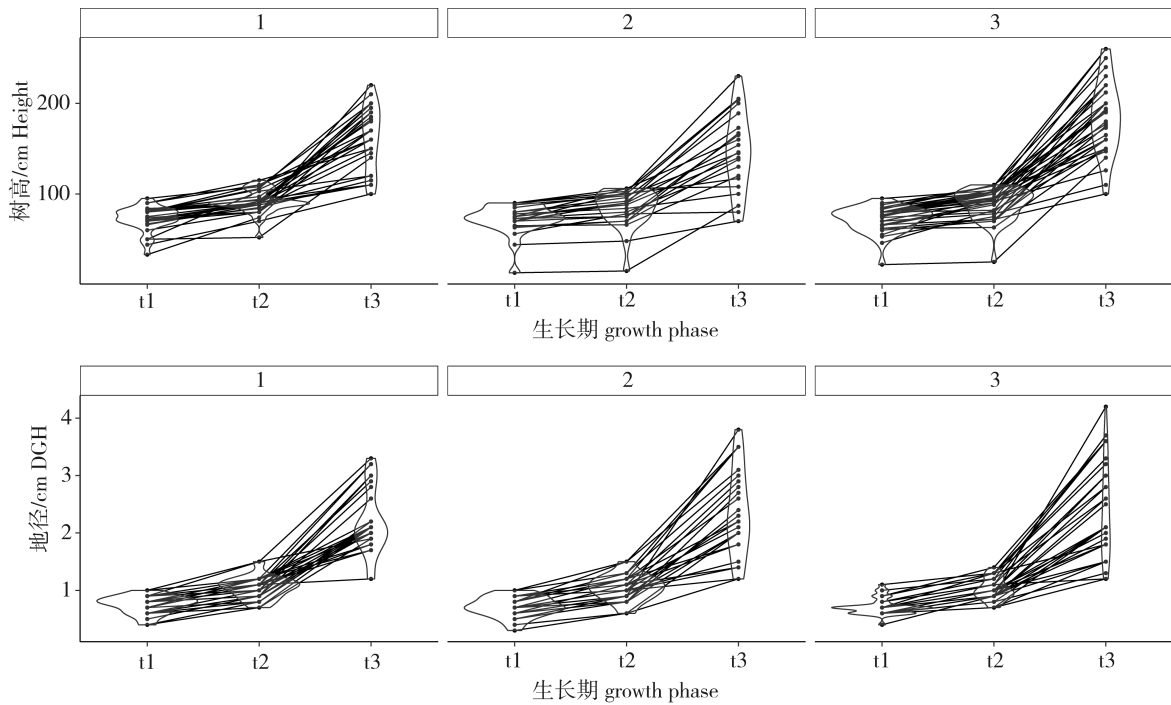
3 结论与讨论

当前，使用轻基质进行造林苗木的培育已作为新型苗木培育技术广泛使用到林业生产中^[10-12]。大量研究表明，轻基质质地松软，有利于造林苗木根系发育，还能够根据不同苗木生长特性，在轻基质配置过程中添加特征营养成分，有利于苗



注：实线为黄泥基质，虚线为轻基质；JT 为江头种源，MZF 为帽子峰种源；t1 为 1 月龄，t2 为 9 月龄，t3 为 19 月龄。
Note: The solid line is the yellow mud substrates, and the dotted line is the nursery substrates; JT was Jiangtou provenance, MZF was Maozifeng provenance; t1 is 1-month-old, t2 is 9-month-old, t3 is 19-month-old.

图 2 乐昌含笑不同种源和不同育苗基质生长差异对比
Fig. 2 Comparison of growth difference of *Michelia chapensis* from different provenances and different seedling substrates



注：1、2、3 为测定样方编号；t1 为 1 月龄，t2 为 9 月龄，t3 为 19 月龄。
Note: 1, 2, and 3 are the numbers of the three sample plots; t1 is 1-month-old, t2 is 9-month-old, t3 is 19-month-old.

图 3 3 个乐昌含笑轻基质育苗林分样地连续 3 个生长期生长量变化
Fig. 3 The growth change of three *Michelia chapensis* seedlings with light substrate in 3 consecutive growth phase

木生长,提高苗木质量,并大幅促进苗木早期生长^[13-15]。另一方面,轻基质育苗能克服传统黄泥基质容器较重,造林时不利于种植操作等多种缺点,大幅提高造林效率^[16]。基于轻基质技术众多优点,广东省林业科学研究院在乐昌含笑优质造林苗木容器育苗传统技术的基础上,根据树种特性,探索出乐昌含笑轻基质苗木培育专利配方,大量用于乐昌含笑轻基质苗木生产中,以期满足当前“绿美广东大行动”和“美丽乡村建设”两个项目对优质乡土苗木的需求。

本研究分析结果证明,与传统黄泥基质培育的苗木相比,乐昌含笑轻基质培育苗木造林的幼林在树高和地径生长表现更优。本研究育苗基质效应存在极显著性差异,说明采用黄泥基质和轻基质培育苗木,造林后生长表现明显不同;另一方面,在本研究设计的幼林阶段,种源不同引起的生长差异并不显著。进一步分析两者在不同生长期的差异显示,在树高和地径两个生长性状上,轻基质苗木幼林大部分样株显著大于黄泥基质苗木幼林。同时,在连续测定的3个生长期内,不同样地的轻基质苗木均能显示出良好的生长态势。这些分析结论均说明轻基质苗木对于林业生产存在显著的优异性,可以在大量推广应用,能满足当前林业大造林项目对优质乡土苗木需求。

参考文献

- [1] 王润辉,张伟红,郑会全,等.乐昌含笑多点种源试验与优良种源选择[J].中南林业科技大学学报,2015,35(5):16-21,34.
- [2] 肖玉洁,张哲,金晓玲.乐昌含笑开花特征及繁育系统分析[J/OL].分子植物育种,(2023-08-18)[2024-03-22].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20230817.1010.010.html>.
- [3] 韦如萍,晏姝,郑会全,等.乐昌含笑种源不同林龄生长变异及早期选择[J].浙江农林大学学报,2023,40(2):365-373.
- [4] 孟诗原,罗树凯,梁俊毅,等.乐昌含笑人工林林分结构特征分析[J].林业与环境科学,2023,39(2):67-75.
- [5] 陈晓迪.绿美广东生态文明建设的发展研究与分析[J].中国林业产业,2023(11):126-128.
- [6] R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing [M/OL]. Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>. 2015.
- [7] 林元震,陈晓阳. R 与 Asreml-R 统计分析教程[M].北京:中国林业出版社,2014.
- [8] 哈德利·威克姆. ggplot2: 数据分析与图形艺术[M].西安:西安交通大学出版社,2013.
- [9] 袁佳. R 语言及 ggplot2 在环境空气监测数据可视化中的应用[J].中国高新技术企业,2015(16):88-91.
- [10] 戴文艳.有关林业苗圃育苗新技术及其推广措施的探讨[J].科技创新与应用,2016(35):291.
- [11] 张世超.桉树扦插育苗轻型基质配方研究[D].北京:中国林业科学研究院,2006.
- [12] 胡礼伟,余玉珠,顾克潇,等.土沉香不同配比较轻基质容器育苗试验[J].林业科技开发,2013,27(6):121-123.
- [13] 何波祥,汪迎利,王思红,等.樟树轻基质育苗配方及容器规格选择[J].林业与环境科学,2019,35(1):72-77.
- [14] 孙熹,严荣斌,赵玉清,等.不同轻基质处理对火力楠容器苗生长的影响[J].广西林业科学,2020,49(2):254-257.
- [15] 陈一群,伍观娣,尧俊,等.龙脑型阴香轻基质扦插中不同激素效果比较研究[J].林业与环境科学,2021,37(1):64-67.
- [16] 苏奇.轻基质网袋育苗在林业生产中的意义分析[J].林业科技情报,2018,50(3):42-44.