4个杉木品系在广东省天井山林场的生长比较*

彭华贵[1] 李兆佳[2] 周志平[1] 周光益[2] 曾庆团[1] 孔祥南[1]
（1. 广东省天井山林场，广东 乳源 512726; 2. 中国林业科学研究院热带林业研究所 / 国家林业局热带林业研究重点实验室，广东 广州 510520）

摘要 文章测量了杉木（*Cunninghamia lanceolata*）4 个品系树高、地径、冠幅、高径比和最大净光合作用速率，比较了不同品系苗木在造林 2 a 后的存活与生长表现。结果表明，GLS-1 和 YL-061 的保存率较高，依次为 GLS-4 和 YL-020；杉木苗品系之间的生长表现、光合能力与保存率均表现出相同的趋势，为 GLS-1 苗木生长最好，YL-061 次之，YL-020 和 GLS-4 生长相近且低于前两个品系；各品系之间的高径比没有显著差异。造林 2 a 的初步结果表明，GLS-1 和 YL-061 可以作为附近区域杉木人工林造林的候选品种。

关键词 杉木；造林试验；生长；光合
中图分类号：S725.71 **文献标识码**：A **文章编号**：2096-2053（2017）04-0025-04

The Comparison of Growth Performance of Four Provenances *Cunninghamia lanceolata* in Guangdong Tianjingshan Forest Farm

PENG Huagui[1] LI Zhaojia[2] ZHOU Zhiping[1] ZHOU Guangyi[2]
ZENG Qingtuan[1] KONG Xiangnan[1]
（1. Guangdong Tianjingshan Forest Farm，Ruyuan，Guangdong 512726，China；2. Key Laboratory of State Forestry Administration on Tropical Forestry Research，Research Institute of Tropical Forestry/Chinese Academy of Forestry，Guangzhou，Guangdong 510520，China）

Abstract The survival rate and growth performance of seedlings of different provenances of *Cunninghamia lanceolata* were compared after afforestation for two years. And the seedling height, ground diameter, crown dimeter, height-dimeter ratio, and maximum net photosynthetic rate of four provenances of *C. lanceolata* were measured. The results showed that the survival rate of GLS-1 and YL-061 were higher, followed by GLS-4 and YL-020. The provenances of *C. lanceolate* showed the same trend in growth performance, photosynthesis ability and survival rate. The growth of GLS-1 seedlings was the best, YL-061 followed, YL-020 and GLS-4 were similar and lower than the first two provenances. There was no significant difference in the height-dimeter ratio of the performances. The preliminary results of two years afforestation showed that GLS-1 and YL-061 could be served as the candidate provenances for *C. lanceolata* afforestation in the surrounding areas.

Key words *Cunninghamia lanceolata*；afforestation experiment；growth；photosynthesis

杉木（*Cunninghamia lanceolata*）是我国最重要的用材树种之一[1]。目前人工杉木林面积已占全国人工林总面积的 18.2%，木材产量占全国人工林木材产量的 37.4%[2]。选育良种是提高林业生产效率的重要手段之一，我国的杉木遗传育种工作也取得很大进展，多个杉木种子园和良种基地的建

* 第一作者：彭华贵（1971— ），男，高级工程师，主要从事森林资源保护和培育工作，E-mail:nlhuagui@163.com。

立为提高杉木林地生产力提供了有力支撑。

然而不同杉木品系之间存在遗传差异，可能导致某个品系的生长状况存在一定地域性，即并非所有品系都适合在同一个地区生长。有文献报道广西自治区引进39个福建省杉木家系，家系之间的生长差异显著，其中只有3个家系生长优于广西本地优良家系[3]；贵州省引进22个福建省杉木家系，造林10 a后各家系生长量差异显著，认为其中3个适宜在贵州省推广利用[4]。因此需要小规模的造林试验来验证不同品系在造林地区的适应性和生长状况，为大规模应用推广提供技术依据。

光合作用是绿色植物生长活动能量来源的基础。植物的光合作用能力能够反映一个品系适应环境的潜力[5]。高水平的光合作用能力使植物能够合成积累更多的有机物，从而促进植物的生长发育，提高植物对环境干扰和病虫害的抗性。

文章比较了洋林020（YL-020）、洋林061（YL-061）、GLS赣杉1号（GLS-1）、GLS赣杉4号（GLS-4）4个品系的杉木苗在广东省天井山林场小规模造林试验中的成活和生长状况，可以为日后大规模引种造林工作提供一定依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于天井山林场内（113°03′E，24°43′N），海拔600~800 m，为南岭山脉中段；年平均气温17~20 ℃，极端最高温度34 ℃，极端最低温度−8 ℃；年均降水量2 100~3 500 mm，雨量70%集中在每年的3—8月份；冬季霜冻期45 d左右，实际有霜日6~16 d，个别年份有降雪或冰冻现象。

1.2 试验设计

选取4个不同杉木品系的1 a生苗，分别为洋林020（YL-020）、洋林061（YL-061）、GLS赣杉1号（GLS-1）、GLS赣杉4号（GLS-4）。2015年4月，在立地条件相同的地块分别营建纯林，每个品系种植面积约1 hm^2。造林株行距为2.3 m×2 m，穴状整地，规格为50 cm×40 cm×30 cm，造林当年和次年6月和9月分别除草1次，6月除草后施复合肥1次。

1.3 试验林测定

1.3.1 生长测定 2017年4月统计保存率，在每个品系试验地分别均匀设置3个20 m×20 m的样方，测定其中杉木的地径、树高和冠幅，并计算高径比=树高/地径。

1.3.2 光合作用测定 2017年4月，在每个样方内选择健康的杉木4株，每株选取3/4树高处、不同方向的4根健康枝条，使用LI-6400便携式光合作用系统（LI-COR, Inc, USA）分别测定最大净光合速率。为了测定值的准确，测定均在晴天上午9:00—12:00时进行，设定空气流速为0.5 L/min，叶温控制在20 ℃左右，空气相对湿度控制在50%~70%，CO_2浓度380~390 μmol/mol。测定过程中使用红蓝光源，光强控制为1 000 $\mu mol \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$[6]。测定时，先对叶片进行光合诱导，待叶片光合值稳定后每隔5 s记录1个值，连续记录5 min。测定结束后，用记号笔标记测量的针叶范围，并将枝条带回实验室复印后用方格纸计算针叶面积，用于修正光合测定值。

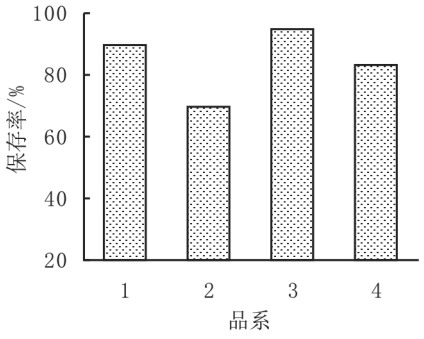
1.4 数据统计

采用单因素方差分析（ANOVA）和Duncan多重比较方法分析不同杉木品系幼树的生长和光合差异。

2 结果与分析

2.1 试验杉木苗的平均生长状况

抽样测得4个品系的杉木苗平均地径3.49 cm，平均树高1.84 m，平均冠幅1.31 m^2，高径比平均值56.38。苗木保存率最高95%，最低70%，依次为GLS-1、YL-061、GLS-4、YL-020（图1）。

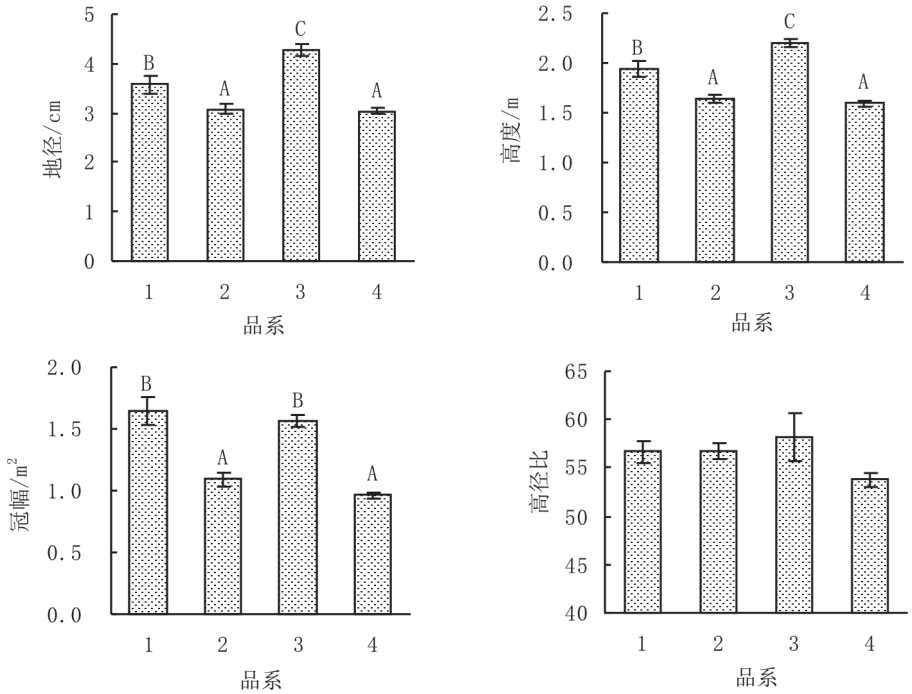


注：品系1.YL-061，2.YL-020，3.GLS-1，4.GLS-4。

图1 不同杉木品系苗2 a生的保存率差异

2.2 不同品系杉木苗的生长差异

造林2 a后，不同杉木品系表现出明显的生长差异，其中地径、树高和冠幅在不同品系之间差



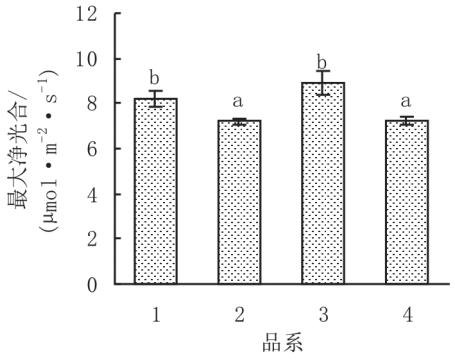
注：品系 1.YL-061，2.YL-020，3.GLS-1，4.GLS-4；数据表示为平均值 ± 标准误；凡柱子上有 1 个相同大写字母者，表示不同品系间在 0.01 水平差异不显著。

图 2　不同杉木品系苗 2 a 生的生长差异

异极显著（P<0.01）。GLS-1 杉木苗的地径和树高均为最大，平均地径为 4.27 ± 0.11 cm、平均树高 2.20 ± 0.04 m；其次为 YL-061 无性系，地径 3.58 ± 0.18 cm、树高 1.94 ± 0.09 m，YL-020 和 GLS-4 的地径和树高最小且两者差异不显著。GLS-1 和 YL-061 杉木的冠幅大小相近，均显著高于另外两个品系。总体而言，GLS-1 的苗木最大，YL-061 无性系次之，而 YL-020 无性系和 GLS-4 苗木长得较小（图 2）；但是 4 个品系杉木苗的健壮程度相近，其高径比没有显著差异。

2.3　不同品系杉木苗的光合

不同品系杉木苗的最大净光合速率存在显著差异（P<0.05）（图 3）。4 个品系杉木苗中，YL-020 以及 GLS-4 的最大净光合速率均较低，GLS-1 光合水平显著高于这 2 个品系。而 YL-061 杉木苗与 GLS-1 以及 YL-020、GLS-4 均没有显著差异，亦即 YL-061 杉木苗的光合作用速率处于这两者之间。总体而言，杉木苗的光合表现与生长表现一致，生长较好的品系其最大净光合作用速率也相对较高。



注：品系 1.YL-061，2.YL-020，3.GLS-1，4.GLS-4；数据表示为平均值 ± 标准误；凡柱子上有 1 个相同小写字母者，表示不同品系间在 0.05 水平差异不显著。

图 3　不同品系杉木苗的光合能力差异

3　结论与讨论

本造林试验 4 个杉木品系之中，GLS-1 和 YL-061 苗木的保存率较高（90%~95%），其地径、树高等生长参数也相对较高，生长较好。因此从本造林试验的初步结果来看，GLS-1 和 YL-061 杉木苗具有较大的推广适用性。

杉木苗 4 个品系之间地径、树高、冠幅均呈

现显著统计学差异，亦即4个品系杉木苗在试验地的生长状况明显不同。导致苗木生长差异的可能原因包括苗木自身因素如种子质量（种子播苗）[7]、苗木的根系占比/生物量分配[8]以及由此引起的苗木在养分获取、能量同化方面的能力差异。此外，苗木还受光照、温度、水分、营养等与立地条件和气候有关因素的影响[9-11]。

杉木苗生长差异同时伴随着各个品系最大净光合速率的不同，因此不同品系之间光合能力差异可能是导致本试验中杉木苗生长差别的重要内在原因之一。据文献报道，植物的光合能力容易受到水分胁迫影响[6]，土壤磷素供应不足也会导致叶片净光合速率明显下降[12]，进而影响植株整体的生长状况。同时，苗木光合能力能够反映一个品系适应环境的潜力，例如不同家系的云南松(*Pinus yunnanensis*)在饱和光照下呈现明显的光合能力差异，分别适应具有不同光照、水分条件的生境[5]。

GLS-1和YL-061杉木苗相对较高的保存率能够降低造林和维护成本。但是除了品系和立地条件以外，苗木生长状况还与植株的发育阶段有关[13]。苗木栽种后2~3 a为扎根恢复阶段，根系生长较地上部分快[1]，此阶段较快的地上部分生长可能导致苗木根系基础薄弱并影响随后的生长发育。因此本文GLS-1和YL-061品系呈现的生长优势有可能是苗期生长阶段的短期现象。而造林10~15 a、25~30 a间的林木生长对人工林生产具有更大的影响[1]，所以需要持续观测4个品系的长期生长状况，以进一步明确长期的造林效果。另一方面，与广东本地杉木品系的比较也能够为引种工作提供参考[14]。

参考文献

[1] 俞新妥. 中国杉木研究[J]. 福建林学院学报, 1988, 8(3): 203-220.

[2] 国家林业局森林资源管理司. 第七次全国森林资源清查及森林资源状况[J]. 林业资源管理, 2010(1): 1-8.

[3] 黄开勇, 陈代喜, 廖忠雄, 等. 外源杉木二代种子园子代引种试验研究初报[J]. 广西林业科学, 2003, 23(4): 175-180.

[4] 张晓珊, 刘延惠. 杉木外地优良家系引种及选择研究[J]. 种子, 2007(9): 9-11.

[5] 周丽, 陈诗, 徐杨, 等. 云南松不同种源苗木光合特性比较[J]. 西南林业大学学报, 2015, 35(5): 8-13.

[6] 韦莉莉, 张小全, 侯振宏, 等. 杉木苗木光合作用及其产物分配对水分胁迫的响应[J]. 植物生态学报, 2005, 29(3): 394-402.

[7] 陈章和, 张德明. 南亚热带森林24种乔木的种子萌发和幼苗生长[J]. 热带亚热带植物学报, 1999(1): 37-46.

[8] 陈章和, 邹佩贞, 严东华. 白云山林区四种乔木幼苗生长分析[J]. 生态科学, 1992, 11(1): 45-51.

[9] 张德明, 陈章和. 不同光强下几种南亚热带森林乔木的种子萌发和幼苗生长观察[J]. 生态科学, 1996, 15(2): 6-12.

[10] 李积山. 兰州市南北两山主要乔木树种生长适宜性分析[J]. 甘肃科技, 2010(16): 156-162；83.

[11] 王婷, 李聪, 张弘, 等. 宝天曼自然保护区不同针叶树径向生长对气候的响应[J]. 生态学报, 2016, 36(17): 5324-5332.

[12] 陈智裕, 李琦, 邹显花, 等. 邻株竞争对低磷环境杉木幼苗光合特性及生物量分配的影响[J]. 植物生态学报, 2016, 40(2): 177-186.

[13] 侯琳, 唐德瑞, 宋西德. 五种针叶树个体高生长过程研究[J]. 陕西林业科技, 2003(1): 14-17.

[14] 郭立业, 胡德活, 黄德积, 等. 连山县杉木优良无性系生长分析[J]. 广东林业科技, 2015, 31(4): 69-70.