

黄桂华, 梁坤南, 周再知, 等. 柚木无性系生长性状的遗传变异与选择效应[J]. 华南农业大学学报, 2019, 40(1): 101-106.
HUANG Guihua, LIANG Kunnan, ZHOU Zaizhi, et al. Genetic variation and selective effect of growth traits of teak clones[J]. Journal of South China Agricultural University, 2019, 40(1): 101-106.

柚木无性系生长性状的遗传变异与选择效应

黄桂华¹, 梁坤南¹, 周再知¹, 周树平², 杨光¹, 王西洋¹

(1 中国林业科学研究院 热带林业研究所, 广东 广州 510520; 2 云浮市林业科学和技术推广中心, 广东 云浮 527300)

摘要:【目的】掌握柚木 *Tectona grandis* 无性系性状遗传变异规律以及无性系与立地的互作效应, 选育优良无性系。【方法】采用随机完全区组设计, 开展柚木无性系区域性两点试验。【结果】方差分析结果显示, 3.5 年生柚木无性系树高、胸径、单株材积在试验地点间、无性系间、无性系×立地互作间均呈极显著差异。海南定安试验点柚木无性系树高的变异系数较小 (0.092), 定安试验点胸径的变异系数和云南景谷试验点树高、胸径的变异系数都较大 (0.118~0.167), 定安和景谷试验点 3.5 年生单株材积的变异系数分别达到 0.327 和 0.305。定安试验点柚木无性系树高和胸径的重复力分别为 0.873 和 0.852, 景谷试验点柚木无性系树高和胸径的重复力分别为 0.851 和 0.773, 定安和景谷试验点 3.5 年生单株材积的重复力分别为 0.863 和 0.784。【结论】为海南定安地区筛选出速生柚木无性系 3078-5、7029、7122、7514 和 7559, 入选无性系的平均树高、胸径和单株材积分别比对照提高 21.11%、19.82% 和 60.53%; 为云南景谷地区筛选出速生柚木无性系 7029、Z408、7509、7559 和 8301, 入选无性系的平均树高、胸径和单株材积分别比对照提高 31.69%、33.66% 和 128.24%; 选择后, 2 个试验点的材积遗传增益分别达到 40.26% 和 34.57%, 其中优良无性系 7029 和 7559 为两地共有。

关键词: 柚木; 无性系; 区域测定; 遗传变异; 互作效应

中图分类号: S722.3+3

文献标志码: A

文章编号: 1001-411X(2019)01-0101-06

Genetic variation and selective effect of growth traits of teak clones

HUANG Guihua¹, LIANG Kunnan¹, ZHOU Zaizhi¹, ZHOU Shuping², YANG Guang¹, WANG Xiyang¹

(1 Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China;

2 Yunfu Forestry Science and Technology Promotion Center, Yunfu, Guangdong 527300, China)

Abstract: 【Objective】To analyze genetic variation in growth traits of *Tectona grandis* clone and interaction between clone and site, and to select superior teak clones. 【Method】Regional field tests of teak clones at two sites were carried out by using randomized complete block design. 【Result】Analysis of variance results showed that tree height, DBH, individual volume of teak at 3.5 years old were all significantly different among site, clones and clone×site interaction. The variation coefficient of tree height for teak clones in Ding'an was relatively small (0.092), and the variation coefficients of DBH in Ding'an and both tree height and DBH in Jinggu were relatively large (0.118–0.167). The variation coefficients of individual volume in Ding'an and Jinggu were 0.327 and 0.305, respectively. The repeatability of tree height and DBH in Ding'an were 0.873 and 0.852, respectively. The repeatability of tree height and DBH in Jinggu were 0.851 and 0.773, respectively. The repeatability of

收稿日期: 2018-04-09 网络首发时间: 2018-12-28 14:39:11

网络首发地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1110.s.20181227.1104.024.html>

作者简介: 黄桂华 (1979—), 男, 副研究员, 博士, E-mail: hghmhx@163.com; 通信作者: 梁坤南 (1962—), 男, 研究员, 硕士, E-mail: chinateak@163.net

基金项目: 广东省科技计划项目 (2016A020210019); “十三五”国家重点研发计划 (2016YFD0600602); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项 (CAFYBB2017ZA001-7)

individual volume for teak clones at 3.5 years old in Ding'an and Jinggu were 0.863 and 0.784, respectively.

【Conclusion】 The selected fast-growing clones for Ding'an area in Hainan were 3078-5, 7029, 7122, 7514 and 7559. The mean tree height, DBH and individual volume for the selected clones were 21.11%, 19.82% and 60.53% higher than that of the control, respectively. The superior clones of fast-growing for Jinggu area in Yunnan were 7029, Z408, 7509, 7559 and 8301. The mean tree height, DBH and individual volume for the selected clones were 31.69%, 33.66% and 128.24% higher compared with control, respectively. The genetic gain of individual volume in Ding'an and Jinggu reached 40.26% and 34.57%, respectively. The clone 7029 and 7559 were the shared superior clones in both sites.

Key words: *Tectona grandis*; clone; regional test; genetic variation; interaction effect

柚木 *Tectona grandis* 是世界名贵的用材树种, 木材性能佳, 用途广泛, 经济效益高, 在热带地区特别是亚洲、非洲、中美洲和南美洲广泛种植^[1-2]。我国引种柚木已有 190 多年的历史, 种植面积达 3.5 万 hm^2 , 加强柚木良种选育, 大力发展柚木商品林, 具有很好的经济效益、社会效益和生态效益。

当前, 我国柚木育种主要采取有性繁殖、无性利用的原则, 柚木人工林的发展以无性系为主。前期柚木无性系育种工作已取得了较好的成效。在速生选育方面, 黄桂华^[3]开展了柚木无性系苗期生长与光合速率的评价, 发现净光合速率和苗高呈显著正相关, 筛选了一批苗期速生和净光合速率高的柚木无性系, 并发现起源于印度的柚木资源具有较高的光合速率。史富强等^[4]报道了柚木无性系大田测定中单点试验的早期选择结果, 选出了 3 个速生优良无性系。在耐寒选育方面, 结合大田区域测定时遇到的低温冷害, 调查分析发现, 柚木不同无性系耐寒性存在显著差异, 参试柚木缅甸无性系耐寒性普遍优于印度无性系, 筛选出 6 个耐寒性较强的柚木无性系^[5]。且人工低温处理后柚木无性系叶片生理指标的评价结果与大田冷害调查结果基本一致^[6]。上述研究成果为柚木无性系的选育与利用提供了借鉴和科学指导。

林木育种研究发现, 在无性系选育和推广利用过程中, 需要充分考虑无性系与环境的互作效应^[7-8], 才能使优良无性系在各自适宜的立地上发挥最佳生长潜力。因此, 迫切需要针对我国热带亚热带各地区不同的立地条件, 广泛开展柚木无性系区域性测定, 分别选育出与各地相适应的柚木优良无性系, 做到适地适无性系。基于此, 本文重点分析柚木无性系区域性测定的生长性状遗传变异规律、无性系与立地互作效应以及选择效应等, 最终选育出一批适合我国不同立地条件的速生优良无性系, 以期

促进我国柚木无性系林业的快速发展。

1 材料与方法

1.1 试验材料与试验地点

试验材料为中国林业科学研究院热带林业研究所早期种源试验中选择的优株, 通过组培繁育出 26 个柚木无性系, 其中以前期选育的柚木无性系 71-5 为对照。实际造林调拨时, 海南定安试验点参试柚木无性系 25 个, 云南景谷试验点参试柚木无性系 23 个, 其中两试验点共有的参试无性系(含对照)22 个。

在柚木种植的主要省份及地区选择 2 个试验地点, 云南景谷试验点: 位于云南省景谷县益智乡, 地处东经 $100^{\circ}30'26'' \sim 100^{\circ}30'54''$, 北纬 $23^{\circ}15'38'' \sim 23^{\circ}16'12''$, 属于南亚热带季风气候, 年降水量 1 100~1 300 mm, 年平均气温 21°C , 海拔 850 m, 土壤为砖红壤, pH5.5。海南定安试验点: 位于海南省定安县龙州基地, 地处东经 $110^{\circ}19'20''$, 北纬 $19^{\circ}39'30''$, 属热带季风海洋性气候, 年降水量 2 100 mm, 年平均气温 23.5°C , 海拔 36 m, 土壤为褐色砖红壤, pH5.8。

1.2 试验设计

两试验地造林同在 2010 年 7 月完成, 苗木为 1 年生容器苗, 采用随机完全区组设计, 6 株行式小区, 6 次重复, 株行距 $2.5\text{ m} \times 4.0\text{ m}$, 穴规格 $60\text{ cm} \times 60\text{ cm} \times 40\text{ cm}$ 。基肥: 每穴施 1.0 kg 钙镁磷肥(含质量分数为 18% 的 P_2O_5)+1.0 kg 石灰。每年 12 月对试验林每木测量树高、胸径。

1.3 数据分析

用 SAS 8.1 软件对柚木不同无性系树高、胸径和单株材积进行单地点方差分析, 分析模型如下:

$$y_{ij} = \mu + b_i + c_j + e_{ij}, \quad (1)$$

式中, y_{ij} 为观测值, μ 为总均值, b_i 为 block_i 随机重复效应, c_j 为 clone_j 随机无性系效应, e_{ij} 为剩余

残差。

取 2 个试验地点间共有的柚木无性系数据, 分析无性系与立地的互作效应, 分析模型如下:

$$y_{ijk} = \mu + s_i + b_j + c_k + s_i \times c_k + e_{ijk}, \quad (2)$$

式中, y_{ijk} 为观测值, i, j, k 分别代表某个试验点、某个重复、某个无性系, μ 为总均值, s_i 为 site_{*i*} 立地固定效应, b_j 为 block_{*j*} 随机重复效应, c_k 为 clone_{*k*} 随机无性系效应, $s_i \times c_k$ 为 site_{*i*} × clone_{*k*} 立地与无性系互作的随机效应, e_{ijk} 为剩余残差。

性状变异系数 (C) 计算公式:

$$C = S/X, \quad (3)$$

式中, S 为标准差, X 为某一指标的总平均值。

无性系重复力 (R) 计算采用简单公式^[9]:

$$R = 1 - 1/F, \quad (4)$$

式中, F 为单地点方差分析中无性系对应的方差 F 检验值。

单株材积 (V) 计算公式^[10]:

$$V = 0.4787D^2H, \quad (5)$$

式中, D 为胸径, H 为树高, V 以 dm^3 为单位。

按估算公式^[11]求遗传增益:

$$\Delta G = (\bar{x} - \bar{X})R/\bar{X}, \quad (6)$$

式中, ΔG 为遗传增益, %; \bar{x} 为入选无性系平均值; \bar{X} 为所有无性系总均值;

2 结果与分析

2.1 柚木无性系生长性状遗传变异分析

方差分析结果 (表 1) 显示, 海南定安和云南景谷 2 个试验点柚木的 3.5 年生树高、胸径和单株材积在无性系间都呈极显著差异 ($P < 0.001$)。定安试验点柚木无性系树高的变异系数较小, 为 0.092; 定安试验点胸径的变异系数和景谷试验点树高、胸径的变异系数都较大, 分别为 0.167、0.119 和 0.118; 定安和景谷试验点 3.5 年生单株材积的变异系数则分别达到 0.327 和 0.305。

表 1 定安和景谷试验点 3.5 年生柚木无性系生长性状方差分析¹⁾

Table 1 Variance analysis of growth traits of teak clones at 3.5 years old in Ding'an and Jinggu

试验点	生长指标	变异来源	自由度	平方和	均方	F	P	变异系数
Test site	Growth trait	Variation source	df	Sum of squares	Mean square			CV
定安 Ding'an	树高 Tree height	重复 Repeat	5	71.033	14.206	18.44***	<0.001	0.092
		无性系 Clone	24	145.728	6.072	7.88***	<0.001	
	胸径 DBH	重复 Repeat	5	135.860	27.172	11.41***	<0.001	0.167
		无性系 Clone	24	385.347	16.056	6.74***	<0.001	
景谷 Jinggu	单株材积 Individual volume	重复 Repeat	5	1 896.300	379.260	28.22***	<0.001	0.327
		无性系 Clone	24	2 336.409	97.350	7.24***	<0.001	
	树高 Tree height	重复 Repeat	5	46.102	9.220	9.10***	<0.001	0.119
		无性系 Clone	22	149.603	6.800	6.71***	<0.001	
景谷 Jinggu	胸径 DBH	重复 Repeat	5	129.749	25.949	7.46***	<0.001	0.118
		无性系 Clone	22	336.581	15.299	4.40***	<0.001	
	单株材积 Individual volume	重复 Repeat	5	2 690.383	538.076	11.68***	<0.001	0.305
		无性系 Clone	22	4 681.687	212.803	4.62***	<0.001	

1) “***” 表示在 0.001 水平差异极显著

1) “***” indicated significant difference at 0.001 level

考虑无性系与立地互作效应时, 以 2 个试验地点共有的 21 个柚木无性系的生长数据进行方差分析 (表 2), 结果显示, 3.5 年生柚木的树高、胸径和单株材积在地点间、无性系间、立地 × 无性系互作间都呈极显著差异 ($P < 0.001$)。

定安试验点柚木无性系 3.5 年生树高和胸径的重复力 (R) 分别为 0.873 和 0.852; 景谷试验点柚木无性系 3.5 年生树高和胸径的重复力分别是 0.851

和 0.773。定安和景谷试验点 3.5 年生单株材积的重复力分别为 0.862 和 0.784。

2.2 柚木无性系生长指标的年份相关性

对海南定安和云南景谷试验点 1.5、2.5 和 3.5 年生柚木无性系树高、胸径和单株材积进行年份生长性状表型相关性分析, 结果 (表 3) 显示, 连续 3 年的树高、胸径及单株材积两两之间均极显著正相关 ($P < 0.01$)。同一性状早与晚相关系数呈降低

表 2 定安和景谷试验点 3.5 年生柚木无性系树高、胸径和单株材积立地互作方差分析¹⁾

Table 2 Variance analysis of interaction between tree height, DBH, individual volume and site for teak clones at 3.5 years old in Ding'an and Jinggu

生长指标 Growth trait	变异来源 Variation source	自由度 df	平方和 Sum of squares	均方 Mean square	F	P	平均值 Mean value
树高 Tree height	立地 Site	1	94.127	94.127	112.01***	<0.001	4.20 m
	重复 Repeat	5	41.649	8.329	9.91***	<0.001	
	无性系 Clone	21	157.662	7.507	8.93***	<0.001	
	立地×无性系 Site×Clone	21	61.750	2.940	3.50***	<0.001	
胸径 DBH	立地 Site	1	484.263	484.263	180.66***	<0.001	5.41 cm
	重复 Repeat	5	192.973	38.594	14.40***	<0.001	
	无性系 Clone	21	325.896	15.518	5.79***	<0.001	
	立地×无性系 Site×Clone	21	256.101	12.195	4.55***	<0.001	
单株材积 Individual volume	立地 Site	1	3 066.217	3 066.217	96.07***	<0.001	7.94 dm ³
	重复 Repeat	5	2 900.311	580.062	18.17***	<0.001	
	无性系 Clone	21	4 047.482	192.737	6.04***	<0.001	
	立地×无性系 Site×Clone	21	3 066.758	146.036	4.58***	<0.001	

1) “***” 表示在 0.001 水平差异极显著

1) “***” indicated significant difference at 0.001 level

表 3 定安试验点柚木无性系年份生长性状表型相关性分析¹⁾

Table 3 Phenotypic correlation analysis of growth traits for teak clones in Ding'an

生长指标 Growth trait	生长年限 Growth year	树高 Tree height			胸径 DBH			单株材积 Individual volume		
		1.5	2.5	3.5	1.5	2.5	3.5	1.5	2.5	3.5
树高 Tree height	1.5									
	2.5	0.569**								
	3.5	0.492**	0.702**							
胸径 DBH	1.5	0.829**	0.624**	0.529**						
	2.5	0.602**	0.807**	0.629**	0.735**					
	3.5	0.474**	0.685**	0.748**	0.585**	0.759**				
单株材积 Individual volume	1.5	0.855**	0.591**	0.510**	0.938**	0.674**	0.547**			
	2.5	0.582**	0.796**	0.603**	0.735**	0.942**	0.718**	0.714**		
	3.5	0.509**	0.660**	0.800**	0.621**	0.727**	0.939**	0.613**	0.742**	

1) “***” 表示相关性达到 0.01 的显著水平

1) “***” indicated significant correlation at 0.01 level

趋势, 即年份相隔越大, 相关系数越小。不同性状间, 年份相隔越小, 相关系数越大。

2.3 柚木速生优良无性系早期选择

定安和景谷 2 个试验点 3.5 年生不同柚木无性系间树高、胸径和单株材积的多重比较结果见表 4。景谷试验点各柚木无性系平均单株材积为 8.30 dm³, 定安试验点各柚木无性系平均单株材积为 7.43 dm³。本文柚木速生优良无性系选择的原则是: 生长数据大于对照 (无性系 71-5), 同时大于平均值; 且作为早期选择, 入选率控制在 20% 以内。依此, 为云南

景谷地区筛选出柚木优良无性系 7029、Z408、7509、7559 和 8301, 入选无性系的平均树高、胸径和单株材积分别为 4.53 m、6.91 cm 和 11.96 dm³, 分别比对照提高 31.69%、33.66% 和 128.24%, 选择后材积的遗传增益达到 34.57%; 为海南定安地区筛选出柚木优良无性系 3078-5、7029、7122、7514 和 7559, 入选无性系的平均树高、胸径和单株材积分别为 4.82 m、5.32 cm 和 10.90 dm³, 分别比对照提高 21.11%、19.82% 和 60.53%, 选择后材积的遗传增益达到 40.26%。

表 4 不同柚木无性系 3.5 年生树高、胸径和单株材积的多重比较¹⁾

Table 4 The multiple comparison of tree height, DBH and individual volume of teak clones at 3.5 years old

无性系 Clone	定安试验点 Ding'an			景谷试验点 Jinggu		
	H/m	DBH/cm	V/dm ³	H/m	DBH/cm	V/dm ³
7029	4.87±0.92ab	5.37±1.58ab	11.01±7.56ab	4.60±1.11ab	7.01±2.21a	13.09±9.87a
7559	4.59±1.00bcde	5.09±1.77abc	9.18±5.61bcde	4.41±0.75bcd	7.07±1.27a	11.36±5.14abcd
3078-5	5.07±0.99a	6.05±1.91a	13.59±7.06a	3.94±1.01cdefgh	5.50±1.51defgh	6.86±5.39efgh
7122	4.88±0.60ab	5.32±1.10ab	10.75±6.18abc	3.53±0.91fghij	5.26±1.52efgh	5.75±4.34fgh
7514	4.71±0.84abcd	4.79±1.27bcd	9.97±4.21bcd	4.05±0.89bcdefg	6.33±1.50abcde	8.85±5.52bcdef
Z408	3.97±0.82fghi	3.62±1.22def	4.06±2.66ij	4.57±1.17ab	6.86±2.09ab	12.69±10.55ab
7509	4.41±1.13bcdefg	5.96±5.79a	8.26±5.85bcdef	4.09±0.87bcdef	7.00±1.97a	11.40±8.30abcd
8301	4.79±1.07abc	4.18±1.11bcdef	8.00±5.43bcdefg	4.98±0.93a	6.61±1.23abcd	11.25±5.65abcd
70-13	4.35±1.03cdefg	4.38±1.40bcde	6.25±4.50efghi	3.65±1.01efghij	5.38±1.93efgh	6.70±6.71fgh
7112	4.11±0.93efghi	3.95±1.53cdef	6.51±5.78efghi	3.65±1.05efghij	5.64±1.98cdefgh	7.25±7.16defgh
7114	4.43±0.68bcdefg	5.03±1.27abc	9.12±5.04bcde	3.45±1.20ghij	5.34±2.51efgh	7.32±6.75defgh
7138	3.82±0.77hij	4.04±1.65cdef	4.91±4.26ghij	3.27±0.87ij	4.74±1.42h	4.27±3.09h
7146	4.24±1.02defgh	4.78±1.76bcd	8.01±6.75bcdefg	3.80±1.09efghij	6.05±2.12abcdef	8.64±7.35bcdefg
7210	4.19±0.81efgh	3.88±1.25cdef	6.39±3.29efghi	3.86±1.35defghi	5.56±2.29defgh	8.23±8.52cdefgh
7219	3.97±0.61fghi	4.48±1.48 bcde	8.26±6.95bcdef	3.75±0.84efghij	5.95±1.58abcdefg	7.45±5.47defgh
108	4.10±0.98efghi	4.42±1.92bcde	7.52±5.17cdefgh	3.45±1.14ghij	5.35±2.26efgh	7.59±6.33defgh
7412	4.28±0.77defgh	4.68±1.53 bcde	8.63±7.49bcdef	3.38±0.86hij	5.28±1.59efgh	5.48±4.19fgh
7531	3.65±1.11ij	3.53±1.52ef	2.81±2.05j	3.83±0.98defghij	6.25±2.05abcdef	8.84±7.05bcdef
7544	4.36±0.89cdefg	4.20±1.43bcdef	5.71±3.46fghij	4.19±1.47bcde	6.13±2.62abcdef	11.04±11.54abcde
7549	4.18±0.80efgh	4.34±1.17bcde	5.38±3.39fghij	3.75±1.02efghij	6.11±2.23abcdef	8.82±7.84bcdef
7552				4.19±1.14bcde	5.87±1.80bcdefgh	8.39±6.14cdefgh
7555	4.38±0.63cdefg	4.36±0.83bcde				
J731	3.43±1.05j	3.08±1.12f	4.40±3.09hij	3.23±0.87j	4.86±1.52gh	4.43±3.17gh
7137	4.33±0.82cdefg	4.23±1.57bcdef	8.33±3.83bcdef			
7542	3.92±1.08ghi	6.03±6.23a	5.72±3.37fghij			
71-5(CK)	3.98±0.66fghi	4.44±1.59 bcde	6.79±4.80defghi	3.44±0.78hij	5.17±1.31fgh	5.24±3.38fgh
均值 Mean	4.28	4.57	7.43	3.87	5.88	8.30

1) 同列数据后的不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$, Duncan's 法)

1) Different lowercase letters in the same column indicated significant difference ($P < 0.05$, Duncan's test)

3 讨论与结论

随着柚木育种和无性繁殖技术的进步,在云南、海南、广西、广东、福建和贵州等地区开展了大规模的柚木无性系区域性试验,柚木已进入无性系林业时代,并逐步实现无性系定向选育、定向栽培和定向利用的时代。本研究同批营建的福建漳州试验点和广西博白试验点,造林当年发生较严重冷害,为耐寒选择提供了机会^[5],但后期因抚育不到位被废弃,没有调查到生长数据。本文研究的海南定安和云南景谷 3.5 年生柚木无性系的树高、胸径和单株材积在地点间、无性系间、立地×无性系互作间

均呈极显著差异,再次印证了林木无性系区域性试验的重要性,推广要做到适地适无性系^[7-8]。下一步需要针对不同立地条件,补充加强柚木无性系多点试验。

研究结果显示,除了定安试验点柚木无性系树高的变异系数较小(0.092),定安试验点柚木无性系胸径的变异系数和景谷试验点树高、胸径的变异系数都较大(0.118~0.167),定安和景谷试验点 3.5 年生柚木无性系单株材积的变异系数分别达到 0.327 和 0.305,可见,柚木不同无性系的生长速度差异较大,因此其在速生性方面选择育种的空间较大。

景谷试验点柚木无性系树高和胸径的重复力分别为 0.851 和 0.773, 定安试验点柚木无性系树高和胸径的重复力分别为 0.873 和 0.852, 都大于柚木自由授粉家系树高 (0.50) 和胸径 (0.27) 的遗传力^[12], 大于杉木 *Cunninghamia lanceolata*^[13] 和马尾松 *Pinus massoniana*^[14] 无性系树高和胸径的广义遗传力, 表明柚木无性系遗传一致度高, 性状受较高等度的遗传控制, 对产量进行无性系选择具有较大的意义^[15]。另外, 柚木无性系树高的重复力大于胸径的重复力, 表明胸径更易受外部环境的影响, 其主要影响因子还有待进一步深入研究。

林木育种周期长, 分析早晚年份生长相关性, 进行早期选择, 可缩短育种周期。做到早期选择是无性系选育关键问题之一, 早期选择的可能性和可靠性已得到越来越多的学者所承认, 且无性系遗传上不存在差异, 无性系的早期选择比实生群体选择更为有效^[16]。White 等^[17]的研究理论认为, 长轮伐期的树种可在 1/4 的轮伐期进行早期选择。在集约经营的条件下柚木被定为 25 年长轮伐期树种, 那么可在第 6~8 年进行早期选择。本研究显示, 柚木无性系连续 3 年树高、胸径及单株材积生长都达到极显著正相关, 说明早期选择具有较强的可靠性。本研究为海南定安地区筛选出柚木无性系 3078-5、7029、7122、7514 和 7559, 入选的无性系树高、胸径和单株材积分别比对照提高 21.11%、19.82% 和 60.53%; 为云南景谷区域筛选出柚木无性系 7029、Z408、7509、7559 和 8301, 入选的无性系树高、胸径和单株材积分别比对照提高 31.69%、33.66% 和 128.24%; 选择后, 定安和景谷试验点的材积遗传增益分别达到 40.26% 和 34.57%。

参考文献:

[1] ALCANTARA B K, VEASEY E A. Genetic diversity of

teak (*Tectona grandis* L. F.) from different provenances using microsatellite markers[J]. *Revista Arvore*, 2013, 37(4): 747-758.

- [2] WHITE K J. Teak: Some aspects of research and development [M]. Bangkok: FAO Regional Office for Asia and the Pacific (RAPA), 1991: 70.
- [3] 黄桂华. 柚木种质资源遗传变异和优良无性系早期选择的研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2015.
- [4] 史富强, 童清, 杨华景, 等. 柚木优良无性系的早期选择[J]. *东北林业大学学报*, 2014, 42(2): 14-16.
- [5] 黄桂华, 梁坤南, 韦海, 等. 柚木冷害调查及耐寒无性系选择[J]. *广东林业科技*, 2015, 31(3): 16-19.
- [6] 黄桂华, 梁坤南, 周再知, 等. 柚木无性系苗期抗寒生理评价与选择[J]. *东北林业大学学报*, 2015, 43(9): 12-17.
- [7] 康向阳. 关于无性系林业若干问题的认识和建议: 以杨树为例[J]. *北京林业大学学报*, 2017, 39(9): 1-7.
- [8] 李新国, 朱之悌. 林木基因型与地点最佳组合选择的研究[J]. *北京林业大学学报*, 1998, 20(3): 15-18.
- [9] 段爱国, 张雄清, 张建国, 等. 21 年生杉木无性系生长与遗传评价[J]. *林业科学研究*, 2014, 27(5): 672-676.
- [10] 邝炳朝. 柚木良种选育及配套技术研究[R]. 广州: 中国林业科学研究院热带林业研究所, 1996.
- [11] 陈晓阳, 沈熙环. 林木育种学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2005: 19-20.
- [12] 石忠诚, 叶晓鸿, 梁伦智, 等. 柚木种子园自由授粉子代家系测定及早期选择[J]. *林业与环境科学*, 2016, 32(4): 33-37.
- [13] 曾志光, 肖复明, 沈彩周, 等. 江西省优质速生杉木无性系选育研究[J]. *林业科学研究*, 2006, 19(5): 561-566.
- [14] 胡集瑞. 马尾松种子园建园亲本性状遗传变异及优质速生无性系选育[J]. *福建林业科技*, 2008, 35(2): 21-25.
- [15] 李思广, 付玉嫔, 许林红, 等. 思茅松高松节油无性系选育研究[J]. *西部林业科学*, 2017, 46(2): 38-42.
- [16] 阮梓材. 广东省杉木无性系选育程序与策略[J]. *广东林业科技*, 1994(S1): 1-5.
- [17] WHITE T L, ADAMS W T, NEALE D B. Forest genetics[M]. Cambridge: CABI publishing, 2007: 518-519.

【责任编辑 李晓卉】