

文章编号:1001-7380(2018)05-0010-04

柳杉一代种子园半同胞家系遗传变异分析

李上前

(福建省霞浦杨梅岭国有林场,福建 霞浦 355100)

摘要:以福建省霞浦杨梅岭国有林场柳杉一代种子园5年生家系为研究对象,对子代林树高、胸径、材积和冠幅等生长性状遗传变异进行了测定与分析。结果表明:家系胸径、树高、材积、冠幅平均值分别为11.64 cm, 6.75 m, 0.040 3 m³, 2.07 m, 27个参试家系材积生长量均大于对照;生长性状总体变异系数为材积>胸径>冠幅>树高,家系内变异系数大于家系间变异系数;方差分析表明,家系间胸径、树高、材积存在极显著差异,冠幅差异不显著;柳杉半同胞子代林胸径、树高、材积、冠幅的家系遗传力分别为0.41, 0.16, 0.36, 0.16, 单株遗传力分别为0.78, 0.60, 0.76, 0.33;各性状期望遗传增益分别为6.75%, 0.47%, 11.79%, 0.52%, 现实增益分别为16.47%, 2.92%, 32.76%, 3.27%, 27个家系生长表现优异。研究结果可为探索子代林生长变异规律,一代种子园管理、杂交育种、优良家系(无性系)评选,及下一代育种群体构建提供参考。

关键词:柳杉;一代种子园;半同胞家系;遗传变异

中图分类号:S722.8⁺3;S791.31

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2018.05.002

Analysis of genetic variation of half-sibs in the seed orchard of *Cryptomeria fortunei*

Li Shangqian

(Yangmeiling National Forest Farm of Xiapu, Xiapu 355100, China)

Abstract: The 5-year-old half-sib descendants of *Cryptomeria fortunei* was studied to explore the genetic variation pattern of the growth traits (height, DBH, volume and crown width respectively) of the progeny forest seed orchard from the forest in Yangmeiling Forestry Farm, Xiapu, Fujian Province. The results showed that the average values of tree height, DBH, volume and crown width of half-sib progeny families were 11.64 cm, 6.75 m, 0.040 3 m³, 2.07 m, respectively. The volume increment of 27 half-sib progeny was higher than that of control. And the overall coefficient of variation of growth traits was in such an order as volume > breast diameter > crown width > tree height, CV_w was greater than CV_f . Analysis of variance showed that there were extremely significant differences in breast diameter, tree height, and volume, but not significant in crown width among families. The h_f^2 of the tree height, DBH, volume, and crown width were 0.41, 0.16, 0.36, and 0.16 respectively, and their h_i^2 were 0.78, 0.60, 0.76 and 0.33 respectively. The expected genetic gain (relative to control) for each trait was 6.75%, 0.47%, 11.79% and 0.52%, respectively, and the reality gain (compared to control) was 16.47%, 2.92%, 32.76%, and 3.27% respectively. The 27 half-sib families performed excellently in the growth. The research results could be reference for the generation of seed garden management, cross breeding, selection of elite families (clonal), and construction of the next generation breeding population.

Key words: *Cryptomeria fortunei*; First generation seed orchard; Half-sib family; Genetic Variation

柳杉(*Cryptomeria fortunei*)属杉科常绿大乔木,是我国亚热带地区重要的速生用材林树种和园林

观赏绿化树种,在高海拔地区或空气湿度大的沿海山地具有较高的生长优势^[1]。福建省霞浦杨梅岭

收稿日期:2018-08-10;修回日期:2018-09-26

作者简介:李上前(1979-),男,福建霞浦人,工程师,学士。主要从事柳杉良种繁育等相关科研工作及营造林、林木采伐、森林保护管理工作。

国有林场于1970年代开始柳杉遗传改良研究,在柳杉选优、种源试验、种子园建园技术及初级种子园子代林测定和遗传多样性等方面进行了大量研究^[2-9],取得了一定成果,为柳杉遗传改良工作积累了较丰富材料。但柳杉第一代种子园自2004年建立以来,在子代林生长遗传变异方面并未开展广泛研究,这极大限制柳杉遗传改良工作的进一步开展。因此,本研究以一代种子园5年生半同胞子代为对象,分析子代林生长的遗传变异情况,探索子代林生长变异规律,以期为一代种子园管理、杂交育种、优良家系(无性系)评选、及下一代育种群体构建提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

试验用苗木种子来源于杨梅岭林场柳杉一代种子园(即1.5代种子园)。柳杉一代种子园位于霞浦杨梅岭林场杨梅岭工区4大班1小班,坡向东南,海拔100 m,气候温暖,雨量充沛,冰霜少见,年平均气温18.5℃,年降水量1400—1600 mm,年均相对湿度79.2%。种子园面积6.2 hm²,2002年定砧,2003年3月从初级种子园中选出经过子代测定27个优良无性系(选择强度0.4)完成嫁接。2011年11月采集一代种子园全国27个无性系种子,于2012年4月单系育苗,编号为1—28(含1个初级种子园混合种对照),2013年3月15日于四罗洋工区7大班2小班造林,面积2 hm²。地理位置为东经119°59′41″,北纬26°50′29″,土壤为红壤,立地等级Ⅱ级,坡向西南坡,坡度16—21°,海拔329—361 m。造林试验采用完全随机区组设计,株行距2.0 m×2.0 m,重复10次,采用4株单列小区,每个小区4株。重复沿山坡水平方向(横坡)排列,重复内各小区顺坡单行排列,重复内的立地条件要求基本一致,而且各小区要连在一起构成1个重复,根据地形同一重复分成4行。

1.2 观测方法

2017年11月,测定28个家系(含1个对照)树高、胸径及东西向和南北向冠幅,并取东西向和南北向冠幅的平均值作为冠幅值。每个家系(含1个对照)测定10个重复,共计40样株。柳杉立木材积按照下列福建省柳杉二元立木材积公式计算: $V=0.000\ 058\ 06\ D^{1.955\ 335}H^{0.894\ 033}$ 。

1.3 统计分析

1.3.1 方差分析 设有*i*个家系,*j*个区组,每小区*n*株,以单株观测值为统计单元,每个观测值线性模型为 $y_{ijk}=\mu+f_i+b_j+fb_{ij}+e_{ijk}$

式中, y_{ijk} 为单株观测值, μ 为总体平均值, f_i 为家系效应, b_j 为区组效应, fb_{ij} 为区组×家系效应, e_{ijk} 为随机误差。

1.3.2 参数估算 变异系数: $CV_T(\%)=(\sigma_T/\bar{x}_T)\times 100$

家系间变异系数: $CV_F(\%)=(\sigma_F/\bar{x}_F)\times 100$

家系内变异系数: $CV_W(\%)=(\sigma_W/\bar{x}_W)\times 100$

式中, σ_T , σ_F , σ_W 分别表示总体、家系间及家系内标准差, \bar{x}_T , \bar{x}_F , \bar{x}_W 分别表示对应水平上的性状均值。

$$\text{单株遗传力: } h_i^2 = \frac{4\sigma_f^2}{\sigma_e^2 + \sigma_{fb}^2 + \sigma_b^2}$$

$$\text{家系遗传力: } h_f^2 = \frac{\sigma_f^2}{\sigma_e^2/nb + \sigma_{fb}^2/b + \sigma_f^2}$$

式中, h_i^2 为单株遗传力, h_f^2 为家系遗传力。*n*,*b*为校正后的小区株数、区组数。

遗传增益计算公式为 $\Delta G=(h_i^2 \times S)/\bar{x}$

现实增益: $G(\%)=[(X-X_i)/X_i]\times 100$

式中, h_i^2 为遗传力,*S*为选择差, \bar{x} 对照平均值;*X*为参试家系总体均值, X_i 为对照(CK)均值。

2 结果与分析

2.1 柳杉家系生长性状变异分析

柳杉一代种子园28个家系(含1个对照)的生长表现各有差异(见表1)。5年生家系胸径、树高、材积、冠幅具有较高的生长量,变幅分别达到2.09 cm,0.54 m,0.015 2 m³,0.35 m,材积变幅较大。在变异水平上,各性状均存在不同程度的变异,胸径、树高、材积、冠幅各性状总变异系数分别为15.31%,10.14%,34.95%,12.97%,即材积>胸径>冠幅>树高,材积具有较高的变异。从家系间及家系内来看,各性状家系内变异系数均大于家系间变异系数,生长性状变异以家系内为主。家系方差分析表明,胸径、树高、材积*F*检验差异极显著,说明家系间各生长性状存在较大差异,家系是影响子代生长表现的主要原因。但冠幅*F*检验不显著。

表 1 柳杉家系表型生长性状变异及方差分析

变量	变幅	均值	总体变异系数/%	家系间变异系数/%	家系内变异系数/%	自由度	均方	F 值
胸径	10.7—12.79 cm	11.64 cm	15.31	2.51	14.05	26	15.433 6	6.12**
树高	6.46—7.00 m	6.75 m	10.14	1.4	9.83	26	1.092 8	2.7**
材积	0.034 0—0.049 2 m ³	0.040 3 m ³	34.95	4.65	32.54	26	0.000 9	5.4**
冠幅	1.97—2.32 m	2.07 m	12.97	2.9	12.55	26	0.076 5	1.2

** 表示差异极显著(0.01 水平)

将柳杉一代种子园 27 个家系与对照进行对比(见表 2),发现 27 个家系生长性状表现优异,胸径和材积均大于对照,有 24 个家系树高大于对照,23 个家系冠幅大于对照;其中家系材积表现最好,材积大于对照 40%的家系达 10 个,具有较好的生长表现。综合胸径、材冠幅及变异情况,3,7,8,25,35,42,61,65,67 和 70 等 10 个家系具有最好的生长表现。

表 2 柳杉家系与对照不同性状的对比数

性状	CK	不同性状大于 CK 不同百分比层次的家系个数				
		>0	>10%	>20%	>30%	>40%
胸径/cm	9.99	27	24	7	0	0
树高/m	6.56	24	0	0	0	0
材积/m ³	0.030 4	27	27	20	19	10
冠幅/m	2.00	23	2	0	0	0

2.2 遗传力估算

表 3 5 年生家系各性状方差分量及遗传力

变量	方差分量			家系遗传力 (h_f^2)	单株遗传力 (h_i^2)
	家系	家系×区组	误差		
胸径	0.318 2	0.231 8	2.520 2	0.41	0.78
树高	0.017 7	0.009 8	0.405 4	0.16	0.60
材积	0.000 0	0.000 0	0.000 2	0.36	0.76
冠幅	0.002 7	0.000 0	0.063 7	0.16	0.33

对各变量性状进行遗传力估算(见表 3),可知家系遗传力胸径最大为 0.41,树高和冠幅最小为 0.16,即家系遗传力胸径(0.41)>材积(0.36)>树高(0.16)=冠幅(0.16);单株遗传力胸径最大为 0.78,冠幅最小为 0.33,即胸径(0.78)>材积(0.76)>树高(0.6)>冠幅(0.33),说明生长性状受中等偏上的遗传控制。

表 4 生长性状遗传增益和现实遗传增益

项目	胸径		树高		冠幅		材积	
	均值/cm	变异系数/%	均值/m	变异系数/%	均值/m	变异系数/%	均值/m ³	变异系数/%
总体平均值	11.64	15.31	6.75	10.14	2.07	12.97	0.040 3	34.95
CK	9.99	22.76	6.56	11.39	2.00	15.03	0.030 4	48.89
遗传力	0.41		0.16		0.16		0.36	
遗传增益/%	6.75		0.47		0.52		11.79	
现实增益/%	16.47		2.92		3.23		32.76	

2.3 期望遗传增益和现实遗传增益

良好的生长增益是评价种子园的一项重要指标。对 27 个柳杉家系进行生长增益分析(见表 4),结果表明:胸径遗传增益 6.75%,树高遗传增益 0.47%,冠幅遗传增益 0.52%,材积遗传增益 11.79%,即遗传增益材积>胸径>冠幅>树高,冠幅和树高增益不明显,但材积增益较大。现实增益分析,材积增益达 32.76%,胸径增益 16.47%。通过增益分析,表明种子园建园材料表现不仅具有一定的稳定性,也说明从子代测定家系中选择优良家系或优良单株是可行的。

3 结论与讨论

柳杉一代种子园 5 年生家系表现良好,家系胸径、树高、材积、冠幅及材积生长量均大于对照,且家系间胸径、树高、材积存在极显著差异,表明各家系表现优良,具有单选和推广价值。胸径、树高、材积、冠幅各性状总变异系数分别为 15.31%,10.14%,34.95%,12.97%,即材积>胸径>冠幅>树高,材积具有较高的变异水平;家系内变异系数大于家系间变异系数,变异主要来自于家系内。柳杉家系胸径、树高、材积、冠幅的家系遗传力分别为为

0.41, 0.16, 0.36, 0.16, 单株遗传力分别为 0.78, 0.60, 0.76, 0.33; 各性状期望遗传增益分别为 6.75%, 0.47%, 11.79%, 0.52%, 现实增益分别为 16.47%, 2.92%, 32.76%, 3.27%, 27 个家系生长表现优异。

本研究中柳杉一代种子园 5 年生家系材积现实增益为 32.76%, 其达到了我国 1.5 代种子园树高增益水平(20%—32%)^[10], 说明柳杉一代种子园总体改良效果达到了预期, 具有显著的改良效果。以此为基础进行下一步遗传改良是可行的, 也具有良好的基础。从变异层次及水平上看, 柳杉一代种子园自由授粉子代家系内变异占很大比例, 与 Stoehr 等对不列颠哥伦比亚内地云杉(*Picea glauca*)种子园子代研究结果^[11]和白天道对马尾松实生种子园自由授粉子代研究结果^[10]类似。因此下一步选育可从家系内入手, 选出优良单株, 来构建丰富柳杉下一轮育种群体。在遗传力方面, 与黄信金^[8]、黄勇^[7]对柳杉初级种子园子代林所估算的遗传力相比偏低。由于遗传力的估算受供试材料的性质、群体的大小、取样方法、估算方法、环境条件、子代年龄等影响, 它不是一个固定量, 因此遗传力估算存在一定差异。但是遗传力可作为本文供试群体和所处环境的一种估算指标^[12], 反映出遗传因素和环境因素作用效果的强烈程度。考虑到本文所用子代林仅为 5 年生, 生长性状表现易受环境影响, 还不够稳定, 因此, 遗传力估算也可能会偏低, 未来还需

要对此进行持续观测和研究。

参考文献:

- [1] 中国树木志编委会. 中国主要造林树种(上册)[M]. 北京: 中国农业出版社, 1978: 29-34.
- [2] 谢巧银. 柳杉优良种源选择试验[J]. 科技信息(科学教研), 2008(4): 315-316.
- [3] 黄信金. 柳杉种源变异与联合选择[J]. 浙江林学院学报, 2010, 27(6): 884-889.
- [4] 欧阳磊. 柳杉种子园亲本遗传变异规律与选择[J]. 中南林业科技大学学报, 2010, 30(3): 90-94.
- [5] 陈怀秋. 柳杉种子园营建及管理技术[J]. 林业勘察设计, 2001(2): 81-84.
- [6] 黄信金. 22 年生柳杉双列杂交子代生长量遗传分析及选择[J]. 福建林业科技, 2012, 39(1): 5-8, 16.
- [7] 黄勇. 柳杉全同胞子代测定林及优良家系选择[J]. 亚热带农业研究, 2013, 9(2): 98-101.
- [8] 黄信金. 柳杉半同胞子代遗传变异与优良遗传型选择[J]. 中南林业科技大学学报, 2010, 30(7): 50-54.
- [9] 徐进, 刘子梁, 欧阳磊, 等. 柳杉初级种子园遗传多样性[J]. 东北林业大学学报, 2014, 42(4): 1-5.
- [10] 白天道. 马尾松实生种子园家系特征分析及遗传评价[D]. 南京: 南京林业大学, 2013.
- [11] STOEHR M, O'NEILL G, HOLLEFREUND C, YANCHUK A. Within and among family variation of orchard and wild-stand progeny of interior spruce in British Columbia[J]. Tree Genetics & Genomes, 2005, 1(2): 64-68.
- [12] 吴煜章. 遗传力与遗传力的估算[J]. 内蒙古林业, 1986(12): 31-33.
- [20] 马英姿, 张慧, 宋荣, 等. 高温胁迫对蛇足石杉生理特性的影响[J]. 中草药, 2013, 44(2): 224-228.
- [21] 蹇光耀, 孔祥生, 张淑玲. 3 个牡丹品种对高温胁迫的生理响应[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(12): 103-105.
- [22] 姬承东, 张德罡, 朱钧, 等. 高温对匍匐剪股颖果岭草坪草生理特性及再生性的影响[J]. 中国农学通报, 2007, 23(1): 221-224.
- [23] 许桂芳, 张朝阳. 高温胁迫对 4 种珍珠菜属植物抗性生理生化指标的影响[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(3): 565-569.
- [24] 李敏, 马均, 王贺正, 等. 水稻开花期高温胁迫条件下生理生化特性的变化及其与品种耐热性的关系[J]. 杂交水稻, 2007, 22(6): 62-66.
- [25] 王凯红, 刘向平, 张乐华, 等. 5 种杜鹃幼苗对高温胁迫的生理生化响应及耐热性综合评价[J]. 植物资源与环境学报, 2011, 20(3): 29-35.
- [26] XIANG W A, PENG Y H, SINGER J W, et al. Seasonal changes in photosynthesis, antioxidant systems and ELIP expression in a thermonastic and non-thermonastic *Rhododendron* species: A comparison of photoprotective strategies in overwintering plants[J]. Plant Science, 2009, 177(6): 607-617.
- [27] 鲍思伟. 云锦杜鹃低温半致死温度对自然降温的适应[J]. 西南民族大学学报(自然科学版), 2005, 31(1): 99-102.

(上接第 9 页)