2021, 34(3): 152-157
http://www.lykxyj.com

DOI:10.13275/j.cnki.lykxyj.2021.03.017

幼龄红豆树生长和形质性状家系变异分析

肖德卿[1]，邓章文[2]，罗芊芊[1]，徐肇友[3]，沈　斌[3]，
陈焕伟[3]，徐洪辉[2]，周志春[1*]

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所，浙江省林木育种技术研究重点实验室，浙江 杭州　311400；
2. 江西省抚州市林业科学研究所，江西 抚州　344114；3. 浙江省龙泉市林业科学研究院，浙江 龙泉　323700)

摘要：［**目的**］通对红豆树优树家系进行全林测定，以揭示其生长和形质性状的家系遗传变异规律，为红豆树优质用材良种选育和定向培育提供参考依据。［**方法**］以 2017 年营建于浙江龙泉和江西抚州两地点的 3 年生红豆树优树家系试验林为研究对象，分析其家系遗传变异规律和性状间的相关关系。［**结果**］3 年生红豆树生长和形质性状在家系间的遗传差异均达到极显著水平（$p < 0.01$），两地点生长和形质性状的变异系数变幅为 23.3%～65.1%。除树干通直度外，红豆树其余性状的家系遗传力估算值均较高，其变幅为 0.36～0.83，受中等至较强的遗传控制。仅浙江龙泉点红豆树树高单株遗传力估算值（0.87）高于家系遗传力估算值（0.83），受偏强的遗传控制，两地点红豆树其余性状的单株遗传力估算值均低于家系遗传力估算值，单株遗传力变幅为 0.04～0.61，受中等至偏弱的遗传控制。两地点红豆树家系性状间遗传相关系数总体上大于表型相关系数，高、径生长量较大的红豆树家系其分枝数多且分枝较粗，通过对地径的选育可以间接选出树干通直度较高的植株。［**结论**］红豆树生长和形质性状均存在极显著的遗传差异，变异幅度较大，多数性状受中等至偏强遗传控制。速生的红豆树具有分枝较多且分枝较粗等特点，这有利于红豆树种质资源的品种选育。

关键词：红豆树；家系；生长；形质；遗传变异
中图分类号：S718.46　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1001-1498(2021)03-0152-06

植物对环境的适应和自身遗传结构在适应环境过程中的改变可通过生长和形质性状表达出来[1]，通过对植物生长和形质性状变异进行研究，可掌握其遗传变异规律，提升其遗传改良潜力[2]。同时，充分了解生长和形质性状的变异有助于准确地评估改良的可靠性[3]。植物的生长和形质性状变异越丰富，越能体现其对环境的适应[1,4]，而开展多点区域试验可为不同立地和地区选出具有稳定遗传性状的优良家系。辛娜娜等[5]从福建建瓯和江西永丰两地点分别初选出 24 个和 17 个木荷（*Schima superba* Gardn.et Champ.）早期速生优良家系。洪舟等[6]在分析降香黄檀（*Dalbergia odorifera* T. Chen）生长性状遗传变异的基础上，根据育种值筛选出 10 个速生且稳定的优良家系，并进一步筛选出 12 株可作为无性系种子园材料的优良单株。陈孝丑[7]通过对枫香（*Liquidambar formosana* Hance）生长和材性的家系遗传变异规律研究，筛选出 9 个速生优良家系、28 株优良单株以及 7 个可推广的生长材性兼优家系。林木遗传改良中进行早期优良家系和优良单株的选择，在缩短林木育种周期的同时，可有效地提高用材收益。

红豆树（*Ormosia hosiei* Hemsl. et E.H.Wilson）是豆科（Fabaceae）红豆属（*Ormosia* Jasks.）半常绿或落叶大乔木，自然分布于浙江、江西、福建、湖北、重庆和四川等省（市），是国家二级重点保护野生植物[8]，其木材质地坚硬，花纹别致，是上

收稿日期：2020-11-02　　修回日期：2020-12-21
基金项目：浙江省重点研发计划重点项目（2019C02026）；浙江省林木新品种选育重大科技专项重点课题（2016C02056-3）；江西省林业局林业科技创新专项项目（[2019]18 号）
* 通讯作者: 周志春. E-mail：zczhou_risf@163.com

等的雕刻和装饰等珍贵用材。但红豆树因秋梢生长而时常受冻害，导致顶芽枯死，一些苗木在造林后第 2 年会形成 2 个侧枝替代顶梢生长，或形成 1 个与顶梢竞争的侧梢，因此红豆树人工林树干通直度较低，易形成多杈干等缺陷从而影响经济价值[9-12]。现阶段红豆树研究的重点是在优良种质资源收集和保护的基础上，系统分析其生长和形质性状的变异规律，加强其优良品种选育，改良其生长和形质指标，为红豆树种子园的建立及无性快繁提供优良种质材料的同时，也为区域化推广提供理论依据。李峰卿等[10] 对不同产地的红豆树家系种子和幼苗性状变异进行研究，以苗高和地径为筛选指标选出浙江龙泉生长表现优异的 19 个红豆树优良家系。本研究通过对浙江龙泉和江西抚州两个试验点的 3 年生红豆树家系试验林进行全林测定，系统分析其生长和形质性状的家系遗传变异规律及性状间的相关关系等，以期为红豆树的遗传改良和品种选育提供参考依据。

1　材料与方法

1.1　材料来源与试验地概况

2015 年 10 月至 11 月分别收集来自浙江、江西、福建和四川 4 个省份的 76 株红豆树优树自由授粉种子，2016 年 5 月于浙江省龙泉市林业科学研究院省级保障性苗圃进行育苗[3]。2017 年利用培育的 1 年生家系裸根苗分别在浙江龙泉和江西抚州两地点营建红豆树优树家系测定林。浙江龙泉（119º07′ E，27º59′ N）和江西抚州（116º21′ E，27º57′ N）均属于中亚热带季风气候区，浙江龙泉年均气温 17.6 ℃，年均降水量为 1 699.4 mm，无霜期为 263 d；江西抚州年均气温 17.8 ℃，年均降水量为 1 600 mm，无霜期为 275 d。两试验地点的土壤均为酸性红壤，土层在 80 cm 以上，肥力中等。

1.2　试验设计与测定方法

浙江龙泉和江西抚州两地点均采用完全随机区组设计，株行距 2.0 m × 2.5 m，其中浙江龙泉为 5 次重复，8 株单列小区，江西抚州为 7 次重复，5 株单列小区。浙江龙泉参试家系为 76 个，江西抚州参试家系为 71 个，两试验点共有家系 69 个。于 2019 年 11 月底对两地点红豆树优树家系试验林进行全林生长和形质性状调查，生长性状包括树高、地径和冠幅，形质性状包括当年抽梢长、一级分枝数、最大分枝角、最大分枝长、最粗分枝基径和树干通直度。其中，树干通直度分为通直（5 分）、较通直（4 分）、一般（3 分）、弯曲（2 分）和严重弯曲（1 分）5 个级别。

1.3　数据处理

数据处理前依照拉依达准则[13] 剔除异常数据，以单株测定值为单元进行性状方差分析，一级分枝数及树干通直度经 $X^{1/2}$ 数据转换，最大分枝角经反正弦转换，最粗分枝基径经 $1/X$ 转换。

单点方差分析的统计模型为：$Y_{ijk} = u + B_i + F_i + BF_{ij} + E_{ijk}$

式中，Y_{ijk} 为单点试验第 i 个区组第 j 个家系第 k 个单株观测值，u 为群体平均效应，B_i 为第 i 个区组效应，F_j 为第 j 家系的效应，BF_{ij} 为第 i 家系和第 j 区组的互作效应，E_{ijk} 为机误。

家系遗传力：$h_f^2 = \sigma_F^2 / [(\sigma_E^2/nb) + (\sigma_{FB}^2/b) + \sigma_F^2]$

单株遗传力：$h_s^2 = 4\sigma_F^2 / (\sigma_E^2 + \sigma_{FB}^2 + \sigma_F^2)$

式中，n 为每小区单株数，b 为区组或重复数，σ_F^2为家系方差分量，σ_E^2为机误，σ_{FB}^2为家系与区组互作的方差分量。

表型相关系数：$r_{p_{xy}} = \mathrm{cov}_{P_{xy}} / \sqrt{\sigma_{px}{}^2 \sigma_{py}{}^2}$

式中，$\mathrm{cov}_{p_{xy}}$为性状 x 和 y 的表型协方差；$\sigma_{px}{}^2$和$\sigma_{py}{}^2$为性状 x 和 y 的表型方差。

遗传相关系数：$r_a = \mathrm{cov}_a(x,y) / \sqrt{\sigma_{ax}^2 \cdot \sigma_{ay}^2}$

式中，$\mathrm{cov}_a(x,y)$为 x 和 y 性状加性遗传协方差，$\mathrm{cov}_a(x,y) = 4\mathrm{cov}_f(x,y)$，$\mathrm{cov}_f(x,y)$为 x 和 y 性状家系协方差；σ_{ax}^2为 x 性状的加性遗传方差，$\sigma_{ax}^2 = 4\sigma_{fx}^2$，$\sigma_{fx}^2$为 x 性状的家系方差; σ_{ay}^2 为 y 性状的加性遗传方差，$\sigma_{ay}^2 = 4\sigma_{fy}^2$，$\sigma_{fx}^2$为 y 性状的家系方差。

采用 SAS 8.0 软件的 GLM 和 VARCOMP 等过程进行性状方差分析，估算方差分量和表型相关系数，进而估算家系遗传力、单株遗传力和性状间遗传相关系数。其中，单点方差分析、家系遗传力、单株遗传力、表型相关系数、遗传相关系数、加性遗传方差和加性遗传协方差等计算公式见参考文献 [14]。

2　结果与分析

2.1　红豆树生长和形质性状家系遗传变异

单点方差分析结果表明（表 1），浙江龙泉和江西抚州两地点的 3 年生红豆树生长和形质性状都存在极显著家系差异。浙江龙泉点 3 年生家系树高、地径和当年抽梢长的变幅分别为 0.94～2.02 m、

1.67～3.07 cm 和 0.22～0.49 m，树高、地径和当年抽梢长最大家系分别为最小家系的 2.15、1.84 和 2.23 倍。在江西抚州点，树高、地径和当年抽梢长的变幅分别为 1.01～2.05 m、1.93～3.53 cm 和 0.34～0.95 m，树高、地径和当年抽梢长最大家系分别为最小家系的 2.03、1.83 和 2.79 倍。与生长性状一样，红豆树的一级分枝数、最大分枝角、最大分枝长和树干通直度等在家系间也均达到极显著的水平，变异系数为 23.3%～65.1%，如浙江龙泉和江西抚州两地点的红豆树家系最粗分枝基径变幅分别为 0.62～1.28 cm 和 0.65～1.45 cm，这为早期速生和分枝习性优良的红豆树家系选择提供了较大潜力。

表 1 红豆树生长和形质性状的单点方差分析

Table 1 Single point analysis of variance of growth and form-quality traits of *O. hosiei*

地点 Site	性状 Traits	均值 Mean	变幅 Range	变异系数 *CV*/%	均方 *MS* 重复 Repetition	家系 Family	重复 × 家系 Repetition × Family	机误 Error
浙江龙泉 Longquan of Zhejiang	树高 *H*/m	1.55	0.94～2.02	31.1	45.320**	1.590**	0.271**	0.109
	地径 *BD*/cm	2.50	1.67～3.07	28.0	53.278**	3.193**	0.866**	0.273
	冠幅 *C*/m	0.59	0.39～0.73	37.1	8.077**	0.183**	0.078**	0.027
	当年抽梢长 *LCS*/m	0.37	0.22～0.49	65.1	19.812**	0.145**	0.080**	0.021
	一级分枝数 *PBN*	6.81	3.38～9.78	55.5	58.386**	3.023**	0.668**	0.342
	最大分枝角 *MBA*/(º)	40	31～48	36.5	1.775**	0.079**	0.042**	0.027
	最大分枝长 *MBL*/m	0.51	0.25～0.71	55.5	8.055**	0.321**	0.118**	0.055
	最粗分枝基径 *MBD*/cm	1.02	0.62～1.28	40.1	18.541**	0.641**	0.229**	0.114
	树干通直度 *SS*	3.18	2.70～3.95	23.3	0.695	0.125**	0.108**	0.034
江西抚州 Fuzhou of Jiangxi	树高 *H*/m	1.52	1.01～2.05	39.9	18.483**	1.598**	0.417**	0.249
	地径 *BD*/cm	2.76	1.93～3.53	34.9	15.567**	4.294**	1.152**	0.709
	冠幅 *C*/m	0.53	0.29～0.81	61.1	4.273**	0.369**	0.125**	0.078
	当年抽梢长 *LCS*/m	0.63	0.34～0.95	51.9	8.087**	0.406**	0.145**	0.062
	一级分枝数 *PBN*	2.73	1.94～4.04	55.0	6.984**	0.681**	0.397**	0.301
	最大分枝角 *MBA*/(º)	43	31～52	46.7	0.512**	0.132**	0.079**	0.063
	最大分枝长 *MBL*/m	0.56	0.32～0.79	59.4	4.419**	0.347**	0.121**	0.085
	最粗分枝基径 *MBD*/cm	1.09	0.65～1.45	50.6	10.724**	0.862**	0.340**	0.243
	树干通直度 *SS*	3.36	2.92～3.90	23.9	1.918**	0.119**	0.073**	0.037

注：浙江龙泉、江西抚州点的重复、家系、重复 × 家系和机误的自由度分别为：4、75、285、2 389和6、70、382、1 832。** $P < 0.01$，表示极显著性差异；*$0.01 < P < 0.05$，表示显著性差异。下同。

Note: The degrees of freedom of repetition, family, repetition × family and error of Longquan and Fuzhou are 4, 75, 285, 2 389 and 6, 70, 382 and 1 832, respectively. *H*: Tree height; *BD*: Basal diameter; *CW*: Crown width; *LCS*: Length of current shoot; *PBN*: Primary branch number; *MBA*: Maximum branching Angle; *MBL*: Maximum branch length; *MBD*: Maximum branch diameter; *SS*: Stem straightness; ** $P < 0.01$，indicating extremely significant difference; * $0.01 < P < 0.05$，indicated a significant difference.The same below.

2.2 红豆树生长和形质性状的遗传力估算

红豆树生长和形质性状的遗传力估算值表明（表 2），除树干通直度外，其余性状在浙江龙泉和江西抚州两地点的家系遗传力估算值均较高，其变幅为 0.36～0.83。如浙江龙泉点树高和地径的家系遗传力估算值分别为 0.83 和 0.73，江西抚州点树高和地径的家系遗传力估算值均为 0.70，意味着红豆树家系幼林生长受中等至偏强的家系遗传控制。与家系遗传力相比，仅浙江龙泉点红豆树树高单株遗传力估算值（0.87）高于家系遗传力估算值（0.83），受偏强的遗传控制，两地点红豆树其余性状的单株遗传力估算值均低于家系遗传力估算值，受中等至偏弱的遗传控制，其变幅为 0.04～0.61。

2.3 红豆树生长和形质性状的遗传和表型相关

从表 3 可以看出，浙江龙泉和江西抚州两地点

表 2　红豆树生长性状和形质性状的遗传力估算值

Table 2　Estimated of heritability of growth and form-quality traits of *O. hosiei*

性状 Traits	浙江龙泉 Longquan of Zhejiang		江西抚州 Fuzhou of Jiangxi	
	家系遗传力 Family heritability	单株遗传力 Individual heritability	家系遗传力 Family heritability	单株遗传力 Individual heritability
树高 *H*/m	0.83	0.87	0.70	0.44
地径 *BD*/cm	0.73	0.61	0.70	0.42
冠幅 *C*/m	0.58	0.31	0.62	0.30
当年抽梢长 *LCS*/m	0.45	0.23	0.57	0.33
一级分枝数 *PBN*	0.78	0.58	0.37	0.10
最大分枝角 *MBA*/(°)	0.47	0.14	0.36	0.09
最大分枝长 *MBL*/m	0.64	0.32	0.62	0.27
最粗分枝基径 *MBD*/cm	0.65	0.32	0.57	0.22
树干通直度 *SS*	0.12	0.04	0.28	0.09

红豆树家系性状间遗传相关系数总体上大于表型相关系数。3 年生红豆树家系树高、地径和冠幅间均呈极显著的遗传正相关（r_g = 0.344～0.728），树高、地径与一级分枝数、最粗分枝基径间也呈极显著的遗传正相关（r_g = 0.351～0.715），这表明红豆树家系树高与地径的生长量越大，其一级分枝数越多且分枝越粗。在浙江龙泉点，最大分枝角与树高、冠幅、当年抽梢长、最大分枝长和最粗分枝基径等性状的遗传相关程度较弱（r_g = −0.017～0.183），为选择速生性较好、分枝角度较大和分枝较细的品

表 3　两试验点红豆树家系生长和形质性状间的遗传与表型相关系数

Table 3　Genetic and phenotypic correlation coefficients between growth and form-quality traits of *O. hosiei*

地点 Site	性状 Traits	树高 *H*	地径 *BD*	冠幅 *C*	当年抽梢长 *LCS*	一级分枝数 *PBN*	最大分枝角 *MBA*	最大分枝长 *MBL*	最粗分枝基径 *MBD*	树干通直度 *SS*
浙江龙泉 Longquan of Zhejiang	树高 *H*		0.730**	0.647**	0.725**	0.609**	0.176	0.562**	0.451**	0.069
	地径 *BD*	0.383**		0.701**	0.594**	0.629**	0.119	0.656**	0.685**	−0.021
	冠幅 *C*	0.711**	0.728**		0.587**	0.538**	0.168	0.625**	0.592**	−0.088
	当年抽梢长 *LCS*	0.817**	0.815**	0.542**		0.475**	0.191	0.557**	0.469**	0.002
	一级分枝数 *PBN*	0.351**	0.452**	0.155	0.109		0.236*	0.387**	0.387**	0.045
	最大分枝角 *MBA*	0.090	0.225*	0.183	−0.067	0.260*		−0.105	−0.054	0.145
	最大分枝长 *MBL*	0.603**	0.670**	0.372**	0.344**	0.555**	−0.070		0.814**	−0.192
	最粗分枝基径 *MBD*	0.522**	0.641**	0.289*	0.249*	0.593**	−0.017	0.392**		−0.184
	树干通直度 *SS*	0.660**	0.802**	0.527**	0.565**	0.598**	0.724**	−0.118	0.161	
江西抚州 Fuzhou of Jiangxi	树高 *H*		0.762**	0.712**	0.778**	0.434**	0.348**	0.660**	0.542**	0.302**
	地径 *BD*	0.344**		0.747**	0.623**	0.522**	0.366**	0.720**	0.730**	0.244*
	冠幅 *C*	0.671**	0.724**		0.645**	0.644**	0.505**	0.769**	0.689**	0.162
	当年抽梢长 *LCS*	0.720**	0.745**	0.477**		0.362**	0.305**	0.611**	0.459**	0.211
	一级分枝数 *PBN*	0.532**	0.657**	0.438**	0.405**		0.690**	0.525**	0.547**	0.199
	最大分枝角 *MBA*	0.660**	0.739**	0.651**	0.544**	0.612**		0.371**	0.425**	0.180
	最大分枝长 *MBL*	0.719**	0.769**	0.500**	0.519**	0.460**	0.300*		0.844**	0.148
	最粗分枝基径 *MBD*	0.600**	0.715**	0.388**	0.417**	0.327**	0.205	0.394**		0.140
	树干通直度 *SS*	0.782**	0.968**	0.644**	0.840**	0.452**	0.334**	0.668**	0.803**	

注：对角线以上为表型相关系数，对角线以下为遗传相关系数，*为0.05显著水平。

Note: Phenotypic correlation coefficient is above the diagonal, genetic correlation coefficient is below the diagonal, * is the significant level of 0.05.

系提供了可能。总体来看，红豆树家系生长性状与形质性状间普遍呈显著或极显著正相关，为培育速生优质干材，应加强对红豆树家系早期修枝和选育。

3 讨论

遗传与变异是林木遗传育种的基础[15]，本研究在前期红豆树优树种子和种苗性状变异研究的基础上[10]，探究浙江龙泉和江西抚州两地点 3 年生红豆树家系生长和形质性状的遗传变异规律。单点方差分析结果表明，两地点的红豆树生长和形质性状均存在极显著的家系变异，各性状的变异系数均大于 20.0%，幼苗期也曾发现红豆树家系苗高和地径存在显著性差异[10]，这为速生优质家系的选择提供了理论依据和物质基础。红豆树易形成多杈干，植株的分枝数较多会降低树干通直度，影响了优质干材的形成[16]，因此选择分枝数少且细的家系选育更具意义。与江西抚州点相比，浙江龙泉点树高、冠幅和一级分枝数均较大，分枝基径较细，树干通直度较低。究其原因，可能是浙江龙泉点比江西抚州点降水稍多。水分为植物制造碳水化合物、维持细胞质水合作用所必需，又是植物养分的运输工具，降水的增加促进其树高生长、冠幅伸展和分枝数增多。这说明通过加强水肥管理促进红豆树生长的同时，应重视红豆树早期的修剪除蘖，以利于速生通直干材的形成。

3 年生红豆树生长和形质性状的家系遗传力普遍保持着较高水平，受中等至偏强的的家系遗传控制，有利于优良家系的选择。两地点各性状的单株遗传力普遍低于家系遗传力，受中等至偏弱的遗传控制，浙江龙泉点的家系遗传力和单株遗传力大体高于江西抚州点，可能与浙江龙泉点的立地条件有关，重复间和重复内立地环境相对一致会显著降低试验的环境效应。研究中还发现，浙江龙泉点家系树高的单株遗传力大于家系遗传力，这可能是因为红豆树自由授粉家系试验群体中包含部分自交或近交的后代[17]，且性状遗传力的估算值与研究材料、家系数量和试验地环境等因素也有关。总体来说，红豆树生长和形质性状具有较大的遗传改良潜力，这为其优良家系和单株的选择提供了可能。

分析生物性状之间的相关关系可为优质家系的选择提供帮助[18]。遗传相关比表型相关更能准确反映由遗传效应引起的性状间的相关变化[19]。浙江龙泉和江西抚州两地点红豆树家系地径与树干通直度的遗传相关均较高，在江西抚州点，两个性状的遗传相关系数甚至接近于 1，表明通过对地径的选育可以选出树干通直度较高的植株，在同一群体中，可同时实现这两个性状的提高[20]。浙江龙泉点的 3 年生红豆树优树家系最大分枝角与树高及最粗分枝基径等其它生长和形质性状相关性弱，在遗传上较为相互独立。辛娜娜等[5] 和罗芊芊等[18] 在木荷和南方红豆杉家系研究中也发现其最大分枝角与最粗分枝基径不相关或弱相关的规律，这有利于分枝细、分枝角大即易自然整枝家系的选择。两地点的红豆树家系树高、地径与一级分枝数和最粗分枝基径的相关性较强，说明树高和地径生长量突出的红豆树家系，其分枝数多，分枝较粗，在生产上可通过一级分枝数来间接选择速生的红豆树，并通过早期修枝和合理密植来培育优质干材。

限于林木生长周期较长，现阶段试验林处于幼龄阶段，仅对红豆树家系的生长和形质性状进行初步分析，今后还需继续对其生长进行跟踪调查，并结合多区域测定来进一步验证红豆树家系的适应性和稳定性，为不同区域和立地筛选出产量较高且通直度较好的优质家系和单株。

4 结论

幼龄红豆树生长和形质性状存在极显著的家系遗传差异，变异幅度较大，多数性状受中等至偏强家系遗传控制，且各性状间的相关性差异也较大，树高、地径与一级分枝数、最粗分枝基径的相关性较强，有利于选育速生且通直度较高的红豆树优良家系和单株。幼龄红豆树生长和形质性状家系变异的研究结果，可为红豆树种质资源利用和遗传改良提供参考依据。

参考文献：

[1] Pigliucci M, Murren C J, Schlichting C D. Phenotypic plasticity and evolution by genetic assimilation[J]. Journal of Experimental Biology, 2006, 209(12): 2362-2367.

[2] 徐 斌, 彭莉霞, 杨会肖, 等. 杜鹃红山茶叶片主要性状的遗传多样性分析[J]. 植物研究, 2015, 35（5）：730-734.

[3] 肖 遥, 楚秀丽, 徐肇友, 等. 南方红豆杉2年生容器苗多点试验的生长节律家系变异[J]. 林业科学研究, 2016, 29（2）：238-244.

[4] Saenger P, West P W. Phenotypic variation of the mangrove species *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. from seven provenances around Australia[J]. Aquatic Botany, 2018, 149: 28-32.

[5] 辛娜娜, 张 蕊, 范辉华, 等. 5年生木荷生长和形质性状的家系变异和选择[J]. 林业科学研究, 2014, 27（3）：316-322.

[6] 洪 舟, 刘福妹, 张宁南, 等. 降香黄檀生长性状家系间变异与优良家系初选[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2018, 42（4）：106-112.

[7] 陈孝丑. 枫香优树14年生子代遗传变异及选择[J]. 林业科学研究, 2015, 28（2）：183-187.
[8] 赵　颖, 何云芳, 周志春, 等. 浙闽五个红豆树自然保留种群的遗传多样性[J]. 生态学杂志, 2008, 27（8）：1279-1283.
[9] 邱浩杰, 孙杰杰, 徐　达, 等. 末次盛冰期以来红豆树在不同气候变化情景下的分布动态[J]. 生态学报, 2020, 40（9）：3016-3026.
[10] 李峰卿, 陈焕伟, 周志春, 等. 红豆树优树种子和幼苗性状的变异分析及优良家系的初选[J]. 植物资源与环境学报, 2018, 27（2）：57-65.
[11] 李建民, 潘标志, 陈存及, 等. 福建珍贵阔叶用材树种的筛选研究[J]. 林业科学, 2003, 39（1）：93-99.
[12] 郑天汉, 兰思仁. 红豆树天然林优树选择[J]. 福建农林大学学报: 自然科学版, 2013, 42（4）：366-370.
[13] 张　敏, 袁　辉. 拉依达(PauTa)准则与异常值剔除[J]. 郑州工业大学学报, 1997, 18（1）：84-88.
[14] 黄少伟, 谢维辉. 实用SAS编程与林业试验数据分析[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2001.
[15] Mwase W F, Savill P S, Hemery G E. Genetic parameter estimates for growth and form traits in common ash (*Fraxinus excelsior,* L.) in a breeding seedling orchard at Little Wittenham in England[J]. New Forests, 2008, 36(3): 225-238.
[16] 骆文坚, 金国庆, 何贵平, 等. 红豆树等6种珍贵用材树种的生长特性和材性分析[J]. 林业科学研究, 2010, 23（6）：809-814.
[17] 秦国峰, 王培蒂, 周志春, 等. 马尾松苗期生长性状的遗传分析[J]. 林业科学, 1989, 25（6）：559-563.
[18] 罗芊芊, 楚秀丽, 李峰卿, 等. 5年生南方红豆杉生长和分枝性状家系变异与选择[J]. 林业科学研究, 2020, 33（1）：136-143.
[19] 郝俊杰. 陆地棉杂种优势及相关性状的遗传分析[D]. 武汉: 华中农业大学, 2008.
[20] Gjedrem T, Baranski M. Selective breeding in aquaculture: an introduction[J]. Reviews Methods and Technologies in Fish Biology and Fisheries, 2009, 10(6): 570-572.

Growth and Form-quality Traits Diversity Analysis of Young *Ormosia hosiei* Family

XIAO De-qing[1], *DENG Zhang-wen*[2], *LUO Qian-qian*[1], *XU Zhao-you*[3], *SHEN Bin*[3], *CHEN Huan-wei*[3], *XU Hong-hui*[2], *ZHOU Zhi-chun*[1]

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Zhejiang Provincial Key Laboratory of Tree Breeding, Hangzhou　311400, Zhejiang, China; 2. Forestry Academy of Fuzhou City, Jiangxi Province, Fuzhou　344114, Jiangxi, China; 3. Forestry Academy of Longquan City, Zhejiang Province, Longquan　323700, Zhejiang, China)

Abstract: [**Objective**] By testing *Ormosia hosiei* elite families to reveal the genetic variation of the growth and form-quality traits of *O. hosiei* families, and provide a reference for the breeding and directional cultivation of the superior materials of *O. hosiei*. [**Method**] 3-year *O. hosiei* elite family plantations were used to study the genetic variation and the correlation among traits. The experimental forests were established in 2017 at two sites (Longquan of Zhejiang Province and Fuzhou of Jiangxi Province). [**Result**] The genetic differences of the growth and shape traits of 3-year-old *O. hosiei* were significant ($p < 0.01$). The variation coefficient of the growth and form-quality traits of the two sites ranged between 23.3% and 65.1%. With the exception of stem straightness, the estimated values of all the other family heritability traits of *O. hosiei* were high, and the variation ranged between 0.36 to 0.83, subjected to moderate to strong genetic control. The estimated values of individual heritability of tree height (0.87) was higher than that of family heritability (0.83) in Longquan, Zhejiang, which was strongly controlled by heredity. The individual heritability of *O. hosiei* trees in both the two sites was lower than the family heritability, the variation of individual heritability was from 0.04 to 0.61, which was under moderate to weak genetic control. On the whole, the genetic correlation coefficient was greater than the phenotypic correlation coefficient. The *O. hosiei* family with higher height and larger basal diameter has more branches and thicker branches. The plants with higher stem straightness can be selected indirectly through the selection of ground diameter. [**Conclusion**] There are extremely significant genetic differences, and the range of variation is large. Most traits were controlled by moderate to strong inheritance. The fast-growing *O. hosiei* individuals have more branches and thicker branches, which is beneficial to the breeding of *O. hosiei* germplasm resources.

Keywords: *Ormosia hosiei*; family; growth; form-quality; variation

（责任编辑：金立新）