

文章编号: 1001-1498(2007)01-0035-05

乳源木莲苗生长和形态的地理种源分化

李因刚¹, 周志春^{1*}, 金国庆¹, 范辉华², 王月生³

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400; 2. 福建省建瓯市林业科技推广中心, 福建 建瓯 353100;

3. 浙江省淳安县富溪林场, 浙江 淳安 311700)

摘要: 利用来自乳源木莲主要分布区的 12 个种源在福建建瓯和浙江淳安两个试验点开展苗期遗传测定, 系统研究苗木生长、苗高生长参数、叶片形态、根系特征和干物质积累等性状的种源遗传差异。研究结果表明: 乳源木莲苗的生长、叶片形态、干物质积累量、主根长和根幅等性状存在显著的种源效应。由于乳源木莲侧根相对不发达, 一级侧根数和最长侧根长的种源差异未达到统计学上的显著水平, 但其绝对值间却相差 2.8 倍。乳源木莲苗生长和形态等主要性状的种源变异受产地经度和纬度的双重控制, 与北部和东部种源相比, 来自于南部和内陆的种源其苗高径生长量和苗高生长参数较大, 分枝数较多, 叶片数多且较宽长。根据苗期种源测定结果, 初选出江西全南、龙南和福建连城、沙县、将乐等优良种源, 其苗高生长量比对照增加了 8.99% ~ 56.28%。

关键词: 乳源木莲; 种源; 苗木; 生长; 形态; 地理分化

中图分类号: S722

文献标识码: A

Geographical Differentiation for Seedling Growth and Morphology of *Manglietia yuyuanensis* Provenances

LI Yin-gang¹, ZHOU Zhi-chun¹, JIN Guo-qing¹, FAN Hui-hua², WANG Yue-sheng³

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400, Zhejiang, China; 2. Extending Center for Forestry S & T of Jian 'ou City, Fujian Province, Jian 'ou 353100, Fujian, China; 3. Fuxi Forestry Fam of Chun 'an County, Zhejiang Province, Chun 'an 311700, Zhejiang, China)

Abstract: *Manglietia yuyuanensis* provenance trails including twelve seed sources from primary natural distribution zone, located at Chun 'an of Zhejiang and Jian 'ou of Fujian, were used to study provenance variation for seedling characteristics such as seedling growth, seedling shoot elongation parameters, leaf morphology, root character and dry matter accumulation. The results indicated that there existed significant differences among provenances for seedling traits including seedling growth, leaf morphology, dry matter accumulation, tap root length and root range. Owing to the relative poor lateral roots of *Manglietia yuyuanensis*, provenance variation of first-class lateral root amount and the longest lateral root length could not reach significant level in statistics, but the biggest value was 2.8 times that of the smallest one. Provenance variation of most seedling growth and morphology characteristics was under the double control of longitude and latitude and had higher height and basal diameter growth, larger seedling shoot elongation of its seed source. Compared with the northern and eastern provenances, the southern and inland provenances had more branches, more and wider/longer leaves. According to the result of seedling provenances, five good provenances (Quannan and Longnan of Jiangxi, Li

收稿日期: 2006-02-15

基金项目: 浙江省科技厅重大项目“速生丰产用材林良种的选育与应用示范”(2004C12022)专题“乳源木莲速生用材林良种选育与应用示范”和福建省林业厅科研项目“乳源木莲优良种植材料筛选应用研究”(闽林[2004]科8号-2)

作者简介: 李因刚(1980—),男,山东临沂人,中国林科院林木遗传育种专业在读硕士研究生。

*通讯作者

ancheng, Shaxian and Jiangle of Fujian) were selected whose seedling height growth was 8.99% ~ 56.28% higher than the control.

Key words: *Manglietia yuyuanensis*; provenance; seedling; growth; morphology; geographical differentiation

乳源木莲 (*Manglietia yuyuanensis* Law) 属木兰科 (Magnoliaceae) 木莲属 (*Manglietia*) 常绿大乔木, 别名狭叶木莲、狭叶野厚朴, 是近年来发掘推出的优良乡土速生用材和生态造林树种。其自然分布于广东北部、湖南南部、江西南部、安徽南部、浙江和福建, 生于海拔 700 ~ 1 200 m 的阔叶林中, 喜温暖湿润气候环境, 偏阴性, 幼树耐荫。适宜土层深厚、潮润、肥沃或中庸的排水良好的酸性黄壤土上生长。其生长迅速, 适应性和抗寒性强, 树干通直圆满, 木材结构细, 纹理直, 耐腐性较好, 易加工, 是优良的建筑、家具和胶合板用材。乳源木莲是与松杉混交的理想树种, 与杉木 (*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.) 混交时, 其早期生长虽略缓于杉木, 但 10 年生左右就进入干材速生期, 16 年生时单株材积几乎是杉木的 3 倍^[1]。

近年来, 乳源木莲在浙江、福建、江西等省的速生丰产用材林基地建设及针叶林阔叶化改造中受到广泛的重视, 已解决了育苗^[2,3]和造林技术的问题^[4], 提出了混交培育优质干材的关键技术^[1]。此外, 在其材质材性^[5]、天然种群结构^[6,7]等研究方面也取得较大进展; 但乳源木莲的育种工作仍处于起步阶段。为推进其育种进展, 2002 年中国林科院亚林所联合安徽、浙江、江西、福建等省的科研和生产单位采集了 12 个乳源木莲种源和一批优树种子, 开展多点遗传测定。本文利用浙江淳安和福建建瓯 2 个试验点的种源苗期测定材料, 以研究揭示乳源木莲苗木生长、叶片和根系形态、干物质积累和分配等重要经济性状的地理变异, 为生产造林初选一批优良种源。

1 材料与方法

1.1 试验材料

乳源木莲的分布区域虽然较广, 但因长期以来对天然阔叶林的过度开发, 很多天然林资源遭到破坏, 现在只有在一些自然保护区尚有保存完好的优良天然林分。本研究的采种林分主要为一些国家级和省级自然保护区的天然种群, 包括安徽黄山, 浙江开化古田山、龙泉, 福建武夷山、建瓯、邵武、沙县、连

城、将乐龙栖山, 江西黎川、龙南九连山、全南等, 其中在福建建瓯有 3 个种群。在每个天然种群中要求选择 10 株以上的优良母树, 母树间距在 50 m 以上, 各母树等量混合采集 2.5 kg 以上的球果, 每个种源提供种子 1.0 kg 以上。

乳源木莲种源育苗试验分别设置在福建省建瓯市林业科技推广中心苗圃和浙江省淳安县富溪林场。前者为山地农田, 壤土, 肥力较高, 2004 年 1 月中旬播种, 参试种源或种群为 14 个; 后者为山地苗圃, 沙壤土, 肥力略低, 2004 年 3 月中旬播种, 参试种源为 9 个。苗期测定试验按完全随机区组设计, 3 次重复, 5 行小区 (条播), 行间距 20 cm。5—6 月份 2、3 次间苗以使苗木株距基本相同。苗期除草、施肥、灌溉及病虫害防治等按正常生产管理进行。

1.2 数据的收集与分析

2004 年底全面调查测定 2 个试验点乳源木莲种源的苗木性状。在福建建瓯点和浙江淳安点, 每一试验小区分别随机量测 10 株和 20 株生长正常苗木的苗高、地径、叶片长、叶片宽、叶片数、分枝数。此外, 在浙江淳安点每小区还随机挖取 5 株平均大小的苗木, 测量苗高、地径、叶片长、叶片宽、叶片数、分枝数、主根长、最长侧根长、一级侧根长和根幅等, 然后将植株洗净, 分成根、茎、叶 3 部分, 经 105 杀青 30 min, 65 烘干至恒质量, 测定各部分的干物质积累量。以单株测定值为单位, 按种源单因素进行方差分析以检验其种源差异的显著性, 方差分析时叶片数和一级侧根数经 $X^{1/2}$ 数据转换, 分枝数经 $(X + 0.5)^{1/2}$ 数据转换; 性状方差分析采用 SAS/GLM 软件。

在 2 个试验点分别开展乳源木莲种源苗高生长节律的调查, 每一试验小区选择 10 株生长正常的苗木, 每 10 d 定株观测记录其苗高, 直至 11 月初苗木停止生长。利用 Logistic 方程拟合苗高生长曲线, 估算各参试种源苗高的线性生长量 (TLG)、线性生长期 (LGD)、最大生长速率 (MGR) 和线性生长速率 (LGR) 等生长参数^[8]。

2 结果与分析

2.1 种源苗木性状遗传差异

2.1.1 苗木高径生长 方差分析结果 (表 1) 表明,

在浙江淳安和福建建瓯 2 个试验点乳源木莲种源的苗高和地径差异都达到极显著水平,说明其种源间遗传分化很大,在生产中选用优良种源将能取得显著的遗传增益。在福建建瓯点,种源苗高变化在 29.0~65.0 cm 间,生长最高的种源为最低种源的 2.24 倍;地径变化在 0.68~0.97 cm 间,最高和最低种源间相差 42.6%。在浙江淳安点,种源苗高和地径变化分别在 19.5~41.8 cm 和 0.69~0.93 cm 间,最高种源和最低种源分别相差 114.4%和 34.8%。2 个试验点的比较分析发现,福建建瓯点的苗

木高径生长,尤其苗高生长显著高于浙江淳安点,前者种源苗高和地径的均值分别是后者的 1.47 倍和 1.04 倍。福建建瓯点水热条件较好,早在 1 月就育苗,加之苗圃土壤肥力较高,不仅有利苗木高径生长,而且有助于鉴别乳源木莲苗木生长性状的种源差异。浙江淳安点地处乳源木莲天然分布区的北缘,在 3 月中旬才开始育苗,加之苗圃地土壤肥力稍差,从而影响该试验点的苗木生长及对种源差异的有效鉴别。

表 1 乳源木莲种源苗高和地径的方差分析结果

地点	性状	均值	变化幅度	变异来源			
				重复	种源	重复 × 种源	机误
福建建瓯	苗高 /cm	43.3	29.0~65.0	309.107 9	2 424.967 3**	186.294 8	247.138 3
	地径 /cm	0.82	0.68~0.97	0.011 7	0.161 3**	0.050 7	0.041 3
	分枝数 /个	1.71	0.42~2.95	0.474 3	1.962 4*	0.851 4*	0.517 5
浙江淳安	苗高 /cm	29.4	19.5~41.8	4 284.355 9	3 603.079 2**	744.370 4**	79.334 2
	地径 /cm	0.79	0.69~0.93	0.340 3	0.348 4**	0.083 3**	0.029 1
	分枝数 /个	1.56	0.50~2.76	1.793 2	4.215 6**	0.802 3	0.524 6

注:福建建瓯和浙江淳安 2 个试验点的重复、种源、重复 × 种源和机误的自由度分别为 2、13、26、378 和 2、8、16、513。*、** 分别表示显著性概率为 0.05 和 0.01,下同。

2.1.2 分枝、叶片和根系形态 从表 1 和表 2 方差分析结果可看出,乳源木莲苗木分枝数、叶片数、叶片长宽的种源效应显著或极显著。苗木分枝数多说明其生长健壮,福建建瓯和浙江淳安 2 个试验点种源分枝数的变化幅度分别为 0.42~2.95 个和 0.50~2.76 个。乳源木莲因叶片细长而又被称为狭叶木莲,但不同种源的叶片形态

仍存在较大的差异,叶片长度和宽度的变化幅度分别为 14.7~19.1 cm 和 3.4~5.1 cm,且在 2 个地点表现一致。乳源木莲苗的主根非常明显,侧根相对不发达,不同种源间主根长和根幅差异显著。一级侧根数和最长侧根长的种源差异虽未达到统计学上的显著水平,但绝对值间却相差 2.8 倍。

表 2 乳源木莲种源叶片和根系形态的方差分析结果

地点	性状	均值	变化幅度	变异来源			
				重复	种源	种源 × 重复	机误
福建建瓯	叶片长 /cm	16.3	15.4~18.0	2.492 1	27.177 6**	9.267 3	9.923 3
	叶片宽 /cm	4.1	3.5~5.1	0.608 6	4.682 4**	0.797 8	0.599 6
	叶片数 /片	15.9	11~23	0.047 6	2.869 0+	1.470 2	0.889 5
浙江淳安	叶片长 /cm	17.2	14.7~19.1	29.114 7	38.214 1*	12.749 9	4.813 3
	叶片宽 /cm	4.1	3.4~5.0	1.218 7	5.068 3**	0.551 5	0.266 7
	叶片数 /片	21.9	17~28	2.788 8	3.096 0+	1.303 3	0.740 6
	主根长 /cm	19.4	10.5~27.6	33.465 4*	16.893 5+	7.086 1	7.313 4
	最长侧根 /cm	21.4	11.2~37.9	165.987 6**	20.257 8	15.769 0	21.957 2
	一级侧根 根幅 /cm	23.4	10~38	2.641 8*	0.606 3	0.430 9**	0.198 5
	根幅 /cm	21.0	9.5~35.1	242.065 9**	47.610 8+	21.132 4	19.898 8

注: +、*、** 分别表示显著性概率为 0.01、0.05、0.01,下同。

2.1.3 干物质积累和分配 干物质积累是衡量苗木生产力高低的重要指标,直接反映苗木吸收、同化养分能力的大小。方差分析结果显示(表 3),浙江

淳安点乳源木莲苗木单株及其根、茎、叶各器官的干物质积累量在种源间都存在显著或极显著的遗传差异,种源单株干物质积累量从最低的 1.94 g 到最高

的 27.10 g,相差近 13 倍。测定结果表明,乳源木莲苗的干物质较多地分配至地下根系部分,占 52%,分配至茎和叶的比例大体相当,分别占 25%和

23%。种源间根冠比存在极显著差异,从最低的 0.43 变化至最高的 2.02,相差约 3.7 倍。

表 3 浙江淳安点乳源木莲苗干物质积累量的方差分析结果

性状	均值	变化幅度	变异来源			
			重复	种源	种源×重复	机误
总干物质积累量 /g	9.20	1.94~27.10	190.9133	778.5272**	540.5027**	1599.8032
根干物质质量 /g	4.79	1.01~13.05	13.8926*	12.7465**	2.6891**	0.7654
茎干物质质量 /g	2.26	0.52~5.95	23.1587	27.8604*	9.0474*	4.4951
叶干物质质量 /g	2.15	0.29~8.22	95.4567	97.3159*	33.7814**	14.8130
根冠比	1.10	0.43~2.02	0.0537	0.1946**	0.0306	0.0635

2.1.4 苗高生长参数 苗高生长参数可用以揭示苗高生长差异机制。从表 4 列出的 2 个试验点参试种源的苗高生长参数可以看出,乳源木莲苗高生长参数存在较大的种源差异。在福建建瓯点,TLG、LGD、MGR、LGR 4 个苗高参数在最大和最小种源间分别相差 86.1%、20.5%、113.0%和 120.0%,在浙江淳安点分别相差 140.5%、17.7%、123.8%和 133.3%。相关分析表明,种源苗高及与 TLG、MGR、LGR 参数间相关关系紧密 ($r=0.889\sim 0.986$),而与 LGD 呈微弱的负相关,苗高生长量大的乳源木莲种源,TLG、MGR、LGR 也较大,种源苗高和苗高线性生

长的增加是由于最高生长速率和线性生长速率的提高,而非线性生长期的延长之故。如江西全南种源其苗高和 TLG、MGR、LGR 虽然最大,但 LGD 却一般;而浙江龙泉等种源的 LGD 较大,但其苗高生长量及 TLG、MGR、LGR 较小。分析表明,乳源木莲种源苗高生长参数与试验点的土壤、气候等环境条件有关,育苗环境较好的福建建瓯点其种源苗高生长参数基本上大于浙江淳安点。不同种源苗高生长参数在试验点间也存在一定的差异,如浙江开化和福建武夷山 2 个种源的苗高 MGR、LGR 在试验点间差异较大。

表 4 福建建瓯和浙江淳安 2 个试验点种源苗高生长参数

地点	种源	线性生长量 /cm	线性生长期 /d	最大生长速率 / $(\text{cm} \cdot \text{d}^{-1})$	线性生长速率 / $(\text{cm} \cdot \text{d}^{-1})$	地点	种源	线性生长量 /cm	线性生长期 /d	最大生长速率 / $(\text{cm} \cdot \text{d}^{-1})$	线性生长速率 / $(\text{cm} \cdot \text{d}^{-1})$
安徽	黄山	22.21	84.69	0.30	0.27	安徽	黄山	19.52	71.18	0.31	0.28
浙江	开化	20.82	83.02	0.24	0.22	浙江	开化	21.10	69.12	0.35	0.31
浙江	龙泉	18.62	94.06	0.23	0.20	浙江	龙泉	13.96	74.82	0.21	0.19
福建	连城	30.20	80.05	0.43	0.38	福建	连城	25.35	67.18	0.43	0.38
福建	武夷山	33.25	81.29	0.47	0.41	福建	武夷山	19.58	71.76	0.31	0.28
福建	建瓯	26.12	85.51	0.35	0.31	浙江	建瓯	12.98	71.95	0.21	0.18
福建	邵武	21.76	85.51	0.29	0.26	淳安	江西黎川	18.31	72.35	0.29	0.26
福建	沙县	28.30	86.35	0.37	0.33	江西	龙南	27.31	79.09	0.39	0.35
福建	将乐	30.24	84.69	0.41	0.36	江西	全南	31.22	76.12	0.47	0.42
江西	黎川	26.20	96.47	0.31	0.28	均值		21.04	76.62	0.33	0.29
江西	龙南	32.91	89.28	0.42	0.37						
江西	全南	34.65	80.30	0.49	0.44						
均值		27.11	87.17	0.36	0.32						

2.2 种源苗木性状与产地经、纬度的相关性

相关分析表明(表 5),乳源木莲种源苗木主要生长和形态性状与产地经、纬度呈不同程度的负相关关系,除线性生长期与产地纬度间的相关系数不显著外,其余皆达到显著或极显著水平。说明分布于我国中东部的乳源木莲其种源苗木主要生长和形

态指标的地理变异受产地经度和纬度的双重控制,与北部种源和沿海种源比较,来自于南部的种源和内陆的种源其苗木生长势较强,高径生长量和苗高生长参数(TLG、LGD、MGR 和 LGR)较大,分枝数较多,叶片数多而较宽长。如来自分布最南端的江西全南和龙南种源宽长的叶片形态有异于福建沙县等

北部和东部种源细长的叶片形态。

表 5 乳源木莲种源苗主要经济性状和苗高生长参数与产地经、纬度的相关系数

地点	经、纬度	苗高	地径	叶片长	叶片宽	叶片数	分枝数	线性生长量	线性生长期	最大生长速率	线性生长速率
浙江	经度	-0.581**	-0.491*	-0.648**	-0.469*	-0.523 ⁺	-0.478	-0.877**	-0.545 ⁺	-0.667*	-0.667*
淳安	纬度	-0.648**	-0.606**	-0.402*	-0.581**	-0.767**	-0.746**	-0.670*	-0.482	-0.765**	-0.765**
福建	经度	-0.606**	-0.584**	-0.696**	-0.545*	-0.454*	-0.515*	-0.610**	-0.307 ⁺	-0.575**	-0.575**
建瓯	纬度	-0.636**	-0.615**	-0.484*	-0.636**	-0.666**	-0.606**	-0.564**	-0.246 ⁺	-0.606**	-0.606**

2.3 乳源木莲优良种源的初选

乳源木莲是适宜与松杉混交、培育优质大径材的阔叶树种,要求速生、干材通直圆满。苗高可以作为苗期种源的初选指标。表 6 列出了福建建瓯和浙江淳安两个试验点参试种源的苗高测定值。以当地种源为试验对照(浙江开化种源因毗邻淳安而作淳安点的对照),两个试验点的初选表明,乳源木莲优良种源来源于其自然分布区的南部,包括江西全南、龙南和福建连城、沙县、将乐等,这些种源的苗高生长量比对照增加了 8.99%~56.28%,尤以江西全南种源苗高生长最为突出。

表 6 福建建瓯和浙江淳安 2 个试验点乳源木莲不同种源的苗高生长量

种源	福建建瓯点		种源	浙江淳安点	
	苗高 /cm	>CK/%		苗高 /cm	>CK/%
江西全南	65.03	56.28	江西全南	41.80	45.64
福建武夷山	52.37	25.86	福建连城	39.00	35.89
江西龙南	50.21	20.67	江西龙南	35.50	23.69
福建将乐	49.53	19.03	福建武夷山	28.60	-0.35
福建连城	46.66	12.14	安徽黄山	26.20	-8.71
福建沙县	45.38	8.99	江西黎川	23.50	-18.12
江西黎川	40.09	-2.43	福建建瓯	22.10	-23.00
福建邵武	36.39	-12.55	浙江龙泉	19.50	-32.06
安徽黄山	35.13	-15.57	浙江开化(CK)	28.70	
浙江开化	31.38	-24.59			
浙江龙泉	29.01	-30.28			
福建建瓯(CK)	41.61				

3 小结

乳源木莲是我国木兰科木莲属中分布最北的一种,是与松杉混交、培育优质大径材的理想阔叶造林树种。与马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)、杉木、木荷(*Schin a superba* Gardn et Champ.)、香樟(*Cin nam om um camphora* (L.) Presl)等树种比较,其分布区较窄,自然分布于广东北部、湖南南部、江西南部、安徽南部、浙江和福建 6 个省。由于乳源木莲生长迅速、材质优异,加之抗寒性很强而受到人们的重视,广泛地用于人工造林和园林绿化。本文率先报道了乳源木莲苗的生长和形态等性状在不同地理种

源间的遗传差异,为后续研究提供了帮助。研究结果表明,乳源木莲苗的高径生长、干物质积累量、根系和叶片形态等的种源差异大多达到显著和极显著水平,种源变异受产地经度和纬度的双重控制,有异于马尾松、杉木、木荷、香樟等亚热带广域性树种的地理变异模式^[9-11]。与北部和东部种源相比,来自于南部和内陆的乳源木莲种源其苗木高径生长量和苗高生长参数(*TLG*、*LGD*、*MGR*和*LGR*)较大,分枝数较多,叶片数宽长且较多。越往南部和西部的种源其叶片形态越与抗旱性相对较强的巴东木莲(*M. patungensis* Hu)、抗寒性相对较弱但速生的桂南木莲(*M. chingii* Dandy)相似,越往东部和北部,乳源木莲种源细长的叶片形态越典型。基于苗期的研究结果,速生的乳源木莲种源主要来源于南岭山脉的江西全南、龙南,以及武夷山脉的福建连城、沙县、将乐等。

参考文献:

- [1] 谢芳. 乳源木莲优质干材混交培育的研究[J]. 林业科学, 2003, 39(2): 84~90
- [2] 叶桂艳. 中国木兰科树种[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996
- [3] 金国庆, 周志春, 胡红宝, 等. 3种乡土阔叶树种容器育苗技术研究[J]. 林业科学研究, 2005, 17(4): 387~392
- [4] 王忠平, 陈水龙, 赖培森, 等. 乳源木莲造林试验研究初报[J]. 福建林学院学报, 1996, 16(4): 315~318
- [5] 周志春, 李建民, 陈炳星, 等. 几种亚热带速生乡土阔叶树种的制浆特性评价[J]. 中国造纸, 2003, 22(2): 8~12
- [6] 陈存及, 曹永慧, 董建文, 等. 乳源木莲天然林优势种群结构与空间格局[J]. 福建林学院学报, 2001, 21(3): 207~211
- [7] 曹永慧, 陈存及, 赖培森, 等. 乳源木莲天然林群落间联结的研究[J]. 福建林学院学报, 2003, 23(2): 124~127
- [8] 张萍, 周志春, 金国庆, 等. 木荷种源苗高生长参数变异研究[J]. 林业科学研究, 2006, 19(1): 61~65
- [9] 全国马尾松种源试验协作组. 马尾松种源变异及种源区划分的研究[J]. 亚热带林业科技, 1987, 1(2): 81~89
- [10] 叶志宏, 施季森. 杉木地理种源变异模式[J]. 南京林业大学学报, 1990, 14(1): 15~22
- [11] 张萍, 金国庆, 周志春, 等. 木荷苗木性状的种源变异和地理模式[J]. 林业科学研究, 2004, 17(2): 192~198