

文章编号: 1002 1498(2004) 02 0192 07

木荷苗木性状的种源变异和地理模式*

张萍¹, 金国庆¹, 周志春^{1**}, 余琳², 范辉华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 浙江省淳安县林业局, 浙江 淳安 311700; 3 福建省建瓯市林业科技推广中心, 福建 建瓯 353100)

摘要: 利用来自 7 省区 36 个木荷种源在浙江淳安和福建建瓯两试验点的苗期测定材料, 研究其苗木生长、根系特征和叶片形态等 12 个性状的种源差异及其地理变异模式。方差分析结果显示, 除主根长、侧根长和叶片颜色在种源间无显著差异外, 其它性状的种源效应都达到显著或极显著水平。种源苗木性状与产地地理气候因子的相关分析发现, 苗高、叶片特征(叶片数、叶片宽、叶片厚)及秋末嫩叶颜色等呈典型的纬向变异模式, 产地温度则是造成这种纬向变异模式的主要环境作用因子。与北部种源比较, 南部种源生长快, 叶片数量多, 但叶片较薄较窄, 其秋末嫩叶颜色变化对寒冷信号反应敏感。影响木荷种子性状表型差异的主导因素是产地的年降水量。以苗高为标准, 分别在两地点初选出优良种源 10 个, 它们多来自 25°N 左右的木荷自然分布区。

关键词: 木荷; 种源试验; 苗期性状; 地理变异; 种源选择

中图分类号: S722 **文献标识码:** A

木荷(*Schima superba* Gardl et Champ) 属山茶科(Theaceac)木荷属(*Schima* Reinw.)常绿大乔木, 为我国东部湿润亚热带常绿阔叶林重要成分之一。木荷乃木荷属植物中分布最广的一种, 其自然分布范围大致在 31°N 以南, 105°E 以东的广大地区, 在浙江、江西、安徽南部、福建西北部、湖南、两广北部、贵州东部及四川东南部都有其分布^[1]。木荷树干端直, 生长迅速, 对土壤条件要求不严, 耐旱力强, 少病虫害。其木材坚实致密, 结构均匀, 力学性质良好, 为建筑、器材、国防等特种用材。由于树冠浓密、叶片厚革质、含水量大、含油脂少、燃点较高、萌芽力强, 木荷还是最著名的生物防火和生态树种^[2,3]。

木荷多年来一直是南方各省的主要造林树种之一。关于已有木荷的研究报道多侧重于群落生态^[4,5]、造林技术^[6]、防火机理^[2,3]等方面, 很少涉及其遗传改良。针对用材和生物防火为目标的木荷育种, 仅见沈国华等对福建尤溪和江苏吴县两个种源苗期生长规律的比较性研究^[7]。为此, 2001 年中国林科院亚林所联合安徽、江西、福建、湖南、广东、广西等省的科研和生产单位共采集了 36 个木荷种源的种子, 开展多点种源区域试验。本文利用浙江淳安和福建建瓯两地点的苗期观测材料, 以揭示木荷苗木生长、形态等性状的种源差异和地理模式, 并依据苗木生长量初选一批优良种源供生产应用。

收稿日期: 20030519

基金项目: 浙江省科技厅/十五 0 攻关重点项目/林种树种结构调整支撑技术与示范(011102166)

作者简介: 张萍(1975), 女, 四川隆昌县人, 硕士研究生。

* 参加研究的还有浙江省淳安县林业局余胜生, 淳安县赋溪林场王月生, 福建省建瓯市林业科技推广中心马丽珍等, 致此谢忱! 同时感谢中国林科院热林所徐大平研究员、江西省林科院曾志光研究员、湖南省林科院李午平研究员、安徽省林科所虞沫奎研究员、以及浙江、福建、广东和广西的一些生产单位协作采集木荷种源种子的同志!

** 通讯作者

1 材料与方方法

111 试材来源和试验设计

采样林分为当地起源的木荷天然纯林和天然混交林, 年龄 15 a 以上, 林相整齐, 分布较均匀, 无病虫害, 结实较多。选择 20 株以上的优良母树采种, 母树间距 50 m 以上。每株母树采集果实 115~215 kg, 等量混合处理后作为该种源的种子, 每种源提供种子 110 kg。计有安徽、浙江、江西、福建、湖南、广东、广西等 7 省区 36 个木荷种源的种子参加育苗试验 (图 1)。

木荷种源育苗试验分别设置在浙江省淳安县赋溪林场和福建省建瓯市林业科技推广中心苗圃。前者为山地苗圃, 沙壤土, 肥力较低, 而后者为山地农田, 壤土, 肥力较高。2002 年 3 月中旬播种, 试验按完全随机区组设计, 3 次重复, 3 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进行管理。

112 数据收集与分析

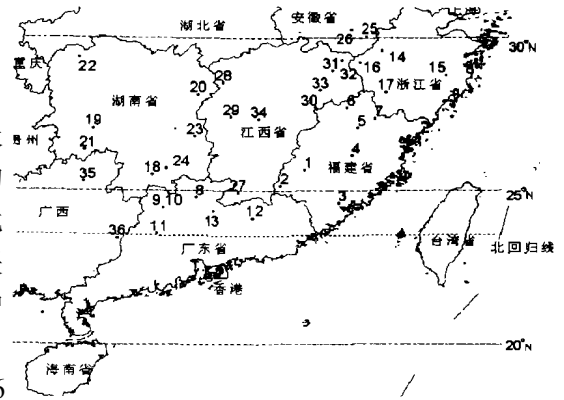
在采集收齐试验用木荷种源种子后, 测定种子的形态性状和千粒质量。每种源每次随机选取 10 粒种子, 重复 3 次, 测定木荷带翅种子的长、宽和长宽比。各种源的千粒质量由测得的百粒质量估算, 重复 5 次。

2002 年 11 月底全面调查测定浙江淳安试验点木荷种源的苗木性状。每试验小区随机量测 10 株生长正常苗木的苗高和地径, 观测其老叶和秋天新抽叶的叶色, 按绿(1)、红绿(2)和红(3)三级记录和打分。苗木生长性状量测后, 每试验小区还挖取 5 株平均大小的苗木测定其叶片数、叶片长、叶片宽、叶片厚度、根幅、主根长、最长侧根长、侧根数及根、茎、叶鲜质量等。对于福建建瓯试验点, 仅量测木荷种源的苗高和地径两性状。以单株测定值为单元, 按种源单因素进行方差分析以检验其种源差异的显著性, 方差分析时侧根数和叶片数经 $X^{-1/2}$ 数据转换, 叶片颜色经 $(X+015)^{-1/2}$ 数据转换。性状方差分析和遗传相关分析分别采用 SAS/GLM 和 SPQG 软件。因淳安点第 3 试验重复有 7 个种源育苗不理想, 以及一些种源发芽率低苗木数量少, 最终参与淳安点和建瓯点统计分析的种源分别为 28 个和 33 个。

2 结果与分析

211 种源间性状的差异性

21111 种子形状 种子形态指标是一种较稳定的性状, 是树木分类及遗传研究的重要指标。方差分析结果显示, 来自不同产地的木荷种子千粒质量差异极为显著 (表 1), 木荷的平均千粒质量为 51758 g, 最大的种源是福建华安 (81379 g), 最小的种源是湖南城步 (31644 g), 前者是后



- 1 福建连城; 2 福建武平; 3 福建华安;
- 4 福建尤溪; 5 福建建瓯; 6 福建武夷山;
- 7 福建政和; 8 广东韶关; 9 广东开平;
- 10 广东阳山; 11 广东广宁; 12 广东龙川;
- 13 广东翁源; 14 浙江淳安; 15 浙江临海;
- 16 浙江开化; 17 浙江龙泉; 18 湖南嘉禾;
- 19 湖南洞口; 20 湖南浏阳; 21 湖南城步;
- 22 湖南桑植; 23 湖南茶陵; 24 湖南桂阳;
- 25 安徽绩溪; 26 安徽太平; 27 江西龙南;
- 28 江西铜鼓; 29 江西安福; 30 江西资溪;
- 31 江西德兴; 32 江西婺源; 33 江西贵溪;
- 34 江西永丰; 35 广西桂林; 36 广西梧州;

图 1 木荷地理种源采种点示意图

明者的 2130 倍。木荷种子大小及长宽比在不同产地间也有显差异, 种子长宽比平均值为 1180, 来自福建建瓯的木荷达到 2143, 而江西德兴的木荷只有 1161。

21112 叶片和根系形态 作为我国南方各省生物防火的首选树种, 木荷叶片和根系形态在选种上具有重要意义, 叶片的大小和厚度与防火性能的强弱直接相关^[8], 而根系状况则影响造林的质量和林木生长。表 2 方差分析结果表明, 木荷苗木叶片数和叶片形态的种源效应都达到显著或极显著差异水平, 其中以叶片数的种源差异最大, 其 F 检验值为 71 15^{**}, 叶片数最多和最少的种源相差 1174 倍。在所调查的 4 个根系性状, 仅发现侧根数和根幅的种源效应显著, 而主根长和最长侧根在种源间差异较小。

21113 秋末叶色 在秋末入冬停止生长前, 不同木荷种源的叶色, 尤其是嫩叶颜色的变化反映了其抗寒能力的大小。木荷叶色按其深浅分为红、红绿和绿, 从方差分析结果来看, 老叶颜色的种源差异不显著, 而秋末新抽嫩叶的颜色在种源间的差异达到极显著水平。比较分析发现, 秋末嫩叶易发红的木荷种源大多来自其自然分布的南部, 而北部种源的秋末嫩叶还呈绿或红绿色。根据秋末嫩叶颜色与叶片鲜干质量比的相关分析, 发现两者呈显著的正相关(相关系数为 01475 2^{**}), 意味着秋末嫩叶色红的种源, 鲜干质量比越大, 含水量越高, 其抗寒性越差, 也就是说, 抗寒性较弱的种源其新抽嫩叶颜色的变化对严寒来临较为敏感, 是一个较好反映种源抗寒性的指标。

21114 苗高和地径生长 浙江淳安和福建建瓯两育苗试验点种源苗高和地径的单个方差分析结果列于表 3。结果显示, 木荷不同地理种源的苗高和地径生长差异均达到极显著水平, 这说明其地理种群间的遗传分化显著, 优良种源选择的潜力很大。淳安点木荷种源的平均苗高为 23145 cm, 变幅为 16126~ 29138 cm, 优劣种源相差 1181 倍; 地径均值 0147 cm, 变幅为 0137~ 0158 cm, 优劣种源相差 1156 倍。对照浙江淳安点, 福建建瓯点的木荷种源苗木生长量较大, 种源平均苗高达 4014 cm, 变幅为 2711~ 5216 cm, 优劣种源相差 1194 倍; 平均地径为 0163 cm, 变幅为 0153~ 0192 cm, 优劣种源相差 1174 倍。表 3 还给出木荷苗木生长性状的广义遗传力估算值, 可以看出苗高和地径的种源遗传力在两个测试点上都较高, 分别大于 0165 和 0180, 这意味着木荷苗木生长性状在种源水平上差异受强的遗传控制。

表 1 木荷种子性状的方差分析结果

性状	均值	变幅	种源均方	机误均方	F 值
千粒质量	51 758	31 644~ 81 379	71471	01071	104183 ^{**}
种子长	01 98	0183~ 11 06	01225	01013	17144 ^{**}
种子宽	01 55	0145~ 01 68	01125	01019	6154 ^{**}
种子长宽比	11 80	1159~ 21 45	11345	01311	4132 ^{**}

注: +, *, ** 显著性概率分别为 0110, 0105 和 0101(下同), 千粒质量均值和变幅的单位为 g, 种子长、宽均值和变幅的单位为 cm。

表 2 浙江淳安点木荷种源叶片和根系形态性状的方差分析结果

性状	均值	变幅	种源均方	误差均方	F 值
叶片数 ¹	41 17	2198~ 5119	51443 8	01 761 6	71 15 ^{**}
叶片长	111 25	9152~ 13167	181310 9	01 223 8	21 94 ^{**}
叶片宽	31 39	3104~ 4103	01705 4	01 390 3	11 81 [*]
叶片厚	21 96	2187~ 3107	21588 2	11 101 9	21 54 ^{**}
老叶颜色 ¹	11 30	1122~ 1158	01178 0	01 152 0	11 17
嫩叶颜色 ¹	11 58	1127~ 1187	01570 0	01 090 0	01 48 ^{**}
主根长	13187	11165~ 16160	341444 8	281695 3	1120
根幅	11138	8153~ 16157	1451982 6	801049 8	1170 [*]
侧根数 ¹	2180	2150~ 3126	01 566 1	01 303 9	1186 [*]
最长侧根	14134	12138~ 18116	251969 1	241496 6	1106

注: ¹ 数据转化后的数值, 叶片长、宽、根长的均值和变幅的单位为 cm, 叶片厚均值和变幅的单位为 mm。

表 3 木荷种源苗高、地径的方差分析结果及主要遗传参数估算

地点	性状	变异来源				遗传参数		
		重复	种源	重复@种源	机误	均值	变幅	广义遗传力
淳安	苗高/cm	5041300.3	6221627.7**	2191080.5**	391172	2315	1613~2914	0.65
	地径/cm	2611432.5	1065137.2**	3261132.4**	831103.2	0.147	317~518	0.69
建瓯	苗高/cm	811626.7	827097.9**	1531362.3*	78723.4	4014	271~5216	0.81
	地径/cm	1281100.4	12621251.6**	2561154.6	199214.3	0.163	513~912	0.80

注: 浙江淳安和福建建瓯两试验点的重复、种源、重复@种源和机误的自由度分别为 2、27、54、753 和 2、32、64、891。

木荷苗木的生长不仅因种源而异,而且还与育苗点的气候、圃地土壤条件及管抚水平有关。福建建瓯乃木荷自然分布的中心产区之一,水热条件较好,育苗地为肥力较高的农用田,而浙江淳安地处木荷自然分布区的北缘,育苗地又为肥力较差的山地苗圃,因此两地点的木荷苗木生长差异很大,建瓯点的苗高和地径生长分别是淳安点的 1175 倍和 1137 倍。比较两测试点木荷苗木生长的种源差异性,发现福建建瓯点远高浙江淳安点,这说明在土壤和气候条件较好的福建建瓯点,可有效地鉴别和揭示木荷苗期生长性状的种源差异,正确地筛选优良种源。

2.12 木荷苗木性状的地理模式

表 4 给出了种源差异显著的苗木性状与其产地地理气候因子的相关系数,结果发现,木荷种源的苗高生长呈现与产地纬度极显著的负相关关系,而与产地经度的相关性较小,种源苗高的变异模式为纬向渐变型,即来自南部种源苗高生长普遍高于来自分布区北部的种源。本研究中虽然观察到苗木地径具有显著的种源效应,但未发现明显的地理变异模式。种源的叶片形态特征和叶色反应是长期进化和适应自然的结果,这里发现木荷的叶片形态和秋末嫩叶颜色也多呈纬向的变异式样。与北部种源比较,南部种源的叶片数虽然较多,但叶片较薄较窄,其秋末嫩叶的颜色变化对寒冷信号反应敏感,抗寒性较弱。通过与产地气候因子的进一步相关分析,发现产地温度是造成木荷种源生长和叶片形态等呈纬向变异的主要环境作用因子,对

表 4 木荷种源的苗期性状与产地地理气候因子的相关系数

性状	经度	纬度	年均温	1月均温	7月均温	\ 10℃ 积温	年降水量	无霜期	
苗高	0.1305	-0.14431**	0.13411*	0.13560*	-0.0240	0.3610*	0.0079	0.5120**	
地径	-0.2811	-0.12985*	0.1046	0.11628	-0.1670	0.0688	-0.0281	0.3247*	
苗高 ¹	0.2136	-0.14175**	0.13420*	0.13562*	0.0497	0.3606*	-0.0330	0.4480**	
地径 ¹	-0.0351	0.10490	-0.1142	-0.12336	-0.1001	-0.2362	-0.12576	0.0594	
叶片长	-0.4180*	-0.12123	0.10179	0.12789	-0.1285	-0.0319	-0.0936	0.3960*	
叶片宽	-0.3210	0.14160*	-0.14790**	-0.14500*	-0.3051	-0.5000**	-0.1734	-0.3260*	
叶片厚	-0.1644	0.15560*	-0.14810*	-0.14670*	-0.1664	-0.4910**	-0.1485	-0.4960**	
叶片数	-0.1584	-0.17120*	0.15400**	0.15430**	-0.0538	0.4850**	-0.0149	0.5850**	
嫩叶颜色	0.0846	-0.13895*	0.14190*	0.13298*	0.3933*	0.3935*	0.0719	0.5094**	
根系	侧根数	0.1016	-0.12452	0.12742	0.12941	-0.1255	0.2602	0.3850*	0.3041
根幅	-0.1624	-0.11395	0.11006	0.11066	-0.1843	0.0488	0.0518	0.1325	
千粒质量	0.0070	0.11064	0.11164	0.11233	0.0049	0.1748	0.5538**	-0.0702	
种子长	0.0759	-0.10176	0.11842	0.11326	0.0769	0.1420	0.3795*	0.1222	
种子宽	-0.1635	-0.10130	0.11444	0.11024	-0.1420	0.1480	0.4234*	0.0583	
长宽比	0.2162	-0.11331	0.11298	0.11615	0.2524	0.1229	-0.0010	0.1295	

注: ¹ 来源于福建建瓯点测试数据,其它均为来自浙江淳安点的试测数据。

于广泛分布(呈连续分布)于我国亚热带地区的其它重要树种也多如此^[9, 10]。与木荷苗高和叶片形态特性等不同的是,未发现其地下部分根系性状存在典型的纬向地理变异模式。

木荷种子性状与产地地理气候因子的相关分析显示,影响种子性状表型差异的主导因素是年降水量,年降水量越多的地区其种子形态和千粒质量越大。如福建武夷山和福建建瓯虽相距较近,但两地的降水量却相差 252 mm(分别为 1 975 mm 和 1 723 mm),前者的种子千粒质量 81379 g,为后者的 1136 倍。

213 木荷苗木性状间相关性分析

21311 种子形态和千粒质量对苗木生长的影响

从表 5 给出的木荷种子形态和千粒质量与苗木生长的相关系数来看,除淳安点苗木地径与千粒质量和种子长宽比有一定的相关性外,种子形态和千粒质量对苗木生长的影响较小,两者大多呈微弱的正相关到微弱的负相关,说明木荷苗木生长表现的种源差异并不是由其种子性状差异决定的,不能仅依据其种子性状预测苗木的生长。

表 5 种子形态和千粒质量与种源苗木生长的相关系数

性状	种子长	种子宽	种子长宽比	千粒质量	
淳安点	苗高	0.1062 3	- 0.170 2	0.1296 0	- 0.1209 6
	地径	- 0.1045 1	- 0.1329 5	0.1404 0*	- 0.1394 2*
建瓯点	苗高	- 0.1032 9	- 0.071 7	- 0.113 5	0.1085 4
	地径	- 0.1163 3	- 0.112 5	- 0.133 4	0.1083 2

21312 苗木性状间遗传相关

基于方差分析结果,表 6 给出了具有显著种源效应苗木性状间的遗传相关系数。结果显示,在种源这一遗传层次,木荷苗木生长性状(苗高、地径)、根系特征(侧根数、根幅)和叶片数量相互间都呈显著的正相关,其遗传相关系数达 0.160~ 0.187,这意味着根系发达的种源,其苗木生长迅速,叶片茂密。然而苗木生长性状与叶片形态指标间的关系较为复杂,发现苗高和地径生长与叶片长度呈显著的正相关,与叶片厚度呈显著的负相关,而与叶片宽度的相关性较小,也就是说苗期生长迅速的种源叶片较大但较薄,这从叶片长、叶片数与叶片厚呈显著的负遗传相关关系同样得以体现。因观测的材料不同,这里未给出秋末嫩叶颜色与其它性状间的遗传相关系数,但从其与苗高的简单相关系数来看,两者呈显著正相关(0.1396 4*),说明苗高生长量大的种源秋末嫩叶易变红,对寒冷信号敏感,其抗寒性相对较弱。上述性状间的相关关系其实也可从其地理变异模式得到反映。

表 6 木荷种源苗木主要性状间的遗传相关

性状	地径	苗高	侧根数	根幅	叶片长	叶片宽	叶片厚
苗高	0.1913 8						
侧根数	0.1703 1	0.1639 1					
根幅	0.1803 1	0.1592 4	0.1877 2				
叶片长	0.1905 7	0.1881 1	0.1373 3	0.1777 8			
叶片宽	0.1130 2	0.1024 2	0.1005 3	0.1381 4	0.1319 2		
叶片厚	- 0.1765 4	- 0.1579 8	- 0.1344 2	- 0.1365 0	- 0.1699 3	0.1154 9	
叶片数	0.1865 9	0.1765 1	0.1719 1	0.1596 9	0.1579 1	- 0.1296 2	- 0.1699 2

214 木荷优良种源的初选

在南方各省区实施的各大林业生态工程中木荷的用种量很大,有些省区主要利用当地天然林分的种子,而有些省份则通过长距离盲目调种。因此,急需为各地筛选一批优良的木荷种源。鉴于本次育苗试验未遇到特别的严寒,所有参试种源都未受到冻害,这里主要以苗高为标准进行木荷优良种源的初选。表 7 列出了两试验点苗高生长排在前十位的种源,这些种源多

来源于北纬 25°左右的木荷自然分布区, 如福建南部的连城、华安, 江西南部的龙南, 广东北部的翁源、阳山、开平、广宁, 湖南南部的嘉禾、西南部的洞口、城步等。从福建建瓯点初选的优良种源来看, 其苗高生长大于当地对照的 19147%~38142%, 来自安徽、浙江和江西北部的种源苗高生长量较小, 如来自浙江的 4 个种源平均苗高为 31153 cm, 仅为 10 个入选种源的 6315%。对于地处木荷分布区北部的浙江淳安试验点, 除来自上述产区的种源表现速生外, 福建北部的种源在浙江淳安点也表现较好。

表 7 两地点初选木荷优良种源及其苗高生长

优良种源	福建建瓯点		优良种源	浙江淳安点	
	苗高/cm	> CK/%		苗高/cm	> CK/%
湖南嘉禾	5216	38142	湖南浏阳	3115	65186
广东翁源	5115	35153	广东广宁	2916	56111
广东开平	5114	35126	广东翁源	2912	53158
江西铜鼓	5111	34147	湖南洞口	2813	49126
湖南茶陵	5110	34121	福建连城	2718	46131
福建华安	5017	33142	福建尤溪	2712	43141
湖南浏阳	4919	31132	广东开平	2711	42189
福建连城	4712	24121	湖南城步	2517	35141
广东阳山	4519	20179	湖南嘉禾	2511	31198
江西龙南	4514	19147	福建武夷山	2419	31103
福建建瓯(CK)	3810		浙江淳安(CK)	1910	
总体均值	3919		总体均值	2310	

3 结论与讨论

本研究发现, 木荷苗木高径生长、根系特性、叶片形态、叶色变化等性状大多具有显著的种源效应, 而苗高、叶片数和叶片形态等表现出典型的倾群变异模式, 与产地纬度显著相关, 而与产地经度相关性较小。来自较南分布区的木荷种源生长迅速, 叶片浓密, 而来自较北分布区的种源生长较慢、叶片数量少但叶片较厚。通过种源苗木性状与产地气候因子的相关分析揭示, 产地温度是造成这种纬向变异模式的主要环境作用因子, 这与该地区其它呈连续分布的广域性树种相似^[9-10]。对于木荷苗木根系性状, 试验未发现存在明显的倾群变异模式。木荷种子性状与产地地理气候因子的相关分析显示, 影响种子性状表型差异的主导因素是年降水量, 年降水量高的地区其种子千粒质量越大, 这有异于其它一些树种的种子变异模式^[11]。

由于本次育苗试验未遭遇特别的严寒, 所有参试种源都未受到冻害, 因此这里主要根据秋末叶色变化来研究种源的抗寒性及地理模式。不同种源秋末老叶颜色差异不大, 而秋末嫩叶颜色的种源差异显著。南部种源秋末嫩叶含水量高, 叶色变化对寒冷来临的信号反应敏感, 易变红, 可初步说明其抗寒性较差。

研究木荷性状相关有助于不同培育目标的种源优选。基于木荷苗木生长、根系和叶片特征的遗传相关分析, 发现具有发达根系的种源, 其苗木生长迅速, 叶片数量多、长而薄。从防火性能角度, 叶片数量多与叶片薄是一对矛盾, 因此还需根据种源造林试验结果和燃烧试验以综合评判不同种源的防火性能。本文主要以苗高为标准初选一些速生型的优良种源。从入选结果来看, 速生型的木荷种源大多来自北纬 25°左右的地区, 也即是南岭山脉。木荷对气候总的

要求是春夏多雨, 冬季温和无严寒, 年降水量 1 200~ 2 000 mm。例如广西的西部虽然热量较高但雨量较少(1 200 mm), 只有红木荷(*Schima wallichii* Choisy) 分布而未见木荷生长。鉴于苗期种源性状遗传尚未得到完全表达, 项目组将从 DNA 分子水平研究揭示木荷种源间的遗传分化和分子亲缘关系, 并结合种源区域试验进行种源区的划分。

参考文献:

- [1] 倪建. 中国木荷与木荷林的地理分布与气候的关系[J]. 植物资源与环境, 1996, 5(3): 28~ 34
- [2] 阮传成, 李振问, 陈诚和, 等. 木荷生物工程防火机理及应用[M]. 成都: 电子科技大学出版社, 1995
- [3] 李振问, 阮传成, 詹学齐. 南方主要阔叶防火树种的栽培与利用[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 1998
- [4] 蔡飞, 张勇. 演替过程中木荷种群动态的研究[J]. 杭州大学学报(自然科学版), 1996, 23(4): 398~ 399
- [5] 王峥峰, 张军丽, 王伯荪, 等. 荷木种群在不同群落中的分子生态研究[J]. 中山大学学报, 2000, 39(5): 120~ 122
- [6] 吴道圣, 王于荣. 木荷造林试验初报[J]. 浙江林学院学报, 1999, 16(2): 207~ 210
- [7] 沈国华, 肖开生, 苏国清. 防火树种木荷种源引种试验研究[J]. 江苏林业科技, 1997, 24(4): 8~ 10
- [8] 舒立福, 田晓瑞. 国外森林防火工作现状与展望[J]. 世界林业研究, 1997, 10(2): 28~ 36
- [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(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(14): 15~ 22
- [11] 王明庥. 林木遗传育种学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001

Provenance Difference and Geographic Variation Pattern for Seedling Trait of *Schima superba*

ZHANG Ping¹, JIN Guoqing¹, ZHOU Zhi2chun¹, YU Lin², FAN Hui2hua³

(¹ The Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400, Zhejiang, China;

² Forestry Bureau of Chun'an County, Zhejiang Province, Chun'an 311700, Zhejiang, China;

³ The Extending Center for Forestry Science and Technology of Jianou City, Fujian Province, Jianou 353100, Fujian, China)

Abstract: *Schima superba* provenance trails including 36 seed sources from 7 provinces, located at Chun'an City of Zhejiang and Jianou City of Fujian, were used to study geographic variation for 12 seedling characteristics (seedling growth, root character and leaf shape, etc.). The result of variance analysis indicated that there existed significant differences among provenances for nine seedling traits except for taproot length, lateral root length and aged leaf color in late autumn. A classical latitude clinal variation pattern was found for seedling height, leaf character (number, width, thickness), and tender leaf color in late autumn, and the local temperature of seed sources was the main climatic factor which led to the variation pattern. Compared with the northern provenances, the southern ones had higher growth rate and more leaves, however, the leaf became thinner and narrower. Color change of tender leaf of southern provenances was sensitive to cold signal in late autumn. In addition, the precipitation amount of seed sources was main factor effecting phenotypic differences of seed traits. At last, recommended for seedling height, 10 superior provenances were selected respectively for two experimental locations and these provenances almost came from the natural distribution area about at latitude 25°N.

Key Words: *Schima superba*; provenance trail; seedling characteristics; geographic genetic variation; provenance selection