

文章编号: 1001-1498(2006)06-0718-07

木荷地理遗传变异和优良种源初选

周志春¹, 范辉华², 金国庆¹, 王月生³, 陈奕良⁴, 饶龙兵¹

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400; 2. 福建省建瓯市林业技术推广中心, 福建 建瓯 353100;
3. 浙江省淳安县富溪林场, 浙江 淳安 311700; 4. 浙江省庆元县庆元林场, 浙江 庆元 323800)

摘要:在 2005 年底, 对福建建瓯、浙江淳安和庆元的 3 年生 37 个产地的木荷种源试验林进行了全面调查, 系统研究了幼林生长和分枝性状的种源差异、种源与环境互作及地理变异模式。结果表明: 木荷树高、当年抽梢长度、地径、冠幅及侧枝总数、侧枝长和侧枝粗等分枝性状都存在显著的种源效应, 木荷地理种源分化明显。造林区立地生境和造林地立地条件对木荷种源生长影响显著, 如福建建瓯点 3 年生种源平均树高较北缘区浙江淳安点和高海拔山地浙江庆元点分别提高了 24.1% 和 18.0%。木荷树高、当年抽梢长度、冠幅、侧枝总数等存在显著的种源 × 地点和种源 × 重复 × 地点互作, 不同种源在各区试点上的生长相对表现差异显著。相关分析表明, 木荷生长和分枝性状的地理变异模式因区试点环境条件差异而迥异。在中心分布区的福建建瓯点, 种源生长和分枝性状与产地纬度相关性显著, 呈典型的纬向地理变异模式, 速生种源主要来源于分布区的中南部; 在北缘区的浙江淳安点, 种源高径生长与产地经纬度相关性较小, 仅发现侧枝总数和树冠浓密度与产地纬度呈一定程度的负相关, 速生种源主要来源于分布区的中部; 而在较高海拔区的浙江庆元点, 由于环境相对恶劣, 木荷种源生长和分枝性状与产地纬度呈显著的正相关, 偏北部种源的早期生长表现较好。基于种源幼林测定结果, 分别从中心分布区和北缘区初选了一批速生用材和生物防火优良种源。

关键词:木荷; 种源试验; 种源选择; 地理变异; 种源与环境互作; 生物防火; 速生用材

中图分类号: S722

文献标识码: A

Geographic Genetic Variation and Preliminary Selection of Superior Provenance in *Schinus molle*

ZHOU Zhi-chun¹, FAN Hui-hua², JIN Guo-qing¹, WANG Yue-sheng², CHEN Yi-liang⁴, RAO Long-bing¹

(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 Forest Farm of Chun 'an County, Zhejiang Province, Chun 'an 311700, Zhejiang, China; 4. Qingyuan Forest Farm of Qingyuan County, Zhejiang Province, Qingyuan 323800, Zhejiang, China)

Abstract: *Schinus molle* provenance trails at age three including thirty-seven seed sources, located at Jian 'ou of Fujian, Chun 'an and Qingyuan of Zhejiang, were used to study provenance differences, provenance-environment interaction and geographic variation pattern for growth and branch traits. The result showed that there existed significant differences among provenances for height, shoot length, root collar diameter, crown width, total number of branches, length and diameter of branches. The growth of different provenances was found to be greatly influenced by the macro-condition and site-specific condition of plant locations. For example, the average height of provenances tested at Jian 'ou of Fujian (the central distribution area) was 24.1% and 18.0% higher than those at Chun 'an of Zhejiang (the

收稿日期: 2006-03-10

基金项目: 浙江省科技厅“十五”攻关重点项目“林种树种结构调整支撑技术研究与示范”(011102166)、浙江省科技厅一般项目“木荷高效生物防火和材用优良种源筛选和应用”(2004C32072)、福建省科技厅重点项目“木荷优良种源选择与应用研究”(2005N076)以及浙江省林业种苗管理总站资助项目

作者简介: 周志春(1963—),男,江苏丹阳人,博士,研究员,博士生导师。

northern zone) and Qinyuan of Zhejiang (the higher altitude mountainous region) respectively. The significant interaction of provenance by location and provenance by block within locations were found for height, shoot length, crown width and total number of branches. The relative growth performance of different provenances greatly varied with the experiment locations. Correlation analysis showed that geographic variation pattern for growth and branch traits changed prominently with location environment. At Jian'ou of Fujian, a classical latitude clinal variation pattern was found for growth and branch traits which was negatively and significantly related to the latitudes of seed sources. Fast-growing provenances were primary from the middle and south distribution area. At Chun'an of Zhejiang, tree height and root collar diameter of provenances was not related to the longitude and latitude of seed sources. Only total number of branches and crown density negatively were related to the latitude of seed source in a certain extent. Fast-growing provenances were primary from the middle distribution area. At Qinyuan of Zhejiang, provenance growth and branch traits was found to be positively and markedly related to the latitude of seed sources, due to relatively poor environment in the higher altitude mountainous region. Early growth performance of the northern provenance was better. Based on the provenance trial result at young stage, superior provenances used for fast-growing timber and biological fire prevention were preliminarily selected for the central and northern distribution areas respectively.

Key Words: *Schinus molle*; provenance trial; provenance selection; geographic variation; provenance-environment interaction; fast-growing timber; biological fire prevention

我国南方省区是林业生产最具活力、森林资源最丰富的地区之一,同时又是森林火灾的高发区,每年发生森林火灾的次数占全国森林火灾发生总次数的 80%以上。防治林火、减少损失、保护环境是国家林业建设的重大需求。营建防火林带是防止和控制森林火灾的有效手段和重要举措。南方省区都将营建防火林带作为一项林业基本建设工程来抓^[1,2]。

生物防火林带建设重视优良防火乔灌木树种的选择和应用^[3~5],但往往仅局限在树种水平上的利用,未针对防火林带特殊的立地条件选用适应性强、早期速生、抗火性能好的良种,影响生物防火林带建设质量和防火效果。木荷 (*Schinus molle* Gardn. et Champ.) 是我国南方重要的生态和高效生物防火树种及优良用材树种,广泛地用于构建生物防火林带和营造生态林与用材林^[2]。自 2001 年中国林科院亚热带林业研究所与福建、江西等科研和生产单位合作启动以生物防火和用材为目标的木荷育种计划以来,研究发现木荷苗木主要经济性状呈典型的纬向变异模式,来自 25°N 左右的木荷种源苗木生长较快^[6];与北部种源比较,南部种源火险期鲜叶抑燃性化学组分高,助燃性化学组分低^[7];此外还利用 DNA 分子标记揭示了造成木荷种源遗传分化的分子基础,将木荷分布区划分为南、中、北 3 个种源区和 4 个种源亚区^[8]。本文利用设置在浙江淳安、庆元和福建建瓯的 3 年生木荷地理种源多点区域测定材料,研究和揭示与木荷防火、抗火性能有关的及影响其防火林带快速构建的

生长、分枝等的种源变异,阐明木荷种源幼林生长对造林生境的反应及互作效应,分别速生用材和生物防火目标初选一批优良种源供生产应用。

1 材料与方法

1.1 试验材料与试验设计

木荷种源区域试验林分别设置在浙江省淳安县富溪林场 (119°01'E, 29°37'N)、庆元县庆元林场隆宫工区苦竹洋 (118°59'E, 27°49'N) 和福建省建瓯市城郊东溪村 (118°19'E, 27°03'N)。浙江淳安造林地前茬为以马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb.) 为主的天然针阔混交林,海拔 120~180 m,坡度 25°~30°,土壤为山地黄红壤,立地条件较好;浙江庆元造林地前茬为第 1 代杉木 (*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.) 人工林,海拔 800 m 左右,坡度 25°~30°,阳坡,山地黄壤,立地条件中等;福建建瓯造林地前茬为第 1 代杉木人工林,海拔 150 m 左右,坡度 25°左右,山地红壤,立地条件较好。37 个木荷参试种源来自安徽、浙江、江西、福建、湖南、广东、广西 7 个省区,种源采种林分为当地起源的天然纯林或混交林,年龄 15 a 以上,林相整齐,分布较均匀,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^[6]。种源试验林均按完全随机区组设计,5 次重复,10 株小区 (2 列 5 行或 1 列 10 行)。2003 年 2 月用 1 年生裸根苗造林,株行距 2 m × 2 m,块状整地,穴规 40 cm × 40 cm × 30 cm,连续抚育 3 年至幼林郁闭。

1.2 试验林调查与统计分析

2005年底对 3 个地点的木荷种源区域试验林全面调查,重点观测和调查与防火、抗火性能有关的及影响防火林带快速构建的生长、分枝等性状,包括树高、地径、当年抽梢长度、冠幅、侧枝总数、最大侧枝长、最大侧枝粗、树冠浓密度(分浓密、一般、稀疏,分别计为 3、2和 1)。以单株测定值为单位,开展单点和多点联合方差分析,以检验种源、地点、种源 \times 地点等显著性,方差分析时侧枝总数经 $X^{1/2}$ 数据转换,树冠浓密度经 $(X+0.5)^{1/2}$ 数据转换。性状方差分析和遗传相关分别采用 SAS/GLM 和 SAS/GR 软件。浙江淳安、庆元和福建建瓯 3 个地点参与统计的种源数分别为 35、30 和 33 个。基于种源 \times 地点交互研究,估算不同种源的遗传稳定性。结合地点间以及地点内不同重复间立地条件的差异,研究木荷种源幼林生长对造林生境的反应。通过种源性状均值与产地经纬度的相关分析以揭示木荷幼林生长和分枝等主要经济性状的地理变异模式。根据种源区域试验测定结果,分别速生用材和生物防火目标初选一批优良种源。前者以树高速生性为初选指标,而后者则将树种速生性、适应性和分枝等性状作为初选指标,不仅要求速生,而且要求适应性强、分枝多等。

2 结果与分析

2.1 种源幼林生长和分枝性状的遗传差异

浙江淳安、庆元和福建建瓯 3 个地点的单点方差分析发现(表 1),3 年生木荷树高、地径、冠幅以及分枝性状都存在显著或极显著的种源变异。如在木荷偏北分布区的浙江淳安点,种源树高和地径变幅分别在 1.66~2.24 m 和 2.44~3.45 cm 间,树高最大(江西铜鼓)种源较最小种源(湖南嘉禾)高出 34.9%,地径最大种源(江西铜鼓)较最小种源(江西资溪)高出 41.4%;在木荷中心分布区的福建建瓯点,种源树高和地径的变幅分别在 1.93~2.90 m 和 3.44~4.78 m 间,最大种源分别较最小种源高 50.3% 和 39.0%;在较高海拔地段的浙江庆元点,种源间的生长差异更大,最大种源树高和地径分别较最小种源高 86.6% 和 85.5%。木荷种源分枝性状不仅与其生长有关,而且还与其生物防火能力有关。与生长性状一样,木荷分枝性状包括侧枝总数、最大侧枝长、最大侧枝粗以及树冠浓密度的种源差异也极其明显。如浙江淳安、庆元和福建建瓯 3 地点的种源侧枝总数分别变化在 13.8~23.9、6.20~13.2 和 22.5~40.6 间,这为生物防火和用材等培育目标的优良种源优选提供了较大的选择潜力。

表 1 不同区试点的木荷种源幼林生长和分枝性状方差分析结果

地点	性状	均值	变幅	变异来源				
				重复	种源	种源 \times 重复	机误	
浙江淳安	树高/m	1.95	1.66~2.24	6.330 38**	0.961 82*	0.605 09**	0.167 85	
	地径/cm	2.83	2.44~3.45	9.549 73**	2.540 46*	1.533 23**	0.464 69	
	年抽梢长度/m	0.73	0.54~0.94	1.788 86**	0.382 25**	0.221 15**	0.039 12	
	冠幅/m	0.91	0.74~1.06	1.684 97**	0.234 82**	0.120 01**	0.055 49	
	侧枝总数/枝	18.7	13.8~23.9	27.575 02**	2.201 10*	1.414 16**	0.497 83	
	最大侧枝长/m	0.74	0.57~0.86	0.649 80**	0.178 04*	0.114 28**	0.049 33	
	最大侧枝粗/cm	0.92	0.69~1.21	8.449 72**	0.533 21**	0.235 82**	0.112 70	
	冠幅浓密度	1.54	1.42~1.67	0.388 64**	0.141 28*	0.086 54**	0.046 23	
	浙江庆元	树高/m	1.11	0.82~1.53	5.095 97**	1.035 61**	0.426 93**	0.173 08
地径/cm		2.01	1.38~2.56	21.114 24**	2.482 09**	1.209 26**	0.703 04	
年抽梢长度/m		0.30	0.18~0.51	2.563 36**	0.147 03*	0.098 52**	0.023 35	
冠幅/m		0.55	0.39~0.67	0.633 22**	0.208 47**	0.099 44**	0.043 38	
侧枝总数/枝		9.3	6.20~13.2	6.901 85**	2.532 05**	1.354 78**	0.721 30	
最大侧枝长/m		0.46	0.35~0.63	0.691 08**	0.159 19**	0.063 39**	0.035 45	
最大侧枝粗/cm		0.68	0.54~0.88	2.172 63**	0.350 28**	0.170 20**	0.111 55	
福建建瓯		树高/m	2.42	1.93~2.90	15.445 32**	1.641 42**	0.559 04**	0.230 21
		地径/cm	4.21	3.44~4.78	50.866 69**	4.141 53**	1.426 11**	0.876 96
	年抽梢长度/m	0.89	0.72~1.08	2.254 80**	0.327 52**	0.109 17**	0.044 07	
	冠幅/m	1.46	1.18~1.65	4.119 40**	0.434 54**	0.165 62**	0.089 93	
	侧枝总数/枝	29.9	22.5~40.6	38.340 33**	3.600 48**	1.444 69**	0.789 69	
	最大侧枝长/m	1.02	0.81~1.14	1.875 54**	0.227 90**	0.113 84**	0.069 86	
	最大侧枝粗/cm	1.33	1.07~1.56	3.116 78**	0.468 19*	0.299 71**	0.181 01	

注:浙江淳安点的重复、种源、种源 \times 重复和机误自由度分别为 4、34、135 和 1 188;浙江庆元点的重复、种源、种源 \times 重复和机误自由度分别为 4、29、114 和 901;福建建瓯点的重复、种源、种源 \times 重复和机误自由度分别为 4、32、125 和 1 151。+、* 和 ** 分别为 0.1、0.05 和 0.01 显著水平(下同)。

2.2 种源幼林生长和分枝性状对造林区立地生境和造林地立地条件的反应和互作

2.2.1 造林区立地生境的影响 木荷种源区域试验发现,木荷幼年生长和分枝性状不仅存在显著的种源效应,而且造林区立地生境的影响也很大(表 1)。3 个造林区试点立地都属中等偏上,但代表了不同气候地理环境。福建建瓯地处中亚热带,为木荷中心分布区之一,水热资源丰富;浙江淳安处于木荷自然分布区的北缘,水热资源相对较差。浙江庆元造林地虽与福建建瓯较近,但所在海拔却较高(800 m 左右)。木荷种源 3 年生平均树高从福建建瓯点(木荷分布中心)的 2.42 m 降到浙江淳安点(木荷分布北缘)的 1.95 m,降到浙江庆元点(较高海拔的山地)的 1.11 m,树高生长下降了 1.31 m,福建建瓯点的种源平均树高分别是浙江淳安点和浙江庆元点的 124.1% 和 218.0%。3 个地点的种源平均地径分别为 4.21、2.83 和 2.01 cm,福建建瓯点与浙江庆元点相差 1 倍左右。木荷种源分枝性状在 3 个区试点间差异也很大,水热

资源条件越好,树冠越大,侧枝越多越长。种源平均侧枝总数从福建建瓯点的 29.9 枝降到浙江淳安点的 18.7 枝,降到浙江庆元点的 9.3 枝。

2.2.2 造林地立地条件的影响 除造林区立地生境外,造林地立地条件对木荷种源生长和分枝性状也有很大的影响。各地点试验重复间立地条件相差较大,可构成立地较差、一般、较好、很好这样的立地条件梯度。比较立地条件梯度上的种源性状均值发现(表 2),随着立地条件的改善,木荷种源树高、地径、年抽梢长度显著增长,侧枝总数有增多的趋势。如在福建建瓯点,木荷种源当年抽梢长度从较差立地的 0.78 m 变化至很好立地的 0.99 m,增加了 26.9%;浙江淳安点则从 0.58 m 增至 0.79 m,增加了 36.2%。鉴于这一变化规律,在培育用材林时要求选用较好的立地条件,以达到速生、优质的培育目标。而在营建生物防火林带时则应根据山脊、林缘、山脚、田头等立地条件的不同选用相应的适应性强、生长快和防火性能好的种源。

表 2 浙江淳安和福建建瓯两地立地条件梯度上木荷种源主要生长和分枝性状均值

性状	立地条件梯度(浙江淳安点)				
	较差(重复 5)	一般(重复 1)	较好(重复 2)	较好(重复 3)	很好(重复 4)
树高 /m	1.76	1.84	1.99	1.96	2.18
地径 /cm	2.60	2.90	2.70	2.80	3.10
年抽梢长 /m	0.58	0.69	0.77	0.78	0.79
侧枝总数 /根	16.6	17.1	21.4	21.8	16.2
性状	立地条件梯度(福建建瓯点)				
	较差(重复 5)	一般(重复 4)	一般(重复 3)	很好(重复 2)	很好(重复 1)
树高 /m	2.11	2.28	2.31	2.62	2.69
地径 /cm	3.86	4.04	3.85	4.31	4.88
年抽梢长 /m	0.78	0.81	0.85	0.96	0.99
侧枝总数 /根	25.7	28.0	27.0	32.4	35.8

2.2.3 种源与环境互作 多地点联合方差分析结果表明(表 3),木荷树高、当年抽梢长度、冠幅、侧枝总数等存在显著的种源 \times 地点互作和种源 \times 重复/地点互作效应,反映不同种源在各区试点上的生长相对表现差异巨大,在一个区试点筛选出的优良种源不能简单地推广应用于造林区立地生境迥异的其它地点或地区,而应根据区域试验分别不同地区推选出适用的种源。研究表明,在水热资源条件较好的福建建瓯点,来自木荷分布区中南部的种源生长较快、分枝较多,分布区北部的种源则生长较慢、分枝较少;在浙江北部的淳安点,生长表现相对较好的种源主要来自木荷自然分布区的中部;然而在较高海拔地段(浙江庆元点),来自木荷分布区偏北部的种源生长表现较好,南部种源生长表现较差。

2.3 种源幼林生长和分枝生长性状的地理变异模式

与产地经纬度的相关分析发现(表 4),不同区试点木荷种源生长和分枝性状呈现不同的地理变异模式,有异于亚热带地区广布性的其它树种如马尾松等^[9]。在水热资源丰富的木荷中心产区福建建瓯点,木荷种源树高、地径和冠幅生长、侧枝总数等分枝性状等与产地纬度呈显著的负相关,与产地经度相关性较小,来自分布区南部的种源速生、分枝较多较长,来自分布区北部的种源生长较慢,分枝较少较短;在水热资源相对较差的木荷偏北分布区浙江淳安点,木荷种源高径生长与产地经纬度的相关性则较小,仅发现侧枝总数和树冠浓密度与产地纬度呈一定程度的负相关,南部种源侧枝数相对较多、树冠

较浓密;在地处较高海拔的浙江庆元点,木荷种源生长和分枝性状与产地纬度呈显著的正相关。由于木荷是一种泛热带树种,要求春夏多雨,冬季温和无严

寒,但在较高海拔的地区,环境相对恶劣,南部种源早期生长表现较差,偏北部种源的早期生长表现相对较好。

表 3 木荷种源生长和分枝性状多点联合方差分析结果

性状	变异来源					
	地点	重复/地点	种源	种源×地点	种源×重复/地点	机误
树高/m	469.060 1 ^{**}	8.010 91 ^{**}	1.524 97	1.193 52 ^{**}	0.535 66 ^{**}	0.189 84
地径/cm	1321.781 05 ^{**}	24.266 69 ^{**}	4.285 3 ⁺	2.672 43	2.672 43 ^{**}	0.682 96
年抽梢长度/m	96.661 08 ^{**}	2.079 97 ^{**}	0.403 55 ⁺	0.267 21 ^{**}	0.143 29 ^{**}	0.035 53
冠幅/m	226.611 12 ^{**}	1.863 41 ^{**}	0.371 85	0.291 44 ^{**}	0.132 74 ^{**}	0.064 31
侧枝总数/枝	1537.348 89 ^{**}	19.931 24 ^{**}	2.914 53	2.940 16 ^{**}	1.366 8 ^{**}	0.672 07
最大侧枝长/m	82.658 85 ^{**}	1.015 48 ^{**}	0.265 66 ⁺	0.171 69	0.171 69 ^{**}	0.049 99
最大侧枝粗/cm	104.180 77 ^{**}	10.450 98 ⁺	6.337 8	6.984 12	6.552 96	4.812 82

注:地点、重复/地点、种源、种源×地点、种源×重复/地点和机误的自由度分别为 2、12、27、54、320和 2801。

表 4 木荷种源生长和分枝性状与产地经纬度的相关系数

地点	经纬度	苗高	地径	年抽梢长度	冠幅	侧枝总数	最大侧枝长	最大侧枝粗	冠幅浓密度
浙江	纬度	0.005	-0.007	0.037	-0.017	-0.263 ⁺	0.032	0.130	-0.223
淳安	经度	0.169	-0.143	0.274	-0.056	0.044	0.047	-0.214	-0.212
浙江	纬度	0.518 ^{**}	0.460 ^{**}	0.404 ^{**}	0.571 ^{**}	0.498 ^{**}	0.605 ^{**}	0.562 ^{**}	-
庆元	经度	0.061	-0.092	0.072	-0.121	-0.080	-0.010	-0.080	-
福建	纬度	-0.491 ^{**}	-0.463 ^{**}	-0.547 ^{**}	-0.471 ^{**}	-0.496 ^{**}	-0.307 ⁺	-0.160	-
建瓯	经度	0.107	0.055	0.056	0.028	0.035	0.121	0.050	-

注:浙江淳安、庆元和福建建瓯 3 个区试点的种源数分别为 35、30和 33。

2.4 速生用材和生物防火优良种源初选

2.4.1 速生用材优良种源初选 树高是速生用材优良种源早期选择的主要依据。分别以福建建瓯点、浙江淳安点和浙江庆元点的种源测定结果为依据,以大于当地种源树高生长 10%为选择标准,分别水热条件较好的中心产区、水热资源相对较差的北缘区和较高海拔的山地初选出 9 (包括当地建瓯种源)、8和 3 个优良种源 (表 5)。在福建建瓯点,当地种源的树高生长表现较为突出,仅广东阳山种源优于福建建瓯种源。福建尤溪、福建连城、广东龙川、江西德兴、广东翁源、福建华安、江西安福等这些

来自木荷分布区中南部的种源树高生长虽略逊于当地对照,但在所有参试种源中相对表现都较好,考虑到是幼林测定结果,上述这些种源也可作为初选速生用材优良种源。浙江淳安点的初选速生用材种源包括江西铜鼓、福建尤溪、江西龙南、江西婺源、福建连城、广东开平、浙江临海、广东广宁等,这些种源主要来自木荷分布区的中部,其 3 年生树高较当地对照高出 11.8%~19.8%。在较高海拔山地的浙江庆元点初选速生用材种源主要来自木荷分布区北缘的浙江临海、安徽太平、江西婺源等地。

表 5 福建建瓯和浙江淳安、庆元 3 个地点优选木荷种源 3 年生树高生长量

种源	福建建瓯点 (水热资源较好中心产区)		种源	浙江淳安点 (水热资源相对较差北缘区)		种源	浙江庆元点 (较高海拔山地)	
	树高/m	>CK/%		树高/m	>CK/%		树高/m	>CK/%
广东阳山	2.90	5.45	江西铜鼓	2.24	19.8	浙江临海	1.53	26.4
福建尤溪	2.73	-0.73	福建尤溪	2.24	19.8	安徽太平	1.49	23.1
福建连城	2.64	-4.00	江西龙南	2.17	16.0	江西婺源	1.35	11.6
广东龙川	2.61	-5.09	江西婺源	2.17	16.0			
江西德兴	2.60	-5.45	福建连城	2.15	15.0			
广东翁源	2.59	-5.82	广东开平	2.10	12.3			
福建华安	2.58	-6.18	浙江临海	2.10	12.3			
江西安福	2.57	-6.55	广东广宁	2.09	11.8			
CK	2.75		CK	1.87		CK	1.21	

2.4.2 生物防火优良种源初选 生物防火优选种源要求速生、适应性强、分枝多、树冠浓密等。这里以种源平均树高(速生性)为主要选择指标,并根据较差立地试验重复上的种源树高(适应性)和侧枝总数(树冠浓密度),分别中心分布区和北缘区开展生物防火优良种源的综合评选(表 6、7)。在中心分布区的福建建瓯点,广东阳山、福建建瓯(当地对照)、福建尤溪、福建连城、广东龙川、广东翁源、福建华安 7 个种源的综合表现较好,其树高和侧枝总数在参试种源中的排秩较前;在北缘区的浙江淳安点,江西铜鼓、福建尤溪、广东开平、广东广宁、湖南城步、广东韶关 6 个种源的综合表现较好。从福建建瓯和浙江淳安 2 个种源区试点的测定结果来看,这些初选优良种源主要来自木荷自然分布区的中南部,生长较快、分枝较多,在较差立地上生长表现较好,火险期鲜叶抑燃化学组分高、助燃性化学组分低^[7],可在生产上推广应用。

表 6 水热资源较好中心分布区(福建建瓯点)的初选生物防火优良种源生长和分枝性状值

种源	平均树高/m		较差立地树高/m		分枝数/枝	
	绝对值	排秩	绝对值	排秩	绝对值	排秩
广东阳山	2.90	1	2.66	2	40.6	1
福建尤溪	2.73	3	2.30	11	33.9	5
福建连城	2.64	4	2.64	3	34.5	4
广东龙川	2.61	5	2.36	9	33.1	6
广东翁源	2.59	7	2.44	4	32.1	7
福建华安	2.58	8	2.72	1	31.2	9
CK	2.75	2	2.43	6	37.1	2

表 7 水热资源相对较差北缘区(浙江淳安点)的初选生物防火优良种源生长和分枝性状值

种源	平均树高/m		较差立地树高/m		分枝数/枝	
	绝对值	排秩	绝对值	排秩	绝对值	排秩
江西铜鼓	2.24	1	2.15	6	21.71	5
福建尤溪	2.24	2	1.81	14	22.58	4
广东开平	2.10	6	2.22	3	23.88	1
广东广宁	2.09	8	2.01	9	18.53	17
湖南城步	2.04	9	1.75	16	19.86	8
广东韶关	2.03	10	2.21	4	17.93	23
CK	1.87	25	1.66	21	16.8	31

3 结论与讨论

本文在木荷种源苗期试验和种源遗传多样性研究的基础上^[6,8-11],报道福建建瓯、浙江淳安和庆元的 3 年生木荷种源区域试验结果。3 个区试点的单点方差分析表明,木荷幼林树高、当年抽梢长度、地径、冠幅及侧枝总数、侧枝长和侧枝粗等分枝性状的

种源差异都达到显著和极显著水平,进一步证实了木荷种源间存在明显的地理遗传分化^[8]和优良种源的选择潜力。如在木荷中心分布区的福建建瓯点,3 年生种源树高变化在 1.93~2.90 m 间,高生长最大种源和最小种源绝对值相差 0.97 m。种源侧枝总数变化在 22.5~40.6 间,最大值与最小值相差 80.4%。研究表明,木荷幼林生长和分枝性状的地理变异模式因区试点环境不同而异。在水热条件较好的中心分布区福建建瓯点,种源生长和分枝性状与产地纬度呈显著的正相关,与产地经度相关性较小,呈典型的纬向变异模式,与种源苗期结果一致,也与该地区其它广域性分布树种马尾松^[12]、杉木^[13]等的种源变异规律一致,即来自分布区南部的种源高径生长量大、冠幅宽、侧枝多,来自分布区北部的种源生长较慢、分枝数少;然而在地处较高海拔的浙江庆元点(海拔 800 m 左右),木荷种源生长和分枝性状与产地纬度呈显著的正相关。在平均气温和有效积温较低、无霜期短的较高海拔造林地,虽未发现南部种源发生冻害,但其适应性明显不如北部种源,生长表现相对较差;相反来自偏北部的种源适应性较强,早期生长表现较好。亚热带偏北部的浙江淳安点地处千岛湖区,水热资源和立地条件虽不及福建建瓯点,但总的来说较好,然而却未观测到木荷种源高径生长与产地纬度间的显著相关性,有异于该地点的种源苗期结果^[6],仅发现种源侧枝总数和树冠浓密度与产地纬度呈一定程度的负相关。

相对于针叶树,阔叶树种对立地条件反应敏感^[14]。从本文结果来看,木荷种源生长和分枝性状对造林区立地生境和造林地立地条件反应极其敏感。随着造林生境的改善,木荷种源生长加快、分枝数增多。在生产中,人们通常将木荷作为耐贫瘠树种予以应用,因而一些木荷生物防火林带和速生丰产用材林达不到预期效果。其实木荷乃喜肥树种,在营建速生丰产用材林时要求选用较好的立地条件,而营建生物防火林带时应通过加强管抚、改善造林地立地条件达到快速构建的目的。研究还表明,木荷树高、当年抽梢长度、冠幅、侧枝总数等还存在显著的种源×地点和种源×重复×地点交互,在 3 个区试点上各种源的相对生长表现变化很大。如在水热资源条件较好的福建建瓯点,木荷分布区中南部的种源生长表现较好,在分布区北缘的浙江淳安点中部种源表现较好,而在较高海拔的浙江庆元点则来自偏北部的种源表现优异。应分别不同区域筛选

相应的适用种源,推广应用时应顾及种源×环境(地点)互作效应。由于木荷种源区试林仅 3 年生,本文依据树高生长和侧枝总数等分别中心分布区和北缘区初选了一批速生用材和生物防火优良种源以供生产应用。

参考文献:

- [1] 陈存及. 南方林区生物防火的应用研究[J]. 福建林学院学报, 1994, 14(2): 146~151
- [2] 阮传成, 李振问, 陈诚和, 等. 木荷生物工程的防火机理及应用研究[M]. 成都:成都电子科技大学出版社, 1995
- [3] 陈存及, 何宗明, 陈东华, 等. 37种针阔树种抗火性能及其综合评价的研究[J]. 林业科学, 1995, 31(2): 135~143
- [4] 李振问, 阮传成, 詹学齐, 等. 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
- [5] 舒立福, 田晓瑞, 寇纪烈, 等. 广西大桂山区防火树种的选择研究[J]. 林业科学, 1999, 35(1): 69~76
- [6] 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
- [7] 张萍, 周志春, 金国庆, 等. 木荷种源鲜叶抑燃和助燃性化学组分的差异[J]. 林业科学研究, 2005, 17(1): 80~83
- [8] 张萍, 周志春, 金国庆, 等. 木荷种源遗传多样性和种源区初步划分[J]. 林业科学, 2006, 42(2): 38~42
- [9] 范辉华, 陈柳英, 吴兴德, 等. 木荷苗期生长性状的地理种源变异[J]. 福建林业科技, 2003(3): 11~14
- [10] 曾志光, 肖复明, 包国华, 等. 木荷地理种源苗期性状遗传变异研究[J]. 林业科学研究, 2005, 18(1): 27~30
- [11] 肖复明, 曾志光, 包国华, 等. 木荷种源苗期生长性状地理变异及遗传参数估算[J]. 江西农业大学学报, 2004, 26(4): 545~550
- [12] 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
- [13] 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
- [14] 范辉华. 闽北乡土阔叶树幼年生长与立地互作效应[J]. 福建林业科技, 2004, 31(4): 30~32