

文章编号: 100F 1498(2003) 01 0039 06

福建柏苗期生物量种源间遗传变异 及其综合评价的研究*

杨宗武¹, 郑仁华¹, 侯伯鑫², 曾志光³, 程政红², 肖祥希¹

(1. 福建省林业科学研究院, 福建 福州 350012; 2. 湖南省林业科学研究院, 湖南 长沙 410004;

3 江西省林业科学研究院, 江西 南昌 330032)

摘要: 1996年首次从我国福建柏全分布区采集16个福建柏种源种子, 1997年在福建省永泰县东星苗圃和湖南省宁远县林技中心进行苗期试验。研究分析了1年生福建柏苗期生物量及组成生物量相关性状的种源间差异、苗期生物量与种源产地气候关系以及各性状间的相互关系。结果表明: 苗期生物量种源间差异显著, 这些差异主要由遗传因素制约, 并呈现以纬向渐变为主的地理变异趋势; 苗木生物量在各性状、地上和地下的分配具有高度的相关性; 包括苗高和地径在内的各性状之间存在着显著的表型和遗传相关, 通过无约束指数选择法, 评定了各种源的苗期综合表现, 并选出福建永泰点表现优良的福建龙岩和福建仙游种源, 湖南宁远点表现优良的福建龙岩和湖南道县种源。

关键词: 福建柏; 种源; 苗期生物量; 综合指数选择

中图分类号: S791.43

文献标识码: A

福建柏(*Fokienia hodginsii* Henry et Thomous)为我国特有树种,是我国第一批二类重点保护的珍稀树种。在福建柏自然分布区内,由于人类的长期活动,天然福建柏林已近枯竭^[1-3]。近年来,福建柏作为建筑材树种和抗逆性强的造林树种已越来越引起人们的重视,尤其在南方各省(区),福建柏的重要性日益显示,其推广前景广阔^[4]。但目前为止,福建柏良种选育工作仍做得很少,尤其是种源试验方面,已有的报道均为本课题组各参试点的阶段试验总结^[5-7]。本文试图通过全分布区种源试验对福建柏种源苗期生物量、地上部分和地下部分的性状相关以及对种源的综合评价,为今后福建柏的良种选育提供初步的实验依据。

1 材料与方法

1996年10—11月,针对福建柏天然林资源残存的现状,在对福建柏全分布区内天然林和人工林实地踏查的基础上,确定种源采种点。在福建、湖南等6个省共采集到16个福建柏种源的种子,试验以福建尤溪种子园种子作对照,不同种源的地理位置见表1,分别在福建和湖南各选择一个地点育苗,育苗点概况见表2。

1997年2月进行播种育苗,播种前种子用0.5%高锰酸钾溶液进行消毒处理。大田育苗的苗床宽1m、高40cm,条播,条距15cm,种子播下时盖一层薄的黄心土与火烧土的混合土后

收稿日期: 2001-08-15

基金项目: 国家“九五”林业科技攻关子专题(96011-030302)“福建柏珍贵建筑材树种良种选育及培育技术研究”

作者简介: 杨宗武(1950—),男,福建福州人,教授级高级工程师。

* 承蒙南京林业大学施季森教授对本研究的热情帮助,特此致谢。参加本项研究工作的人员还有:中国林科院亚林中李旭明,江西省林科院肖复明,福建省永泰县林业局梁鸿,湖南省宁远县林业局廖纯茂和江西省德兴市林业局王城辉等。

再盖一层稻草。容器育苗种子应先在纸巾沙盘内催芽,待种子发芽后,带种壳装入营养袋,每袋播3粒。营养土由67%黄心土、30%火烧土和3%过磷酸钙混合配制而成。采用随机区组设计,4个重复,每个小区播8行。容器育苗每小区为40(5×8)个营养袋,呈块状排列,其余种子分种源集中播种。调查时,对大田育苗,每个小区抽取中间的4行,对容器育苗,每个小区抽取中间的18(3×6)个营养袋实施调查。年终除调查苗高、地径外,在每个重复中每个种源选取3株标准株,计每种源观测12株,挖起后实测苗高、地径、一级侧枝数、一级侧根数、主根长(或侧根长)、地上部分鲜质量、地下部分鲜质量、地上部分干质量、地下部分干质量等。对上述调查数据进行方差分析、相关分析、无约束指数选择分析^[8,9]等。

以上统计分析在南京林业大学遗传育种室叶志宏开发的SPQG30软件包^[10]上进行。

表1 福建柏种源地理位置和气候因子

种源及 代号	地理坐标		海拔/ m	年均气温/ ℃	年最低 气温/℃	年最高 气温/℃	≥10℃积 温/℃	无霜期/ d	年日照/ h	年降水 量/mm
	(°′)N	(°′)E								
1 贵州黎平	26 14	109 09	420	15.7	-7.5	35.0	5 557	230	1 318	1 322
2 湖南道县	25 25	111 20	1 300	15.5	-4.9	39.2	5 500	304	1 569	1 507
3 江西上犹	25 48	114 33	1 150	18.2	-6.5	39.6	5 728	276	1 692	1 700
4 广东始兴	25 27	114 07	700	18.0	-5.0	37.0	6 380	256	1 560	1 543
5 福建长汀	25 59	116 26	800	17.0	-5.6	39.4	5 857	259	1 897	1 800
6 福建龙岩	25 15	116 45	680	19.0	-5.6	38.0	6 562	287	2 043	1 700
7 福建安溪	24 52	117 38	550	16.8	-5.2	36.0	6 504	300	1 884	1 940
8 福建德化	25 30	118 11	580	18.1	-6.2	37.8	5 710	270	1 955	1 724
9 福建古田	26 34	118 45	700	18.5	-6.2	39.0	5 863	276	1 929	1 634
10 浙江龙泉	28 08	119 07	1 114	17.5	-8.0	39.9	5 511	251	1 875	1 838
11 福建仙游	25 24	118 34	470	20.0	-3.5	38.7	6 951	321	1 972	1 686
12 福建尤溪	26 10	118 11	260	—	—	—	—	—	—	—
13 福建永泰	26 02	119 08	300	19.5	-6.7	39.0	5 912	295	1 934	1 635
14 湖南宁远	25 49	111 50	1 600	18.4	-5.2	39.1	5 799	297	1 667	1 429
15 湖南江永	25 20	111 12	1 400	18.1	-7.1	39.7	5 675	293	1 508	1 600
16 湖南江华	25 02	110 25	970	17.8	-5.0	39.0	5 500	308	1 366	1 512
17 广东乳阳	24 48	113 16	1 350	—	—	—	—	—	—	—

注:福建尤溪为种子园种子故其气候因子未列出;广东乳阳种子极少且育苗失败,故也未列出。

表2 福建柏种源育苗点概况

地点	地理坐标		海拔/ m	年均温/ ℃	年降水量/ mm	前作	育苗方式
	(°′)N	(°′)E					
福建永泰东星苗圃	25 56	119 02	80	19.5	1 650	水稻(<i>O. sativa</i>)	大田
湖南宁远林技中心	25 41	113 53	264	18.4	1 429	水稻(<i>O. sativa</i>)	容器

2 结果与分析

2.1 种源间差异性分析

对2个育苗点共同参试的12个种源(表1中的1—12号)的各调查指标进行了方差分析(表3),结果表明:在宁远点,分析的16个指标在种源间的差异均达到极显著水平;而在永泰点,仅苗高、地径、一级侧枝数、地上部分鲜质量、地下部分鲜质量等9个指标在种源间的差异达到显著或极显著水平。苗高和地径指标在2个育苗点具有一致的表现;种源方差分量分别为54.3% 82.0%和58.2% 79.6%,变异系数分别为19.0% 21.5%和14.7% 15.5%。

苗木的干、鲜质量反映了苗木吸收、同化养分能力的大小,是衡量苗木生产力高低的主要指标之一。不同种源在地上(下)鲜质量、地上(下)干质量、总干(鲜)质量指标上均存在显著或极显著差异,且变异系数和种源方差分量均较大,这 6 个指标在永泰点的平均变异系数为 26.9%,平均种源方差分量为 34.4%;在宁远点的平均变异系数为 16.9%,平均种源方差分量为 69.4%。地下干质量/地上干质量、地下鲜质量/地上鲜质量指标的平均值在永泰点依次为 0.25 和 0.20,在宁远点依次为 0.65 和 0.62,表明大田育苗较容器育苗有更发达的地上部分和主根长,而侧根数少。容器苗历时 1 年,培育时间偏长,容器限制了主根的生长,促进了侧根的萌生,大部分根系仍缠绕在容器中,在一定程度上影响了苗木的正常生长,与大田苗相比形成了相对较大的地下部生物量和较小的地上部生物量。地下干质量/地下鲜质量、地上干质量/地上鲜质量、总干质量/总鲜质量指标的平均值,在永泰点依次为 0.47、0.38 和 0.39,在宁远点依次为 0.51、0.49 和 0.49,表明大田苗的地上部含水量明显大于地下部,而容器苗则相差无几。同时,从表 3 还可以看出,虽然大田苗和容器苗的平均干质量相近,但容器苗较大田苗有较高的 F 值和方差分量,能更充分体现出不同种源遗传因素对根部环境制约的反应差异。由于福建柏苗木早期生长较慢,因此福建柏育苗最好实行大田育苗,而不提倡容器育苗。

表 3 福建柏种源 1 年生苗期生物量变异分析

性 状	福建永泰点				湖南宁远点			
	均值	变异系数/ %	F 值	方差分量/ %	均值	变异系数/ %	F 值	方差分量/ %
苗高/cm	20.8	19.0	5.67**	54.3	15.60	21.5	26.32**	82.0
地径/cm	0.30	14.7	7.24**	58.2	0.22	15.5	25.94**	79.6
侧枝数/个	8.60	14.8	2.98**	34.0	9.60	11.6	5.13**	44.3
地上鲜质量/g	6.54	27.8	4.41**	41.4	3.87	21.2	12.05**	67.1
地下鲜质量/g	1.31	27.9	3.59**	38.3	2.33	9.9	11.57**	64.7
总鲜质量/g	7.85	27.6	4.60**	43.2	6.20	16.3	13.19**	68.6
地上干质量/g	2.45	24.4	3.54**	39.6	1.87	20.5	17.27**	73.1
地下干质量/g	0.60	26.0	2.76*	28.1	1.19	15.5	12.15**	67.3
总干质量/g	3.05	27.5	3.62**	39.6	3.06	17.8	20.50**	75.8
侧根数/条	8.1	13.1	1.25	4.5	24.9	12.7	2.70**	23.4
主根长/cm	14.3	13.2	1.62	12.3	5.0	18.8	5.47**	47.5
地下干质量/地上干质量	0.25	11.2	1.63	12.5	0.65	10.9	2.69**	25.7
地下鲜质量/地上鲜质量	0.20	10.5	0.96	—	0.62	13.9	6.26**	51.3
地下干质量/地下鲜质量	0.47	9.6	0.41	—	0.51	7.5	3.32**	30.4
地上干质量/地上鲜质量	0.38	3.7	0.20	—	0.49	10.2	5.94**	49.9
总干质量/总鲜质量	0.39	5.4	0.21	—	0.49	7.1	8.98**	62.4

注: ** : 0.01 显著水平, * : 0.05 显著水平

2.2 苗期性状的地理变异

大量的研究表明,树木在许多性状上都存在明显的地理变异,弄清影响这些变异的主导地理和气候因子,对种源研究来说是很重要的方面。利用福建永泰点参试的 11 个种源(1—11 号)年终调查的 9 个主要性状:苗高、地径、一级侧枝数、地上部分干(鲜)质量、地下部分干(鲜)质量和总干(鲜)质量,与种源原产地 10 个主要的地理、气候因子:纬度、经度、海拔、年平均温、年最低温、年最高温、 ≥ 10 °C 有效积温、年无霜期、年日照时数和降水量进行了相关分析,并对相关系数进行了显著性检验,结果表明,种源苗期 9 个性状仅与 10 个地理、气候因子中的年最

低温度和纬度具有显著或极显著相关,而与其它8个地理、气候因子的相关性较弱。由表4可知,所测性状与年最低温度均呈正相关关系,但7个气候因子中只有年最低温与地径指标的相关性达到显著水平($r = 0.672$);所测性状与纬度则均呈负相关趋势,纬度与9个苗期性状中除了与一级侧枝数的相关系数未达到显著水平外,与其它的8个指标均呈显著或极显著的负相关。说明随着纬度的增加,年最低温度降低,福建柏种源苗期的生物量相应下降,这初步说明了福建柏种源苗期性状呈现以纬向渐变为主的地理变异趋势。因此,分布区的南部种源可能具有更大的速生丰产潜力。考虑到目前福建柏资源很少,参试的种源仅11个,故上述结论有待今后进一步验证。

表4 种源苗期性状与地理、气候因子间的相关系数

项目	苗高	地径	侧枝数	地上鲜质量	地下鲜质量	总鲜质量	地上干质量	地下干质量	总干质量
年最低温	0.411	0.672*	0.270	0.508	0.494	0.510	0.536	0.534	0.544
纬度	-0.673*	-0.784**	-0.362	-0.786**	-0.711*	-0.779**	-0.775**	-0.748**	-0.782**

2.3 种源苗期性状间相关性

树木性状间的相关关系对选择育种的方法和效果产生重要影响。通过对福建柏种源苗期性状间相关性的研究,了解各性状间相互关系,可为选择苗期表现优良的种源提供依据。对福建永泰点11个(1—11号)参试种源间苗期表现差异显著的9个指标进行了相关分析,并对相关系数进行了 t 检验^[11](表5)。从表5可以看出,福建柏不同种源的苗高除与侧枝数性状相关系数达到显著水平外,与其它性状间的相关系数均达到极显著水平;另外其余各性状间的相关系数也都达到极显著水平,苗高与其它8个指标的相关系数较大且均为正相关,这说明了福建柏种源苗木生物量在各性状、地上与地下的分配具有高度的相关性,通过测定某个部分、某种生物量即可很容易地推测其它部分的生物量。

表5 种源苗期性状间的相关系数

性状	苗高	地径	侧枝数	地上鲜质量	地下鲜质量	总鲜质量	地上干质量	地下干质量
地径	0.832**							
侧枝数	0.699*	0.539						
地上鲜质量	0.924**	0.917**	0.580					
地下鲜质量	0.908**	0.924**	0.510	0.953**				
总鲜质量	0.928**	0.925**	0.572	0.998**	0.968**			
地上干质量	0.910**	0.901**	0.565	0.992**	0.928**	0.987**		
地下干质量	0.878**	0.913**	0.386	0.911**	0.959**	0.925**	0.895**	
总干质量	0.919**	0.917**	0.541	0.992**	0.948**	0.991**	0.997**	0.929**

注: $t_{0.05}(9) = 2.262$, $t_{0.01}(9) = 3.250$; **: 0.01 显著水平, *: 0.05 显著水平。

2.4 种源苗期的综合评定

指数选择法是把选择目标面向全部性状,但又必须考虑对每种性状按其相对经济重要性、遗传力大小以及不同性状间的遗传相关和表型相关适当加权,由此获得总值^[9]。为此,在2个试验点均选用6个重要的生物量指标:苗高、地径、侧枝数、地上部分干质量、地下部分干质量和总干质量,采用无约束指数选择法对各种源进行评定,以等权重法分别建立2个试验点的选择指数函数,计算各种源的选择指数见表6。由表6求得福建永泰点12个种源(含对照)的平均指数 I 为30.30,标准差 S 为4.77, I 值超过 $I + S$ 的有福建龙岩种源和表现较好的福建

仙游种源, 而选择指数 I 值小于 $I - \delta$ 的种源是浙江龙泉和福建长汀; 湖南宁远点各种源的平均指数 I 为 25.55, 标准差 δ_I 为 4.31, I 值超过 $I + \delta$ 的有福建龙岩种源和湖南道县种源, 可以认为它们是苗期综合表现最好的种源, 而选择指数 I 值小于 $I - \delta$ 的种源是浙江龙泉和福建德化种源。2 个点各选出的 2 个优良种源选择效果分析表明(表 7), 福建永泰点选出的 2 个优良种源其苗高和总干质量分别占参试种源总平均值的 125.1%、114.1% 和 142.1%、117.8%; 湖南宁远点选出的 2 个优良种源其苗高和总干质量分别占参试种源总平均值的 139.9%、122.6% 和 129.7%、107.8%。可见福建柏种源在苗期的综合选择效果是很明显的。

表 6 福建柏各种源的选择指数

种源	I		种源	I		种源	I	
	永泰点	宁远点		永泰点	宁远点		永泰点	宁远点
贵州黎平	37.32	28.50	福建长汀	31.14	26.05	福建古田	34.25	23.92
湖南道县	39.21	<u>30.06</u>	福建龙岩	<u>42.29</u>	<u>33.15</u>	浙江龙泉	25.71	17.07
江西上犹	38.98	26.25	福建安溪	34.33	25.35	福建仙游	<u>39.81</u>	25.57
广东始兴	34.67	27.22	福建德化	35.55	19.44	福建尤溪	42.28	23.96

注: 下划线为大于 $I + \delta_I$ 的种源, 因福建尤溪为种子园故未入选。

表 7 福建柏种源苗期指数选择效果

地点	种源		性 状					
			苗高/ cm	地径/ cm	侧枝数/ 个	地上部分 干质量/g	地下部分 干质量/g	总干质量 /g
福建永泰点	福建龙岩	数值	26	0.33	10.2	3.61	0.71	4.32
		占平均值百分比/%	125.1	110.0	119.2	147.3	118.3	142.1
	福建仙游	数值	23.7	0.36	9.5	2.88	0.70	3.58
		占平均值百分比/%	114.1	120.0	111.0	117.6	116.7	117.8
	总平均值		20.78	0.30	8.56	2.45	0.60	3.04
	湖南宁远点	福建龙岩	数值	21.8	0.26	10.2	2.60	1.37
占平均值百分比/%			139.9	118.2	106.5	139.0	115.1	129.7
湖南道县		数值	19.1	0.28	10.6	1.91	1.39	3.30
		占平均值百分比/%	122.6	127.3	110.6	102.1	116.8	107.8
总平均值		15.58	0.22	9.58	1.87	1.19	3.06	

3 结论与讨论

(1) 2 个试验点的育苗结果表明, 福建柏树种内存在着丰富的遗传变异, 参试的各种源在苗高、地径、侧枝数、地上部分干(鲜)质量、地下部分干(鲜)质量和总干(鲜)质量等苗期生物量指标上都存在显著或极显著差异, 种源的方差分量较大, 说明了各种源间的差异主要是由遗传因素制约, 这将为开展福建柏优良种源选择提供初步实验依据。

(2) 福建柏种源的苗高、地径、地上部分干(鲜)质量、地下部分干(鲜)质量和总干(鲜)质量指标大多与纬度呈极显著的负相关, 与年最低温度呈正相关, 说明随着纬度的增加, 年最低温度降低, 福建柏种源苗期生物量相应下降, 呈现以纬向渐变为主的地理变异趋势。考虑到参试的种源仅 11 个, 故该结论有待今后进一步验证。

(3) 利用苗高、地径、侧枝数、地上部分干质量、地下部分干质量和总干质量 6 个性状相等的经济权重建立无约束指数, 选出福建永泰点 2 个苗期生长快、单株干质量大的福建龙岩和福

建仙游种源,选出湖南宁远点2个苗期生长快、单株干质量大的福建龙岩和湖南道县种源。所选出种源的苗高和总干质量占参试种源总平均值的百分比达114% 142%。可见福建柏种源在苗期的综合选择效果是很明显的。鉴于参试种源地理位置大多为25° 26° 30' N,且未发现受冻,初步考虑这些初选的苗期表现优良的种源可在中亚热带地区推广。考虑到这仅仅是1年生苗期选择的结果,所以选出的优良种源的最终表现有待在种源试验林中进一步验证。

参考文献:

- [1] 杨宗武,郑仁华,肖祥希,等.珍稀树种—福建柏[J].林业科技通讯,1998(7):21-22
- [2] 中国树木志编辑委员会.中国树木志[M].北京:中国林业出版社,1983.344-345
- [3] 高兆蔚.珍贵用材树种—福建柏[J].福建林业科技,1994,21(2):62-66
- [4] 盛炜彤,薛秀康.福建柏、杉木及其混交林生长与生态效应研究[J].林业科学,1992,28(5):397-404
- [5] 廖纯茂,李明贵,何贵红,等.福建柏种源试验苗期选择研究[J].湖南林业科技,1998,25(3):5-11
- [6] 曾志光,肖复明,王城辉,等.福建柏种源苗期选择初报[J].江西林业科技,1998(4):1-4
- [7] 侯伯鑫,程政红,曾万明,等.福建柏地理种源试验苗期研究[J].湖南林业科技,2000,27(2):1-5
- [8] 马育华.试验设计[M].北京:农业出版社,1982.352-388
- [9] 马育华.植物育种的数量遗传学基础[M].南京:江苏科技出版社,1982.350-368
- [10] 叶志宏.林木遗传改良实用统计应用软件系统(SPQC)[M].天津:南开大学出版社,1993
- [11] 唐守正.多元统计分析方法[M].北京:中国林业出版社,1989.29-102

A Study on the Biomass Variance and Comprehensive Evaluation at the Seedling Stage of *Fokienia hodginsii* Provenances

YANG Zong-wu¹, ZHENG Ren-hua¹, HOU Bo-xin², ZENG Zhi-guang³,
CHENG Zheng-hong², XIAO Xiang-xi¹

(1. Fujian Academy of Forestry, Fuzhou 350012, Fujian, China; 2. Hunan Academy of Forestry, Changsha 410004, Hunan, China;
3. Jiangxi Academy of Forestry, Nanchang 330032, Jiangxi, China)

Abstract: The first provenance test at seedling stage was carried out at Dongxing Nursery in Yongtai County, Fujian Province and at the Center of Science and Technology in Ningyuan County, Hunan Province in 1997 with the seeds of 16 provenance collected from the whole distribution area of *fokienia hodginsii* in 1996. Seedling biomass at the first year and relative traits were observed and the relationship among traits was analyzed. The results are as follows: (1) there was very significant difference on the seedling biomass among provenances which was mainly controlled by genetic factors and related to geographic factors in original regions of different provenances and varied gradually with latitude; (2) there was extreme significant correlation between different traits of seedling biomass; (3) two superior provenances — Fujian Longyan and Fujian Xianyou were tentatively selected in Young Tai Nursery and two superior provenances — Fujian Longyan and Hunan Daoxian were also tentatively selected in Ningyuan Nursery with comprehensive index selection.

Key words: *Fokienia hodginsii*; provenance; seedling biomass; comprehensive index selection