

福建柏地理种源湖南试点幼林期结果初报

侯伯鑫¹, 林峰¹, 余格非¹, 张新华², 陶申绵³

(1. 湖南省林业科学院, 湖南长沙 410004; 2. 湖南省林业厅, 湖南长沙 410007;
3. 湖南省绥宁县林业局, 湖南绥宁 422600)

摘要:研究表明,福建柏 17 个地理种源和 48 个家系幼林期树高、胸径、材积生长在山区、半山区、丘陵区均有极显著差异,其树高、胸径、材积遗传力值分别达 0.556 1~0.903 4、0.630 3~0.914 0、0.670 1~0.914 3,反映该差异主要受遗传因素影响。种源×地点交互作用显著,其 3 个主要性状生长量山区>半山区>丘陵区。根据材积遗传增益大于种源平均值 15% 以上的选择标准,初步选择出适宜不同生态环境造林地的 10 个优良种源和 14 个家系,其材积遗传增益分别为 16.09%~88.70%、15.19%~184.80%。

关键词: 福建柏;种源;幼林期;遗传变异

中图分类号: S722.7 **文献标识码:** A

Result on Geographical Provenance Trial at Young *Fokienia hodginsii* Stand in Hunan

HOU Bo-xin¹, LIN-feng¹, YU Ge-fei¹, ZHANG Xin-hua², TAO Shen-mian³

(1. Hunan Academy of Forestry, Changsha 410004, Hunan, China; 2. Forestry Department of Hunan Province, Changsha 410007, Hunan, China; 3. Forestry Bureau of Suining City, Suining 422600, Hunan, China)

Abstract: The heredity variability of the height, diameter and volume growth, interaction effect between biomass and circumstance, relativity among characters, age and seedling growth of a 4~5 years old forest in 17 geographical provenances and 48 families in Hunan were studied. The results indicated there were obvious differences in the height, diameter and volume growth at mountainous, semi-mountainous and hilly areas. Heritabilities of the height, diameter and volume were 0.556 1~0.903 4, 0.630 3~0.914 0, 0.670 1~0.914 3 respectively. For the interaction of provenances and environment, the rank of the height, diameter and volume growth was mountainous area > semi-mountainous area > hilly area. Based on the selection standard on the volume growth exceeded (15%) of average provenances, 10 superior provenances and 14 families were tentatively selected with the genetic gain of 16.09%~88.70%, 15.19%~184.80% respectively and could be afforested in different ecological environments.

Key words: *Fokienia hodginsii*; provenances; young forest; genetic variation

福建柏 (*Fokienia hodginsii* (Dunn) Henry et Thomas) 是我国南方和越南北方特有的珍贵用材树种,近年来,作为木材用途广泛和抗逆性强的造林树种已越来越引起人们的重视^[1~6]。

“九五”以前,福建柏良种选育工作做得很少,尤其在地理种源试验方面的研究,基本处于空白。“九五”、“十五”以来,全国福建柏攻关协作组调查收集了我国福建柏全分布区 17 个种源和

收稿日期: 2005-03-15

基金项目: 国家“九五”、“十五”林业科技攻关项目(96-011-03-03-02,2002BA515B0104)

作者简介: 侯伯鑫(1947—),男,天津人,副研究员,博士生导师,主要从事林木遗传育种研究. E-mail: hfbzt@163.com

48个家系的种子,在福建、湖南、江西三省的山区、半山区、丘陵区等不同造林地开展了两次地理种源试验。侯伯鑫等^[7~12]分别对参试省种源试验苗期生长遗传变异进行了报道,侯伯鑫等^[13]对湖南点4~5年生种源树高、胸径的遗传变异作过报道,其他参试省未见幼林期的研究报告。本文通过对湖南营造的5~6年生福建柏种源和家系试验林树高、胸径、材积主要性状间的遗传变异、生物量与环境互作效应、各性状间的相关性和幼林期与苗期生长相关性的研究,初步选择适宜不同生态环境造林地的优良种源和家系,为地理种源试验和良种选育工作的深入开展提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 种源、家系和试验点

1998年参试种源10个,家系25个,对照2个;1999年参试种源12个,家系29个,对照1个。种子由全国福建柏攻关协作组统一提供。种源和家系材料均取自野生林分,受资源稀少的限制,除资源较多的福建、湖南、江西、广东等省的种源由家系组成种源群体外(如福建安溪种源由9个家系组成),其他省份如贵州、广西、浙江等省(区)参试材料为种源。种源和家系对照试验林设在长沙县,其他点仅设种源试验林。造林试验点4处,其中绥宁县(山区点)2处,宁远县(半山区点)1处,长沙县(丘陵区点)1处(表1,表2)。

表1 福建柏种源与家系地理气候因子

种源	家系数	东经(E)	北纬(N)	海拔/m	年均温/℃	年最低温/℃	年最高温/℃	有效积温/℃	无霜期/d	年日照/h	年降水量/mm
贵州黎平		109°09'	26°14'	420	15.7	-7.5	35.0	5 557	230	1 318	1 322
贵州剑河		108°33'	26°30'	800	14.5	-7.0	36.0	4 700	270	1 400	1 400
云南马关		103°55'	22°48'	1 400	16.7	-6.0	36.0	4 700	320	1 600	1 350
广西龙胜		109°50'	25°30'	1 200	15.0	-5.0	39.0	4 500	290	1 560	1 680
广东始兴	3	114°07'	25°27'	700	18.0	-5.0	37.0	6 380	256	1 560	1 543
湖南道县	4	111°20'	25°25'	1 300	15.5	-4.9	39.2	5 500	304	1 569	1 507
湖南江华	4	111°12'	25°20'	1 400	18.1	-7.1	39.7	5 675	293	1 508	1 600
江西上犹	5	114°33'	25°48'	1 150	18.2	-6.5	39.6	5 728	276	1 692	1 700
江西井冈山		114°06'	26°30'	1 000	15.0	-11.0	37.7	5 760	250	1 600	1 866
浙江龙泉		119°07'	28°08'	1 114	17.5	-8.0	39.9	5 511	251	1 875	1 838
福建长汀	5	116°26'	25°59'	800	17.0	-5.6	39.4	5 857	259	1 897	1 800
福建龙岩	3	116°45'	25°15'	680	19.0	-5.6	38.0	6 562	287	2 043	1 700
福建南靖		117°20'	24°30'	500	16.8	-5.2	36.0	6 500	300	1 880	1 940
福建安溪	9	118°38'	24°52'	550	16.8	-5.2	36.0	6 504	300	1 884	1 940
福建德化	9	118°11'	25°30'	580	18.1	-6.2	37.8	5 710	270	1 955	1 724
福建古田	3	118°45'	26°34'	700	18.5	-6.2	39.0	5 863	276	1 929	1 634
福建永泰	3	119°08'	26°02'	300	19.5	-6.7	39.0	5 912	295	1 934	1 635
* 福建仙游		118°34'	25°24'	470	20.0	-3.5	38.7	6 951	321	1 972	1 686
* 福建尤溪		118°11'	26°10'	260	—	—	—	—	—	—	—

* 仙游母树林种子、尤溪种子园种子为对照。

表2 种源和家系试验点地理位置及气候条件

试验点	造林时间	东经(E)	北纬(N)	海拔/m	年均温/℃	有效积温/℃	无霜期/d	年日照/h	年降水量/mm	土壤类型	立地条件(类/指数)
绥宁寨市十里铺	1998	110°02'	26°35'	600	16.7	5 224	308	1 375	1 337	板页岩发育黄棕壤	II/12
绥宁寨市林场	1999	110°10'	26°40'	500	16.7	5 224	308	1 375	1 337	板页岩发育黄棕壤	II/12
宁远洋塘林场	1998	112°05'	25°35'	400	18.4	5 799	297	1 667	1 329	板页岩发育黄棕壤	II/12
长沙唐田林场	1998 1999	113°10'	28°30'	50	17.2	5 500	275	1 677	1 390	四纪红壤	III/8

1.2 试验方法

造林地选择中等立地(Ⅱ类)的山坡中下部,整地采用挖明穴、回表土技术,穴规格50 cm×50 cm×40 cm,株行距2.0 m×2.5 m。随机区组设计8株小区(4株2行排列),5个重复。林地管理每年5月和10月各抚育1次,全垦锄草抚育,连续抚育6 a。为保证试验的一致性,造林时均未施肥。第一次种源和家系造林用苗为1年生容器苗,第二次种源和家系造林用苗为1年生圃地苗。每年12月底对树高和胸(地)径进行每木调查,建立主要生长指标数据库。

1.3 统计分析方法

材积计算采用庄晨辉福建柏材积方程^[5]:

$$V=0.000\ 056\ 85D^{1.629\ 996}H^{1.261\ 954}(r=0.993\ 2,Q=0.012\ 8)$$

用SPSS 10.0.1 for windows对数据进行方差、聚类、相关分析^[14]。

方差分析:

单点离差平方和分解如下: $SS=SS_A+SS_B+SS_E$

多点离差平方和分解如下: $SS=SS_A+SS_B+SS_C+SS_{A\times B}+SS_{B\times C}+SS_{A\times C}+SS_E$

SS为离差平方和, SS_A 为地点的离差平方和, SS_B 为地形的离差平方和, SS_C 为种源的离差平方和, SS_E 为误差项的离差平方和。

聚类分析:

采用组间平均联结法,距离的计算采用欧氏距离的平方:

$$d_{ij} = \sum_{i=1}^p (x_{ii} - x_{jj})^2 (i, j = 1, 2, \dots, n)$$

n 为样品数, p 为指标数, x_{ij} 表示第 i 个样品的第 j 个指标值。

相关分析:

采用 Pearson 相关系数:

$$R = \frac{N \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{N \sum y^2 - (\sum y)^2}}$$

R 为相关系数, x 为树高、胸径、材积的变量值, y 为 x 的函数, $y=f(x)$ 。

遗传力参数估算和遗传增益采用沈熙环《林木育种学》^[15],其中:

$$\text{种源和家系遗传力: } h^2 = \frac{r\delta_p^2}{\delta_e^2 + r\delta_p^2}$$

$$\text{材积遗传增益: } \Delta G = \left[\frac{sh^2}{\bar{x}} \right] \times 100\%$$

h^2 为遗传力, r 为重复数, δ_p^2 为方差, δ_e^2 为误差, ΔG 为遗传增益, s 为选择差, \bar{x} 为群体平均值。

2 结果与分析

2.1 主要生长指标差异分析

树高、胸径、材积是种源或家系选择的3个重要生长性状。试验结果表明,3个指标在各试点均存在极显著差异,如宁远洋塘林场,表现最好的道县种源6年生平均树高5.25 m,平均胸径4.88 cm,平均材积0.007 21 m³。表现最差的德化种源平均树高3.58 m,平均胸径3.16 cm,平均材积0.001 94 m³,前者3个指标比后者分别大46.65%、54.43%、271.65%。长沙唐田林场,表现最好的安溪8号家系平均树高3.69 m,平均胸径4.28 cm,平均材积0.004 41 m³。表现最差的古田1号家系平均树高2.11 m,平均胸径1.69 cm,平均材积0.000 57 m³,前者3个指标比后者分别大74.88%、153.25%、673.68%。种源对立地条件的适应性差异较大,山区十里铺6年生林分平均树高、胸径、材积分别为4.36 m、6.44 cm、0.008 87 m³;半山区洋塘林场6年生林分平均树高、胸径、材积分别为4.31 m、3.94 cm、0.003 59 m³;丘陵区唐田林场6年生林分平均树高、胸径、材积分别为2.68 m、2.56 cm、0.001 46 m³,3个性状生长量山区>半山区>丘陵区,反映种源与地点之间交互作用显著。

2.2 主要性状方差分析及遗传参数

经方差分析,各试点种源或家系的树高、胸径、材积均存在极显著差异,十里铺种源树高、胸径、材积 F 值分别为2.345、2.705、3.032;洋塘林场种源树高、胸径、材积 F 值分别为8.902、8.007、8.305;寨市林场种源树高、胸径、材积 F 值分别为5.537、4.486、4.981;唐田林场种源树高、胸径、材积 F 值分别为6.402、5.877、6.997;唐田林场家系林树高、胸径、材积 F 值分别为10.345、11.635、11.707。山区+半山区、山区+丘陵区多点方差分析,主要性状间差异均达到极显著水平。为了对种源选择提供可靠的遗传参数,估计了各试点树高、胸径、材积遗传力,其中树高、胸径、材积遗传力幅度分别为0.556 1~0.903 4、0.630 3~0.914 0、0.670 1~0.914 6,其值均在0.5以上,材积的遗传力值相对较高。遗传力是遗传变量占表型变量的比值,遗传力值介于0~1之间。其值较小时(0.5以下),表型性状间的差异主要受环境因素影

响;其值较大时,表型性状间的差异主要受遗传因素影响^[5]。由此可见,种源或家系表型性状间的极显著差异主要受种源或家系的遗传因子影响。该试验结果与各省苗期试验报道的种源或家系遗传力值均较高的结果相同^[8~10]。

2.3 多重比较和聚类分析

种源或家系间存在显著差异,但不能断定种源或家系两两之间差异均十分显著,因此需要对树高、胸径、材积主要性状因子进行多重比较和聚类分析。由图1、2、3、4、5、6所示,各点参试种源或家系均可划分为四大类:第一类属最好的种源或家系;第二类属较好的种源或家系;第三类属一般的种源或家系;第四类属较差的种源或家系。

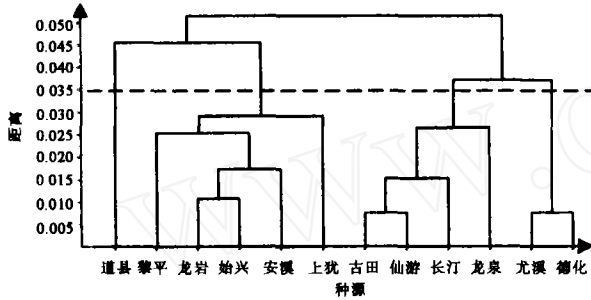


图1 宁远洋塘林场6年生种源林树高、胸径、材积性状聚类图

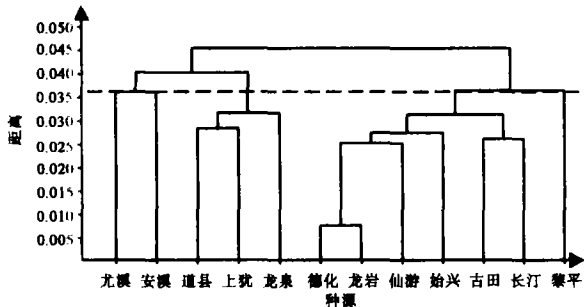


图2 绥宁十里铺6年生种源林树高、胸径、材积性状聚类图

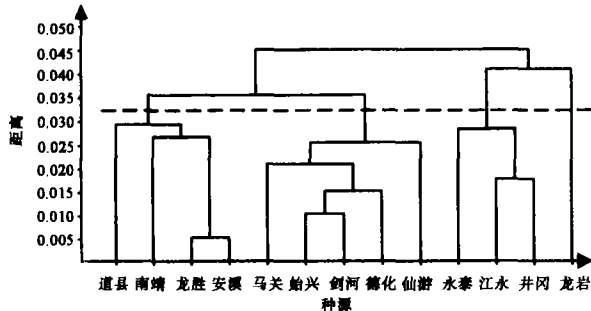


图3 绥宁寨市林场5年生种源林树高、胸径、材积性状聚类图

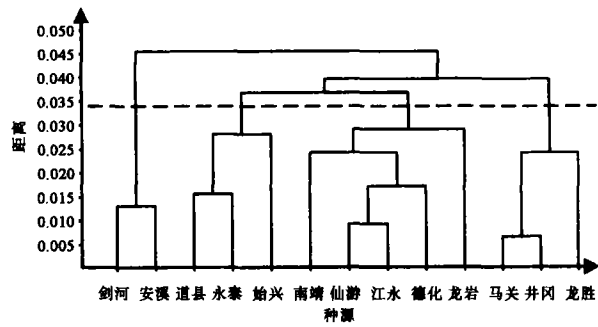


图4 长沙县唐田林场5年生种源林树高、胸径、材积性状聚类图

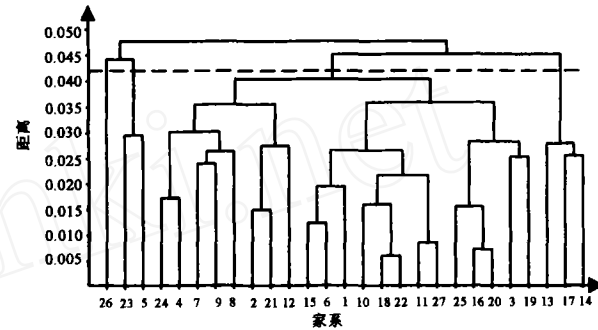


图5 长沙县唐田林场6年生家系林树高、胸径、材积性状聚类图

1:德化1号;2:德化2号;3:德化3号;4:德化4号;5:德化5号;6:仙游;7:尤溪;8:上犹1号;9:上犹2号;10:上犹5号;11:上犹6号;12:上犹7号;13:古田1号;14:古田2号;15:古田3号;16:龙岩1号;17:龙岩2号;18:长汀3号;19:长汀13号;20:长汀14号;21:长汀15号;22:长汀20号;23:安溪1号;24:安溪4号;25:安溪5号;26:安溪8号;27:安溪10号。

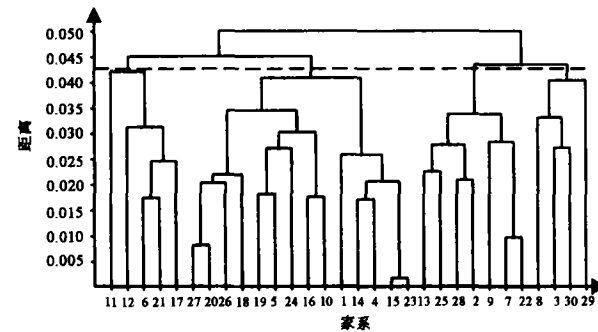


图6 长沙县唐田林场5年生家系林树高、胸径、材积性状聚类图

1:始兴3号;2:始兴4号;3:始兴5号;4:安溪1号;5:安溪4号;6:安溪9号;7:安溪3号;8:安溪6号;9:安溪7号;10:德化4号;11:德化6号;12:德化14号;13:德化3号;14:德化15号;15:德化31号;16:永泰1号;17:永泰2号;18:永泰3号;19:龙岩1号;20:龙岩2号;21:龙岩4号;22:江水1号;23:江水2号;24:江水4号;25:道县1号;26:道县3号;27:道县5号;28:仙游;29:江水5号;30:道县2号。

树木性状间的相关关系对选择育种的方法和效果有重要影响,了解各性状间的相互关系,可为幼林期选择表现优良的种源提供依据。通过对树高、胸径、材积的相关分析,发现胸径与材积的相关系数最大,5~6年生林分 r 值分别为0.926、0.963,而树高与材积相关系数相对较小,5~6年生林分 r 值分别为0.649、0.775,反映福建柏幼林期胸径生长与材积有高度的相关性,这与薛秀康等^[2]对湖南株洲朱亭福建柏人工林生物量研究的结果相同,因此胸径生长可作为幼林期种源或家系表型性状选择的重要指标。

福建柏是用材林,优良经济性状主要表现在木材速生丰产,因此,材积遗传增益是本次试验选择的综合指标。根据全国福建柏攻关协作组制定的优良种源材积生长超过种源平均值 15% 以上的选择标

准,初步选出 10 个优良种源和 14 个家系(表 3),其材积遗传增益分别为 16.09%~88.70%、15.19%~184.80%。其中湖南道县和福建安溪属生态适应性较广的种源,道县种源遗传增益在山区、半山区、丘陵区分别为 25.96%、88.70%、33.63%,是参试种源中表现最优良的种源;广西龙胜和福建南靖属适宜山区的种源;贵州黎平、福建龙岩、广东始兴、江西上犹属适宜半山区的种源;贵州剑河、福建永泰属适宜丘陵区的种源。本次对照的福建仙游母树林种子在各点均表现较差,福建尤溪种子园种子适宜山区和丘陵区生长,遗传增益分别为 32.49%、34.45%。在初选出适宜丘陵区的 14 个家系中,安溪 1 号、4 号,德化 4 号在两次试验中均表现良好,属遗传稳定性较强的优良家系。安溪 8 号材积遗传增益最大,为 184.80%。

表 3 中选种源和家系综合评价

种源或家系	绥宁县(山区)		宁远县(半山区)		长沙县(丘陵区)		综合评价
	材积遗传增益/%		材积遗传增益/%		材积遗传增益/%		
	6年生	5年生	6年生	6年生	5年生		
湖南道县	4.76	25.96	88.70		33.63		适应性最广的种源,在半山区增产潜力较大
福建安溪	16.09	13.35	9.31		77.03		适应性最广的种源,在丘陵区增产潜力较大
广西龙胜		19.10			-52.08		适生山区的种源
福建南靖		21.51			-15.19		适生山区的种源
广东始兴	-8.91	5.38	25.24		4.34		适应性较广的种源,在半山区增产潜力较大
江西上犹	11.03		16.42				适生山区、半山区的种源,在半山区增产潜力较大
贵州黎平	-19.26		37.73				适生半山区的种源
福建龙岩	-7.33	-37.27	28.91		-30.38		适生半山区的种源
贵州剑河		1.11			72.69		适生丘陵区的种源
福建永泰		-12.98			27.12		适生丘陵区的种源
安溪 1 号					34.45	4.62	优良家系
安溪 4 号					46.36	9.91	优良家系
安溪 8 号					184.80		优良家系
安溪 9 号						27.74	优良家系
德化 4 号					35.08	1.98	优良家系
德化 5 号					61.39		优良家系
德化 6 号						73.97	优良家系
德化 14 号						41.61	优良家系
永泰 2 号						26.42	优良家系
龙岩 1 号						19.15	优良家系
龙岩 2 号						48.87	优良家系
龙岩 4 号						41.61	优良家系
道县 3 号						17.17	优良家系
道县 5 号						15.19	优良家系
* 福建仙游	-6.50	-5.19	-10.78	-17.54	-19.53		母树林种子,在各点表现均差
* 福建尤溪	32.49		-33.32	34.45			种子园种子,在山区和丘陵区表现较好

* 对照种源

福建柏优良种源5~6年生林分与4~5年生林分胸径、树高生长相关性较强,侯伯鑫等^[13]对湖南点4~5年生林分胸径与树高遗传变异及相关性的研究,根据胸径遗传增益超过种源平均值15%以上的标准,初选出道县、安溪、剑河3个优良种源,本次研究增加了材积指标,与上次选择的结果基本相符。

福建柏优良种源和家系与苗期表现有一定的相关性,如洋塘林场表现优良的道县、始兴、上犹、黎平、龙岩种源,十里铺表现优良的道县、上犹种源,寨市林场表现优良的道县、安溪种源,唐田林场表现优良的道县、安溪、永泰种源及德化4号、5号、6号、14号家系、永泰1号、2号、3号家系均为苗期表现优良的种源或家系^[7,8,12],分别占苗期初选优良种源和家系的67.50%、88.89%。

3 结论与讨论

(1)试验结果表明,福建柏地理种源存在丰富的遗传变异,幼林期的树高、胸径、材积3个主要性状生长指标均存在极显著的差异,该差异是种源选择和良种选育的基础。经对各试点种源或家系3个主要性状遗传力估算,其值较大,反映同一地点种源或家系的表型差异主要受遗传因素影响;种源×地点的交互作用显著,3个主要性状生长量山区>半山区>丘陵区,反映福建柏在山区生产力最高,半山区次之,丘陵区较小。

(2)种源或家系优良经济性状的选择以材积作为综合指标,按遗传增益大于种源或家系平均值15%以上的标准,选择出10个优良种源和14个家系,其遗传增益分别为16.09%~88.70%、15.19%~184.80%。初选的优良种源和家系数量分别占苗期表现良好的种源和家系数量的67.50%、88.89%,反映幼林期表现优良的种源和家系,与苗期生长有一定的相关性。某些种源或家系在苗期表现良好但幼林期表现较差,其原因很可能与苗木异地栽培后(第一次种源试验育苗点在宁远县的丘陵区,第二次种源试验育苗点在绥宁县的山区),由于生态环境的改变,种源或家系幼林期对生态环境适应性不同有密切关系。

(3)据肖祥希等^[16~18]对福建柏人工林生长规律的研究,福建柏5~14年生为速生期,其树高、胸径、材积生长率最大值均出现在4~6年生,以后逐年减少。湖南点种源或家系试验林正值最大生长期,反映本次选择有一定的可靠性。

参考文献:

- [1] 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
- [2] 薛秀康,盛炜彤. 朱亨福建柏人工林生物量研究[J]. 林业科技通讯,1993(4):16~19
- [3] 林刚生,陈洪,陈永岩. 福建柏人工林调查研究[J]. 福建林业科技,1994,21(1):26~30
- [4] 廖涵宗,张春能,邱道生,等. 福建柏人工林生态系统生产力的研究[J]. 南京林业大学学报,1995,19(2):59~66
- [5] 庄晨辉. 福建柏气候学的研究与产区区划[J]. 林业资源管理,1996(5):34~38
- [6] 肖祥希,杨宗武,张崇武,等. 福建柏人工林养分积累与分配的研究[J]. 林业科学研究,2002,15(1):83~85
- [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] 张新华. 福建柏优树家系苗期生长性状遗传变异和选择研究[J]. 湖南林业科技,2003,30(4):19~21
- [9] 杨宗武,郑仁华,侯伯鑫,等. 福建柏苗期生物量种源间遗传变异及其综合评价的研究[J]. 林业科学研究,2003,16(1):39~44
- [10] 郑仁华,杨宗武,梁鸿荣,等. 福建柏地理种源苗期试验的研究[J]. 福建林学院学报,2001,21(1):40~44
- [11] 曾志光,肖复明,王城辉,等. 福建柏种源试验苗期选择初报[J]. 江西林业科技,1998(4):1~4
- [12] 廖纯茂,李明贵,何晓红,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
- [13] 侯伯鑫,林峰,程政红,等. 福建柏地理种源遗传变异及早期选择研究[J]. 植物遗传资源学报,2004,5(2):179~184
- [14] 苏全明,傅荣华,周建斌,等. 统计软件SPSS for Windows 实用指南[M]. 北京:电子工业出版社,2000
- [15] 沈熙环. 林木育种学[M]. 北京:中国林业出版社,1990
- [16] 肖祥希,杨宗武,卓开发,等. 福建柏人工林生长规律的研究[J]. 福建林业科技,1998,25(3):31~35
- [17] 林丽娜. 闽南福建柏人工林生长动态的研究[J]. 福建林业科技,1999,26(3):28~32
- [18] 张炳荣. 福建柏天然林组成结构与生长规律的调查[J]. 武夷科学,1982,2(2):48~54