

闽楠种源苗期生长性状地理变异研究*

谭文婧¹ 李娟² 林建勇² 姜英² 刘雄盛² 梁瑞龙²

(1. 广西壮族自治区融水县国营贝江河林场, 广西柳州, 545300; 2. 广西壮族自治区林业科学研究院 / 广西优良用材林资源培育重点实验室 / 国家林业局中南速生材繁育实验室, 广西南宁 530002)

摘要 为研究不同产地闽楠 (*Phoebe bournei*) 幼苗生长性状的变异规律及其与地理、气候因子的关系, 以来源于6个省区的12个种源的种子培育的幼苗为试验材料。研究分析了闽楠幼苗苗高、地径、生物量等性状的种源差异, 苗期生长性状与种源产地气候或与地理因子间的相关性以及各性状的相关性。结果表明: 参试种源间生长差异显著, 这些差异主要由遗传因素制约; 地径、地下生物量与经度呈显著负相关关系, 地径与海拔呈显著正相关关系; 各观测性状与无霜期呈显著或极显著相关关系; 苗木苗高、地径、生物量等性状之间呈显著或极显著相关关系。根据聚类分析结果, 供试的12个种源可划分为优、良、中、差4类, 其中广西、贵州种源具有较明显的生长优势。综合分析结果表显示: 闽楠各种源间存在明显的遗传分化, 地理隔离导致幼苗的生长性状变异丰富, 西南地区种源普遍生长较好。

关键词 闽楠; 种源; 地理变异

中图分类号: S723.7 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053 (2019) 02-0048-07

Geographic Variation of Seeding Growth Traits for *Phoebe bournei* among Different Provenances

TAN Wenjing¹ LI Juan² LIN Jianyong² JIANG Ying²
LIU Xiongsheng² LIANG Ruilong²

(1. Guangxi Rongshui County State Beijianghe Forest Farm, Liuzhou, Guangxi 545300, China; 2. Guangxi Forestry Research Institute/Guangxi Key Lab. of Superior Timber Tree Resources Cultivation/Key Lab. of Central South Fast-growing Timber Cultivation, Nanning, Guangxi, 530002, China)

Abstract To reveal variation rule of phenotypic traits of seedling of *Phoebe bournei* from different locations and their relation with geographic-climatic factors, the provenance trial of *P. bournei* seedlings containing 12 provenances collected from 6 provinces were conducted in Rongshui County, Guangxi. In the study, the provenance differences of seedling height, ground diameter, biomass and other characters were analyzed, as well as the correlation between seedling growth traits and climate or/and geographic factors of the provenance and the correlation of various traits. The result showed that there were significant difference in growth among provenances which were mainly controlled by genetic factors. There were significant negative correlation among ground diameter, dry weight and longitude, significant positive correlation between ground diameter and altitude. The observed traits were significantly or very significantly correlated with frost. The observed traits were significantly or very significantly correlated with each other. 4 provenances were divided into excellent,

* 基金项目: 广西林业科技项目(桂林科字[2015]第2号), 广西科技计划项目(桂AB16380092), 广西自然科学基金项目(桂科计字[2016]380号)。

第一作者: 谭文婧(1969—), 女, 工程师, 主要从事森林培育研究, E-mail: n5126694@126.com。

通信作者: 梁瑞龙(1962—), 男, 教授, 主要从事森林培育研究, E-mail: liangruilong@126.com。

good, normal, poor categories by clustering analysis, among them, the provenances of Guangxi and Guizhou had obvious growth advantages. According to comprehensive comparative analysis, provenances from southwestern regions in China grew well.

Key words *Phoebe bournei*; provenance; geographic variation

闽楠 (*Phoebe bournei*), 为樟科 (Lauraceae) 常绿大乔木, 树干通直, 树形优美, 材质细密, 耐腐蚀性好, 是我国特有珍贵用材树种和优良观赏树种^[1-2]。闽楠喜湿耐荫, 为深根性树种, 根系发达, 根部有较强的萌生力, 树干萌芽力强, 病虫害少, 但是由于人为活动的过度干扰和自身生物学特性的原因, 野生资源日益匮乏, 被列为国家 II 级野生保护植物, 自然分布于福建省、江西省、湖南省、广西壮族自治区、广东省、贵州省、浙江省、湖北省、四川省等地^[1]。在广西境内主要产于北部的桂林、贺州、柳州, 广西南部百色的乐业、田林亦有分布。

闽楠的研究主要围绕野外资源调查^[3-4]、群落生态^[5-7]、苗木和人工林培育^[8-12]等方面, 江香梅等人^[13-16]对江西、福建贵州、湖南和湖北等省份 20 多个闽楠种源的苗期生长性状变异进行了初步研究, 结果表明闽楠不同种源的苗高、地径、生物量存在显著差异。闽楠分布范围较广, 分布区内的土壤、气候等环境因子差异较大, 导致种源间存在较大的遗传差异。尽管有学者对闽楠不同种源间的生长差异进行了研究, 但是大部分研究仅选择 2、3 个分布区的种源为研究对象, 分布区和种源地理跨度并不大, 地理变异规律不明显。因此, 本研究通过对闽楠 6 个主要分布区: 湖北、湖南、贵州、广西、江西、福建 12 个种源苗期生长性状进行研究分析, 探索其地理变异规律, 以为进一步选择优良种源及在广西大范围推广提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设在广西壮族自治区柳州市融水苗族自治县营贝江河林场苗圃基地 (109° 14' E, 25° 04' N), 属于中亚热带季风气候, 由于山地较多, 故山区气候特征比较明显。年平均温度 19.6℃, 年均降水量 1 757.5 mm, 降水主要集中在 4-8 月; 全年平均总日照时数 1 699 h。

1.2 试验材料

供试 12 个闽楠种源采种点的地理气候信息详见表 1。2015 年 11 月下旬至 12 月上旬, 每个种源选择 10~15 株健壮母树采种, 母树间距 50 m 以上。果实采回后除去果肉, 洗净阴干后, 等量混合, 充分混匀后作为该种源的供试材料。

于 2016 年 2 月 17 日播种于沙床催芽, 4 月 22—23 日将露白的种子点入直径为 7.5 cm, 高 12 cm 的无纺布育苗袋, 育苗基质为 97% 经过发酵的菌渣与 3% 黄心土的混合基质。采用随机区组设计, 5 个重复, 每个重复 30 株。苗期管理与常规容器育苗管理相同, 夏季搭上遮阳网遮阳 (遮光率 80%)。

1.3 数据收集与分析

2016 年 12 月 28—31 日, 测定所有苗木的苗高、地径, 全株、地上和地下的干鲜质量, 采用 SPSS 软件和 EXCEL 软件进行方差分析, 计算广义遗传力和聚类分析。

种源遗传力计算公式: $h^2=1-(1/F)^{[17-18]}$, 式中 h^2 为遗传力, F 为方差分析中的 F 值。

遗传增益计算: $\Delta G=(h^2S/\bar{X}) \times 100\%$, $S=X_a-\bar{X}$, 式中 ΔG 为遗传增益, h^2 为遗传力, S 为选择差, X_a 为入选种源平均值, \bar{X} 为总体平均值^[19]。

2 结果与分析

2.1 闽楠种源间生长量和生物量差异分析

对 12 个种源的苗高, 地径, 地上、地下及全株生物量等 5 个指标进行方差分析和 LSD 多重比较分析 (表 2-3), 结果表明, 闽楠苗期生长性状在不同种源间分化较大, 种源间差异极显著。苗高的均值为 31.46 cm, 种源间的苗高极差为 30.23 cm, 优、劣种源相差 148.62%; 其中苗高生长量最大的种源为广西富川, 平均苗高为 50.57 cm, 是生长量最小种源湖南沅陵的 2.5 倍。贵州从江、贵州思南、广西富川、广西资源 4 个种源的苗高显著高于全部种源平均值, 4 个种源

表 1 闽楠参试种源采种点的地理气候因子概况

Tab.1 Geographic locations and climatic information of the seed collection sites of *Phoebe bournei* of different provenances

种源 Provenance	经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔 /m Altitude	年均温 /℃ Average annual temperature	年降水量 /mm Annual precipitation	无霜期 /d frost-free season	年均日照时间 /h Average annual sunshine time
湖北来凤 Hubei Laifeng	109° 15' E	29° 10' N	655	15.8	1 400	256	1 400
湖南祁阳 Hunan Qiyang	112° 05' E	26° 17' N	130	18.2	1 275	293	1 592
湖南沅陵 Hunan Yuanling	110° 32' E	28° 41' N	120	16.6	1 441	281	1 477
贵州从江 Guizhou Congjiang	108° 26' E	25° 44' N	730	18.4	1 300	326	1 284
贵州思南 Guizhou Sinan	108° 00' E	27° 49' N	750	17.3	1 100	290	1 178
广西富川 Guangxi Fuchuan	111° 07' E	24° 34' N	250	19.10	1 700	318	1 574
广西资源 Guangxi Ziyuan	110° 22' E	25° 56' N	540	16.4	1 761	280	1 275
广西全州 Guangxi Quanzhou	111° 13' E	26° 12' N	140	17.8	1 519	298	1 489
江西井冈山 Jiangxi Jinggangshan	114° 12' E	26° 25' N	230	14.2	1 856	241	1 511
江西上犹 Jiangxi Shangyou	114° 20' E	25° 51' N	360	18.8	1 497	289	1 765
福建建瓯 Fujian Jianou	118° 08' E	27° 02' N	290	19.3	1 600	286	1 612
福建延平 Fujian Yanping	117° 58' E	26° 38' N	106	19.3	1 650	268	1 972

的平均高较全部种源的平均高大 27.45%。平均地径为 4.85 mm，种源间的极差为 2.25 mm，优、劣种源相差 54.74%；显著高于全部种源地径平均值的种源是贵州从江、贵州思南、广西富川、广西资源，它们的地径平均值比全部种源平均值高 18.09%。单株生物量（地上、地下生物量合计，下同）高于全部种源平均单株生物量的种源有贵州从江、贵州思南、广西富川、广西资源、广西全州，它们的平均单株生物量比总平均值大 23.93%，种源间的单株生物量极差为 4.63 g。地上、地下生物量在种源间的差异达到极显著水平，与苗高、地径、全株生物量的生长差异一致。

计算结果表明（表 2），闽楠各个性状指标的遗传力都在 0.8 以上，为高度遗传，因此，闽楠苗期生长性状的变异主要由遗传因素控制。闽楠苗

高、地径等 5 个观测指标的变异系数都较大，且方差分析和 LSD 多重比较分析结果均表明这些指标在种源间存在着丰富的遗传变异，有利于进行优良种源筛选。

2.2 苗期生长性状的地理变异

对闽楠 12 个种源苗期生长性状与地理、气象因子的相关分析结果表明（表 3），1 年生闽楠幼苗的苗高、地径等 5 个性状指标与无霜期呈显著或极显著正相关，这表明无霜期越长的地区，闽楠幼苗生长期越长，生长量也越大。地径、地下生物量与经度呈显著负相关关系，说明来自西部的闽楠种源苗期地径生长和干物质量累积普遍快于东部种源；地径与海拔显著正相关，表明分布于海拔较高地区的种源地径生长普遍较快。地上生物量与纬度呈显著负相关关系则表明南部种源

表 2 闽楠种源间生长性状的差异和遗传力分析
Tab.2 Provenance variances and heritability of growth traits of *Phoebe bournei*

性状 Character	均值 Mean	变异幅度 Range of variation	变异系数 /% C.V	均方 Mean square	F 值	广义遗传力 Broad-sense heritability
苗高 /cm Height	31.46 ± 8.27	20.34~50.57	26.29	309.08	23.44**	0.957
地径 /mm Diameter	4.85 ± 0.78	4.11~6.36	16.08	2.74	23.54**	0.958
地上生物量 /g Aboveground biomass	4.33 ± 1.34	2.33~6.41	30.94	7.21	13.15**	0.924
地下生物量 /g Underground biomass	1.20 ± 0.32	0.84~1.80	26.67	0.38	9.98**	0.900
全株生物量 /g Whole plant biomass	6.00 ± 2.00	3.94~8.57	33.33	11.41	5.06**	0.802

注：* 表示检验显著水平 $P < 0.05$ ，** 表示检验显著水平为 $P < 0.01$ Note: * Indicates significant level of testing $P < 0.05$, ** indicates significant level of testing $P < 0.01$

表 3 闽楠不同种源生长指标 LSD 多重比较分析
Tab.3 Multiple comparative analysis of growth indices of *Phoebe bournei* among different provenances

种源 Provenance	苗高 /cm Height	地径 /mm Diameter	地上生物量 /g Above ground biomass	地下生物量 /g Under ground biomass	全株生物量 /g Whole plant biomass
湖北来凤 Hubei Laifeng	28.40 e	4.71 cd	3.17 e	1.06 d	4.23 f
湖南祁阳 Hunan Qiyang	28.56 e	4.56 d	3.98 de	1.26 c	5.23 ce
湖南沅陵 Hunan Yuanling	20.34 h	4.11 e	2.33 f	1.15 cd	3.48 g
贵州从江 Guizhou Congjiang	38.02 b	6.38 a	5.91 ab	1.80 a	7.71 ab
贵州思南 Guizhou Sinan	37.1 bc	5.77 b	5.23 b	1.34 bc	6.57 b
广西富川 Guangxi Fuchuan	50.57 a	5.88 b	6.41 a	1.54 b	7.95 a
广西资源 Guangxi Ziyuan	34.59 c	4.88 c	4.82 bc	1.29 c	6.11 bc
广西全州 Guangxi Quanzhou	29.81 de	4.52 d	4.85 bc	1.18 cd	6.03 bc
江西井冈山 Jiangxi Jinggangshan	26.36 f	4.27 e	3.51 e	0.84 f	4.35 f
江西上犹 Jiangxi Shangyou	24.34 g	4.28 e	3.10 e	0.88 f	3.98 fg
福建建瓯 Fujian Jianou	28.63 e	4.58 d	4.49 c	1.16 cd	5.65 c
福建延平 Fujian Yanping	30.62 d	4.24 e	4.06 d	0.93 f	4.99 e

注：在同一列不同小写字母表示差异达到 5% 显著水平 Note: Different lowercase letters in the same column indicate a significant difference of 5%

闽楠幼苗茎干生物量的累积普遍较快。

除地径和地下生物量外,其它3个性状指标与经度呈不显著负相关关系;地上生物量与纬度呈显著负相关关系,其它4个性状指标与纬度呈负相关关系,但是相关性均未达到显著性水平。所测定的5个性状指标与无霜期外的其他几个气象因子间的相关性均不显著。

2.3 闽楠种源苗期性状间的相关性分析

从表5中可看出,闽楠苗高与地下生物量相关系数达到显著水平,与其他性状均为极显著相关;地径与其他性状呈极显著相关关系;其他各性状间的相关系数也达到显著或极显著水平,这说明可以通过苗高、地径及单株生物量单独或者构建综合评价指数,评价各个种源闽楠苗期生长优劣。

2.4 闽楠不同种源的聚类分析

基于苗期的生长性状数据对闽楠不同种源进

行聚类分析(图1),可以把闽楠12个种源划分为4个类别,其中:广西富川单独为I类;贵州从江、贵州思南和广西资源聚为II类;湖南祁阳、福建建瓯、广西全州、福建延平、湖北来凤、江西井冈山、江西上犹为III类;湖南沅陵为IV类。对4个类别的生长性状遗传增益进行分析(表6)结果表明,各类别的差异较明显,I、II类种源生长表现较好,可分别定为优、良种源,III、IV类种源生长较差,生长量明显低于总体平均生长量,分别定为中、差种源。优、良种源分布在广西、贵州两个省份,均处于我国西南地区。从表5可看出,这4个种源的苗高、地径等指标显著高于总体平均水平,I、II类种源苗高平均遗传增益分别为66.48%、21.61%,地径平均遗传增益分别为53.48%、19.80%,生长优势明显,可作为早期选择的优良种源。

表4 闽楠幼苗性状与地理气象因子间的相关分析

Tab.4 Correlation analysis of growth traits and geographic factors of *Phoebe bournei* seedling

指标 Index	经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔 Altitude	1月均温 Average temperature in January	7月均温 Average temperature in July	年均温 Average annual temperature	年降水量 Annual precipitation	无霜期 Frost-free season	年均日照时间 Average annual sunshine time
苗高 Height	-0.318	-0.521	0.329	0.450	0.062	0.330	0.023	0.590*	-0.258
地径 Diameter	-0.591*	-0.306	0.668*	0.260	0.064	0.228	-0.371	0.692*	-0.572
地上生物量 Aboveground biomass	-0.258	-0.608*	0.328	0.468	0.123	0.407	-0.038	0.691*	-0.314
地下生物量 Underground biomass	-0.595*	-0.306	0.456	0.258	0.240	0.299	-0.374	0.825**	-0.561
全株生物量 Whole plant biomass	-0.364	-0.564	0.414	0.439	0.134	0.393	-0.126	0.575**	-0.397

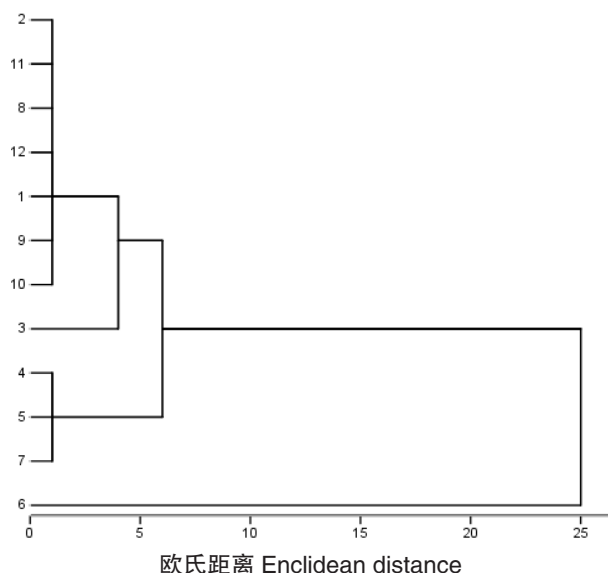
注: *表示检验显著水平 $P < 0.05$, **表示检验显著水平为 $P < 0.01$ Note: * Indicates significant level of testing $P < 0.05$, ** indicates significant level of testing $P < 0.01$

表5 种源苗期性状间的相关系数

Tab.5 The correlation coefficient between seedling traits of provenances

性状 Character	苗高 Height	地径 Diameter	地上生物量 Aboveground biomass	地下生物量 Underground biomass
地径 Diameter	0.830**			
地上生物量 Aboveground biomass	0.918**	0.839**		
地下生物量 Underground biomass	0.706*	0.889**	0.770**	
全株生物量 Whole plant biomass	0.906**	0.908**	0.982**	0.866**

注: *表示检验显著水平 $P < 0.05$, **表示检验显著水平为 $P < 0.01$ Note: * Indicates significant level of testing $P < 0.05$, ** indicates significant level of testing $P < 0.01$



注：1. 湖北来凤 Heibei Laifeng; 2. 湖南祁阳 Hunan Qiyang; 3. 湖南沅陵 Hunan Yuanling; 4 贵州从江 Guizhou Congjiang; 5. 贵州思南 Guizhou Sinan; 6. 广西富川 Guangxi Fuchuan; 7. 广西资源 Guangxi Ziyuan; 8. 广西全州 Guangxi Quanzhou; 9. 江西井冈山 Jiangxi Jinggangshan; 10. 江西上犹 Jiangxi Shangyou; 11. 福建建瓯 Fujian Jianou; 12. 福建延平 Fujian Yanping

图 1 闽楠不同种源生长性状聚类结果

Fig.1 Clustering map of growth traits of *Phoebe bournei* among different provenances

3 结论与讨论

3.1 对 12 个种源闽楠苗高、地径等生长性状指标分析表明，不同种源间苗高、地径等生长性状均存在极显著差异，闽楠种源间存在着丰富的遗传变异。从种源间的差异来看，广西富川、广西资源、贵州从江、贵州思南这 4 个种源各方面性状表现明显优于其他几个种源。李娟^[11-12]等人对江西、福建两省 13 个种源的闽楠苗期生长的研究也表明不同种源在苗高、地径、生物量上存在显著差异。闽楠地理种源间苗期生长性状存在着明显的地理遗传分化，这可能与其分布范围较广，分布区内环境因子差异显著有关。

3.2 闽楠苗高广义遗传力为 0.957，地径广义遗传力为 0.958，其他各性状的广义遗传力也均在 0.8 以上，各个性状的变异系数均在 15% 以上，种源间存在丰富的遗传变异，这一结果表明闽楠苗期生长性状的变异主要有遗传因素控制，与刘宝等^[14-16]人的研究结论一致。因此闽楠可以在苗期进行优良种源的初步选择。

3.3 闽楠苗期生长性状与地理因子的相关分析表

表 6 闽楠不同种源生长性状分类及遗传增益分析

Tab.6 Classification of growth traits and genetic gain of different provenances of *Phoebe bournei*

分类 Classification	种源 Provenance	苗高 Height		地径 Diameter		地上生物量 Aboveground biomass		地下生物量 Underground biomass		全株生物量 Whole plant biomass	
		均值 Mean	遗传增益 % Genetic gain	均值 Mean	遗传增益 % Genetic gain	均值 Mean	遗传增益 % Genetic gain	均值 Mean	遗传增益 % Genetic gain	均值 Mean	遗传增益 % Genetic gain
I	广西富川	50.57	66.48	5.88	25.86	6.41	53.48	1.54	31.58	7.95	42.41
II	贵州从江、 贵州思南、 广西资源	36.58	21.61	5.68	21.72	4.93	19.80	1.48	26.84	6.79	24.52
III	湖南祁阳、 福建建瓯、 广西全州、 福建延平、 湖北来凤、 江西井冈山、 江西上犹	27.96	-6.03	4.45	-3.72	3.88	-4.10	1.04	-7.89	4.92	-4.32
IV	湖南沅陵	20.34	-30.47	4.11	-10.76	2.33	-39.37	1.15	0.79	3.48	-26.53

明,苗高与经度、纬度呈负相关关系,但相关性不显著;地径与经度呈显著负相关关系,与纬度呈负相关关系,但是相关性不显著,与海拔呈显著正相关关系。而综合表现较佳的广西富川、广西资源、贵州从江、贵州思南4个种源均位于我国西南地区,这说明闽楠苗期生长性状有一定的地理变异规律,西南种源生长普遍优于东北种源。而江香梅^[13]的研究结果是闽楠苗高、地径生长与经纬度的相关性不显著,这可能是由于其采种点地理距离较近,试验结果不能体现出苗木的地理变异规律。闽楠苗期8个观测性状与无霜期呈显著正相关关系,这与江春梅的研究结果一致。无霜期长则意味着生长期长,由于闽楠苗期生长属于全期生长类型^[11],生长期越长越有利于闽楠苗期生长量的累积。因此,在对闽楠进行优良种源选择时,不仅要考虑产地的经纬度,还应将产地的无霜期作为选择因子加以考虑。

3.4 闽楠5个观测性状之间都呈显著或极显著相关关系,因此,在进行种源苗期选择时,可选取苗高、地径这两个容易测定的指标构建综合评价指数,进行优良种源的早期选择。

3.5 根据闽楠苗期5个生长性状对12个闽楠种源进行聚类分析,聚类结果与各种源的地理分布有一定相关性。广西富川、广西资源、贵州从江、贵州思南4个种源聚为I、II类,生长显著高于整体平均水平,这一结果和闽楠种源间生长量分析结果、苗期生长性与地理因子相关性分析结果相一致。

3.6 本研究是以1a生闽楠幼苗为研究对象,此时各遗传性状并未得到充分表达或表达不稳定,而且闽楠苗期忌强光需荫蔽,与闽楠后期生长喜光相矛盾,因此,各个性状之间的相关性以及性状与地理气象因子的相关性,还有待长期观测分析;苗期表现较好的种源后期的生长表现还有待于开展长期造林试验进行观测。此外,本研究未开展多点试验,不能完全排除环境因素对遗传参数的影响,因此,还需要进一步开展多点试验,以进一步明确遗传因素、环境因素对各个生长性状的影响。

参考文献

- [1] 梁盛业.广西树木志(第一卷) [M].北京:中国林业出版,2012: 242-243.
- [2] 中国植物志编辑委员会.中国植物志(31卷) [M].北京:科学出版社,1982: 112.
- [3] 王通,吴大荣,徐建明,等.车八岭闽楠种群的现状及保护对策[J].华南农业大学学报,2000,21(1): 72-74.
- [4] 邹秀红.福建永春闽楠天然林植物区系和物种多样性研究[J].亚热带植物科学,2002,31(3): 23-26.
- [5] 刘宝,陈存及,陈世品,等.闽楠群落优势种群结构与空间分布格局[J].福建林学院学报,2006,26(3): 210-213.
- [6] 吴大荣,朱政德.福建省罗卜岩自然保护区闽楠种群结构和空间分布格局初步研究[J].林业科学,2003,39(1): 23-30.
- [7] 吴大荣.罗卜岩保护区闽楠等优势植物种群竞争研究初步[J].南京林业大学学报,1998,22(3): 38-41.
- [8] 颜珣,文仕知,郭文平,等.施肥处理在高温季节对闽楠幼林叶绿素荧光特性的影响[J].中南林业科技大学学报,2015,35(8): 73-76.
- [9] 葛永金,刘跃钧,高伟,等.不同光照强度下楠木属3个树种苗木的形态响应与适应[J].江西农业大学学报,2014,36(1): 109-114.
- [10] 安常蓉,韦小丽,叶嘉俊,等.温湿度交互作用对闽楠幼苗形态和生理生化的影响[J].西北林学院学报,2015,30(5): 20-27.
- [11] 李娟,谭文婧,林建勇,等.闽楠不同种源苗期生长规律研究[J].广东农业科学,2017,44(11): 44-52.
- [12] 李娟,谭文婧,刘艺玮,等.不同药剂预处理对闽楠种子萌发的影响[J].林业与环境科学,2017,33(1): 54-58.
- [13] 江香梅,肖复明,叶金山,等.闽楠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,2008,30(4): 666-670.
- [14] 刘宝,陈存及,陈少杰,等.闽楠种源苗期试验初步研究[J].福建林学院学报,2007(3): 213-216.
- [15] 黄宇,李建民,范辉华,等.闽楠不同采种点苗期生长差异及遗传变异分析[J].福建林业科技,2016,43(1): 20-24.
- [16] 吴际友,黄明军,陈明皋,等.闽楠种源苗期生长差异与早期选择研究[J].中南林业科技大学学报,2015,35(11): 1-4.
- [17] 贾棚.遗传力的概念、计算及在林木良种选育中的作用[J].山西林业科技,1997(1): 38-40.
- [18] 赵奋成,林昌明,吴惠姗,等.湿地松×洪都拉斯加勒比松生长性状遗传参数年度变化趋势及相关分析[J].林业与环境科学,2018,34(2): 1-12.
- [19] 陈晓阳,沈熙环.林木育种学[M].北京:高等教育出版社,2005: 19.