

帽儿山地区 10 年生白桦种源试验

高玉池, 魏志刚, 杨传平, 刘桂丰, 刘关君

(东北林业大学 林木遗传育种与生物技术教育部重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150040)

摘要: 对黑龙江省帽儿山 10 年生白桦 *Betula platyphylla* 种源试验林 14 个种源进行调查研究。结果表明, 不同种源在树高、胸径、材积和纤维素质量分数上均存在显著差异。各种源 4 个性状的遗传参数比较和主成分分析表明, 东方红、帽儿山和乌伊岭种源为优良纤维材种源, 其纤维素质量分数遗传增益分别为 5.29%, 9.96% 和 2.85%, 材积遗传增益分别为 43.26%, 38.07% 和 36.96%。各种源性状与对应的地理气候因子典型相关分析结果表明, 各性状主要受温度和日照的影响, 即白桦生物性状的地理变异的实质是对温度和日照时间的高度适应。聚类分析将 14 个种源划分为 3 个种源区, 即大兴安岭种源区、辽东种源区和小兴安岭及长白山种源区。图 1 表 6 参 24

关键词: 林木育种学; 白桦; 种源选择; 地理变异; 种源区划

中图分类号: S722.3 文献标志码: A 文章编号: 1000-5692(2009)06-0784-08

A 10-year-old provenance trial of *Betula platyphylla* in the Maoershan area of Heilongjiang Province

GAO Yu-chi, WEI Zhi-gang, YANG Chuan-ping, LIU Gui-feng, LIU Guan-jun

(Key Laboratory of Forest Tree Genetic Improvement and Biotechnology of Ministry of Education, Northeast Forestry University, Harbin 150040, Heilongjiang, China)

Abstract: To select excellent provenances for cellulose timber for Zhangguangcailing area and study the geographical variation rule of *Betula platyphylla*, research on 14 provenances from a provenance trial of 10-year-old *B. platyphylla* in Maoershan, Heilongjiang Province was conducted using principle component, canonical correlation, and cluster analyses. The provenance trial used randomized block design, which included 4 blocks and 30 trees for every provenance in a block. Results showed significant differences ($P < 0.01$) in diameter at breast height, tree height, stem volume, and cellulose content. From the genetic parameters of these four characteristics, the principle component analysis revealed three excellent provenances for cellulose timber: Dongfanghong, Maoershan, and Wuyiling. The genetic gain for cellulose content was Dongfanghong: 5.3%, Maoershan: 10.0%, and Wuyiling: 2.9%; whereas for stem volume it was: Dongfanghong: 43.3%, Maoershan: 38.1%, and Wuyiling: 37.0%. The canonical correlation analysis between biological characteristics of *B. platyphylla* and geographical climatic factors of the different provenances showed that temperature and sunlight were the primary influential factors affecting biological characteristics. The cluster analysis grouped Daxing'anling, Liaodong, and Xiaoxing'anling-Changbaishan provenance areas. The excellent proveances could satisfy the production needs of cellulose timber for Zhangguangcailing area and the research provided theoretical foundation for further genetic improvement and seed allocation of *B. platyphylla*. [Ch, 1 fig. 6 tab. 24 ref.]

Key words: forest tree breeding; *Betula platyphylla*; provenance selection; geographical variation;

收稿日期: 2008-12-10; 修回日期: 2009-02-18

基金项目: 黑龙江省重点科技攻关项目(GA06B301-4)

作者简介: 高玉池, 从事林木遗传育种研究。E-mail: gaoyuchi401@163.com。通信作者: 魏志刚, 副教授, 博士, 从事林木遗传育种与生物技术研究。E-mail: zhigangwe@163.com

provenance division

白桦*Betula platyphylla*是落叶乔木，为广布亚欧大陆的世界性树种，在中国分布于东北、华北、西北及西南高山林区^[1]。白桦具有适应性强、生长快和材质优良等显著优点，可用做胶合板材、纸浆材和家具材等。李萍等^[2]通过对杉木*Cunninghamia lanceolata*，山杨*Populus davidiana*，美洲黑杨*Populus deltoides*和白桦等 10 种短周期工业用材制浆得率的有关材性性状系统研究后发现，白桦(17 年生)克-贝纤维素高达 60%，密度为 440 kg·m⁻³，纤维长 947 μm，纤维长宽比 39，壁腔比 0.32，木质素质量分数为 203.3 g·kg⁻¹。由此可见，白桦是非常优良的短周期阔叶纸浆用材树种。有关白桦遗传改良的研究包括以生长性状为目标的优良种源选择研究^[3-5]，种源区划研究^[3-5]，木材密度变化规律研究^[6]和种源繁殖技术^[7]等，但以纤维素质量分数结合生长性状为改良目标的白桦种源试验研究较少。因此，在中国东北地区纸浆材树种十分单一情况下，在白桦前期种源试验研究的基础上，开展生长与材性多性状白桦种源试验研究对培育优质速生纤维用材林新品种具有重要意义。本研究通过对东北林业大学帽儿山实验林场 10 年生白桦试验林 14 个种源树高、胸径、材积和纤维素质量分数性状调查和分析，为张广才岭地区选择出优质速生、纤维素质量分数高的种源良种。在此基础上，进一步探究白桦上述性状的地理变异规律，并进行种源区划，为白桦进一步遗传改良和纤维用材良种调拨提供依据。

1 研究方法

1.1 材料来源及试验设计方法

试验地位于东北林业大学帽儿山实验林场内。该地区属于长白山西张广才岭系北坡小岭余脉。鉴于东北地区以外的种源成活率较低，因此，本研究主要选取了东北地区 14 个种源：内蒙古的绰尔、莫尔道嘎，辽宁的草河口、桓仁、清源，吉林的汪清、辉南、露水河、长白山，黑龙江的小北湖、东方红、乌伊岭、凉水、帽儿山等。参试种源的地理位置和气候因子见表 1。白桦各种源种子于 1996 年和 1997 年采齐，1998 年春在东北林业大学校园内的塑料大棚内采用完全随机区组设计，重复 3 次，每小区 50 株，营养杯中播种育苗。2000 年春造林，按完全随机区组设计，重复 4 次，30 株小区

表 1 种源地地理位置与气候因子

Table 1 Geographic location and climatic factors of provenances

种源	北纬/ (°)	东经/ (°)	年均 温/℃	1 月均 温/℃	7 月均 温/℃	≥10 ℃年 积温/℃	年降水量 /mm	6－8 月降 水量/mm	相对湿 度/%	日照时 数/h	无霜 期/d
凉水	47.1	129	0.4	－ 23.9	20.5	1 690	630.8	407.4	70	2 375	114.9
汪清	43.5	130	3.8	－ 16.7	20.5	2 472	610.1	263.7	68	2 411	133.0
露水河	42.3	128	3.4	－ 17.2	21.8	2 631	743.0	349.8	66	2 398	128.9
长白山	42.8	129	3.6	－ 15.6	20.6	2 256	698.0	298.0	68	2 458	122.0
小北湖	44.1	129	3.5	－ 16.9	20.3	2 689	506.4	302.6	66	2 655	136.7
辉南	42.5	128	3.4	－ 14.6	18.9	2 090	750.0	350.0	68	2 462	116.0
桓仁	41.3	125	6.2	－ 15.0	22.8	3 058	860.8	520.6	65	2 419	228.6
莫尔道嘎	52.1	122	－ 3.1	－ 20.6	21.4	1 550	510.0	351.1	68	2 467	92.0
草河口	40.9	124	6.1	－ 13.1	22.1	2 879	929.7	286.8	69	2 394	132.9
绰尔	48.0	121	－ 3.4	－ 21.5	22.5	1 700	390.0	250.0	70	2 648	100.0
清源	42.1	125	5.0	－ 16.7	22.6	2 846	815.3	510.6	70	2 407	234.3
东方红	44.8	131	2.8	－ 18.9	21.2	2 127	566.0	297.1	70	2 423	135.2
帽儿山	45.0	128	2.3	－ 20.5	21.6	2 496	666.1	412.8	73	2 552	120.0
乌伊岭	48.4	129	－ 1.0	－ 24.3	19.1	1 851	650.5	277.1	73	2 235	104.9

设计。按株行距 2 m × 2 m 定植, 四周设有保护行。

1.2 数据收集与整理

2008 年 4 月对 10 年生试验林全面调查胸径、树高等指标, 并用生长锥钻取胸径处的木芯。根据测定的单株树高和胸径的值, 按照黑龙江省立木材积表中张广才岭地区白桦二元材积表计算单株材积: $V = 0.000\ 051\ 935\ 163d^{1.858\ 688\ 4}h^{1.003\ 894\ 1}$ (V 为材积, d 为胸径, h 为树高), 并参考屈维均《制浆造纸试验》中“植物纤维素质量分数的测定”一节测定纤维素质量分数^[8]。

1.3 数据分析处理方法

用小区平均值进行性状方差分析, 线性模型 $y_{ij} = \mu + G_i + B_j + \varepsilon_{ij}$ 。其中, y_{ij} 为观测值, μ 为群体均值, G_i 为种源效应, B_j 为区组效应, ε_{ij} 为机误^[9]。估算以下遗传参数^[10-11]: 种源遗传力 $h^2 = nb\delta_g^2 / (\delta_e^2 + n\delta_{\text{gh}}^2 + nb\delta_g^2)$, 其中 n 为小区株数, b 为重复数; 遗传增益 $\Delta G = sh^2/\mu \times 100\%$, 其中 s 为选择差, 即选出树木性状的平均值与选择群体的平均值之差; 表型变异系数 $\rho_{\text{PCV}} = \sqrt{\delta_g^2 + \delta_{\text{gh}}^2 + \delta_e^2} / \mu \times 100\%$; 遗传变异系数 $\rho_{\text{GCV}} = \sqrt{\delta_g^2} / \mu \times 100\%$ 。

对不同种源胸径、树高、材积和纤维素质量分数进行主成分分析, 选择能够代表总变异的部分主成分, 进行优良种源的选择; 用各性状与种源地理气候因子作典型相关分析, 研究白桦的地理变异规律; 并在研究种源地理变异的基础上, 对白桦的树高和胸径等性状, 结合引起白桦变异的环境主导因子进行聚类分析, 进行地理种源的区划。

利用 SPSS (statistical package for the social sciences) 及 Minitab 软件对测定的各性状进行统计和分析。

2 研究结果

2.1 不同种源各性状差异分析和遗传参数估算

表 2 表明, 白桦不同种源之间纤维素质量分数、胸径、树高和材积差异极显著, 其中辉南、帽儿山和凉水种源纤维素质量分数与其他种源差异极显著, 而且比种源均值 (55.712%) 分别高出 10.01%, 9.05% 和 8.61%; 东方红、帽儿山和乌伊岭种源胸径与其他种源差异极显著, 而且比种源均值 (7.972 cm) 分别高出 17.35%, 14.65% 和 14.27%; 帽儿山、乌伊岭和东方红种源树高与其他种源差异极显著, 而且比种源均值 (8.113 m) 分别高出 12.54%, 10.75% 和 10.62%; 东方红、帽儿山和乌伊岭种源材积与其他种源差异极显著, 而且比种源均值 ($2.202 \times 10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{株}^{-1}$) 分别高出 38.91%, 33.65% 和 32.56%。这表明进行种源水平良种选择不仅是必要的, 而且选择效果将会非常显著。

遗传力的大小反映了性状受遗传控制的相对程度, 遗传增益则是人工选择取得遗传改良效果的反映。遗传力和遗传增益等是数量性状重要的遗传参数, 是制定树种遗传改良计划和育种方案的重要依据。对参试的 14 个白桦不同种源进行遗传参数估算 (表 2), 14 个种源纤维素质量分数、胸径、树高及材积性状的遗传力都非常高, 分别为 99.20%, 92.35%, 88.47% 和 90.08%, 遗传变异系数分别为 7.76%, 17.06%, 11.33% 和 32.51%。这说明参试的白桦种源在生长上存在明显的差异, 这些差异受较强的遗传控制^[12]。其中以材积的遗传变异系数最大, 说明参试的白桦种源在材积性状上的遗传差异最为明显, 具有良好的选择改良潜力, 可以从后代中选择出理想的优质育种材料。纤维素质量分数的遗传力最大, 亦可能产生较大的遗传增益。

在育种研究过程中, 性状遗传增益越大, 选择的优良种源性状越能体现其遗传优势。在白桦纤维用材林选育过程中, 材积和纤维素质量分数是分别代表生长和材性的重要性状。因此, 分别以材积和纤维素质量分数为目标性状, 以种源性状均值大于总平均值加一个标准差为标准进行优良种源的选择并计算遗传增益。以材积为目标性状时, 选择的优良种源有东方红、帽儿山和乌伊岭种源。以纤维素质量分数为目标性状时, 选择的优良种源有凉水、帽儿山和辉南种源。计算得出材积和纤维素质量分数的遗传增益分别为 31.57% 和 9.15%。然而这些种源是否最大程度上具备所有性状的遗传优势, 或者其中哪些种源具备, 有待进一步的分析。

2.2 种源综合评价及选择

多性状选择中, 综合指数法效果最好, 但经济权重的赋值较为困难和计算方法相对复杂, 因此在

表 2 性状方差分析结果及遗传参数

Table 2 Results of variation analysis and estimation of genetic parameters

性状	F 值	遗传力 $h^2/\%$	表型变异系数 $\rho_{PV}/\%$	遗传变异系数 $\rho_{GV}/\%$	遗传增益 $\Delta G/\%$
纤维素质量分数	124.346**	99.20	9.09	7.76	9.15
胸径	13.071**	92.35	24.81	17.06	14.24
树高	8.670**	88.47	16.07	11.33	10.00
材积	10.081**	90.08	49.41	32.51	31.57

林业研究中应用受到一定限制^[13-14]。生物体性状间大多存在一定的相关性，多性状选择时如果不考虑到这个因素则有可能会降低最终的选择效果。而主成分分析能从多个存在相关性的变量中，提取出反映事物本质的变量，是一种较好的多变量综合分析方法。因此，本研究尝试采用主成分分析法对各种源进行多性状综合评价^[15-16]，并选择最佳种源。

对 14 个不同种源纤维素质量分数、胸径、树高及材积进行主成分分析（表 3 和表 4），结果表明：前 2 个主成分能够解释 4 个性状总体方差的 90.176%，其中第一主成分特征值为 2.924，可解释总体方差的 73.097%，已基本代表总体变异情况。第一主成分中，材积、胸径和树高加权系数均大于纤维素质量分数，说明第一主成分主要为生长指标，其中材积加权系数最大，为 0.958，这说明在对生长性状选择时，应以材积性状为目标。此外，第二主成分纤维素质量分数性状加权系数明显大于其他性状，说明第二主成分代表材性性状，这与事实相符。

为了排除作用较小而又干扰较大的其他综合指标，提高分析精度，以贡献率最高且基本代表总体变异情况的第一主成分为选择标准。由因子载荷矩阵得到第一主成分因子的得分函数 $F_1 = 0.958 \times V(\text{材积}) + 0.938 \times d(\text{胸径}) + 0.843 \times h$

(树高) + 0.644 × 纤维素质量分数。从第一主成分因子的得分线性函数可以看出，主成分因子对应的特征向量 = (0.958, 0.938, 0.843, 0.644) 的各个分量皆为正值，即均产生正向效应。因此，由它作为线性组合系数而得到的综合指标如果大，则对应种源的各个性状值亦大。

利用不同种源各性状标准化后的值及第一主成分因子的得分函数计算各单株第一主成分分数并计算各种源平均值，结果如表 5。

由表 5 可以看出，帽儿山、东方红和乌伊岭种源第一主成分分数最高，为所要选择的优良种源，这 3 个种源的纤维素质量分数遗传增益分别为 5.29%、9.96% 和 2.85%，材积遗传增益分别为 43.26%、38.07% 和 36.96%。莫尔道嘎、绰尔和长白山种源处于较差，其他种源居中。这与朱翔等^[4]的 7 年生白桦种源试验结果是基本一致的，但与姜静等^[3]的白桦苗期试验结果存在差异，这可能是白桦早晚性状相关性不强的原因所造成的。另外，本次研究中增加了纤维素质量分数性状，也有可能对最终的选择结果产生一定影响。

2.3 种源地理变异规律

种内群体间的变异是种源试验的理论根据，因此探索其地理变异模式与规律是很必要的^[17-19]。白桦各性状和对应的地理气候因子典型相关分析结果表明，第一、二对典型变量的相关系数分别为

表 3 各主成分因子的特征根及其贡献率

Table 3 Latent root and contribution ratio of principal constituent factors

主成分	特征根	可解释的方差 / %	累计方差贡献率 / %
1	2.924	73.097	73.097
2	0.683	17.079	90.176
3	0.368	9.206	99.382
4	0.025	0.618	100

表 4 因子载荷矩阵

Table 4 Matrix of constituent factors

性状	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4
材积	0.958	- 0.196	- 0.171	- 0.117
胸径	0.938	- 0.159	- 0.290	0.104
树高	0.843	- 0.184	0.504	- 0.125
纤维素质量分数	0.644	0.765	0.203	0.154

表 5 各种源第一主成分分数平均值

Table 5 Average values of the first principal constituent factors

排序	种源	第一主成分分数	排序	种源	第一主成分分数
1	帽儿山	0.956 376 4	8	清源	0.291 071 9
2	东方红	0.879 744 2	9	露水河	0.063 665 1
3	乌伊岭	0.741 528 6	10	草河口	0.050 149 8
4	小北湖	0.617 573 8	11	桓仁	- 0.028 103 1
5	辉南	0.535 517 8	12	长白山	- 0.249 165 4
6	凉水	0.378 315 7	13	绰尔	- 1.090 214 6
7	汪清	0.324 006 3	14	莫尔道嘎	- 1.954 912 8

0.850 和 0.668, 均达到极显著水平, 第三对典型变量相关系数较小, 仅为 0.275, 亦达到显著水平, 而第四对典型变量的相关系数仅为 0.135, 未达到显著水平。因此可以认为综合地理生态因子第一、二典型变量对群体第一、二综合表型性状的影响很大(表 6)。

在第一对典型变量地理因子中, 影响效应最大的为 1 月均温, 其余依次为年均温、日照时数、北纬和 7 月均温等。在第二对典型变量地理因子中, 影响效应最大的为日照时数, 其余依次为年积温、北纬、年均温和 7 月均温等。由此可见, 日照和温度是影响白桦种源变异的 2 个最主要生态因子。由于纬度的变化体现了温度因子的变化, 即纬度越高温度越低, 所以在典型相关分析中, 北纬是影响白桦群体变异的重要地理因子。而经度的变化恰好反映了水分状况的变化, 在白桦的分布区内, 自西向东水分越来越充足。在典型相关分析中, 6-8 月降水量、相对湿度等生态因子的影响作用不是很突出, 因此, 经度对白桦种群的影响也不是很显著, 这说明白桦的生长对水分的要求不高。以上分析表

表 6 白桦种源生物性状及地理生态因子典型相关分析各因子载荷

Table 6 Ratio of the canonical correlation analysis between the and biologic characters and geographic-climate factors of *Betula platyphylla*

变量	U1	U2	U3	U4
地理气候因子, 第一组变量特征方程系数				
北纬	- 0.626	0.632	1.662	1.745
东经	0.499	- 0.317	- 0.263	- 0.284
年均温	1.174	0.623	- 0.495	2.296
1 月均温	- 1.215	0.118	0.974	- 0.411
7 月均温	- 0.603	- 0.416	0.466	0.551
≥10 ℃年积温	- 0.281	- 0.968	1.407	- 0.749
6-8 月降水量	- 0.206	0.095	0.404	0.756
相对湿度	0.452	0.341	0.374	- 0.961
日照时数	0.703	1.010	- 0.954	0.441
无霜期	0.188	0.049	- 0.482	- 0.367
生物性状, 第二组变量特征方程系数				
胸径	1.183	- 2.246	- 2.971	1.741
树高	0.613	- 0.709	- 0.719	- 1.138
材积	- 1.184	1.943	4.124	- 0.681
纤维素质量分数	0.584	0.972	- 0.182	0.078

说明: 第一、二组变量典型相关系数 $\lambda_1 = 0.850^{**}$, $\lambda_2 = 0.668^{**}$, $\lambda_3 = 0.275^*$, $\lambda_4 = 0.135$ 。

明，白桦不同种源的生物性状，呈现纬度渐变为主，经向渐变为辅的基本变异模式，同时日照时数也是影响白桦群体变异的重要生态因子。长日照、纬度偏低的种源比短日照、纬度偏高的种源生长状况好。

朱翔等^[1]和姜静等^[3]分别对 2 年生和 1 年生白桦种源的地理变异规律作了分析，得出了温度是影响白桦生长的主要因子，而水分因子对白桦生长影响不明显的相似结论。刘桂丰等^[5]对 5 年生白桦种源试验的研究中得出了南方种源生长快、保存率低的结论。这些结论和本研究所得结果是基本一致的，但本文同时提出日照也是影响白桦群体变异的重要生态因子。这可能是因为在以往的试验中，白桦都处于苗期或幼龄时期，其生长特性尚未完全表现出来。本次试验中采用的是 10 年生白桦的生长数据，白桦接近成熟林阶段，更好地表现出了种内群体变异及对环境的适应特性。以后随着白桦生长的更加成熟，这些特性将在育种实践过程中得到进一步的验证。另外，以往的分析都采用简单相关分析，而本文采用典型相关分析，透过分别找出白桦生物性状和地理气候因子两组变量间的线性组合，使得 2 组变量间的关系极大化^[18]，故本文得出的结论应该更科学，更完善。

2.4 种源区划

种源试验的目的之一是进行种源区划^[17]。根据种源区划的原则，在研究地理变异规律的基础上，结合引起白桦地理变异的主导因子(经度，纬度，日照时数，年均温， $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 年积温等)，以白桦胸径、树高、材积和纤维素质量分数为依据对 14 个种源进行聚类分析。结果如图 1。

综合考虑各种源地理位置及种子调拨实际情况，在相似性 65.408 1 处，将东北地区 14 个种源分为 3 个种源区：大兴安岭种源区(包括莫尔道嘎和绰尔种源)；辽东种源区(包括桓仁、清源和草河口种源)；小兴安岭及长白山种源区(包括辉南、汪清、小北湖、露水河、长白山、帽儿山、东方红、凉水 and 乌伊岭种源)。

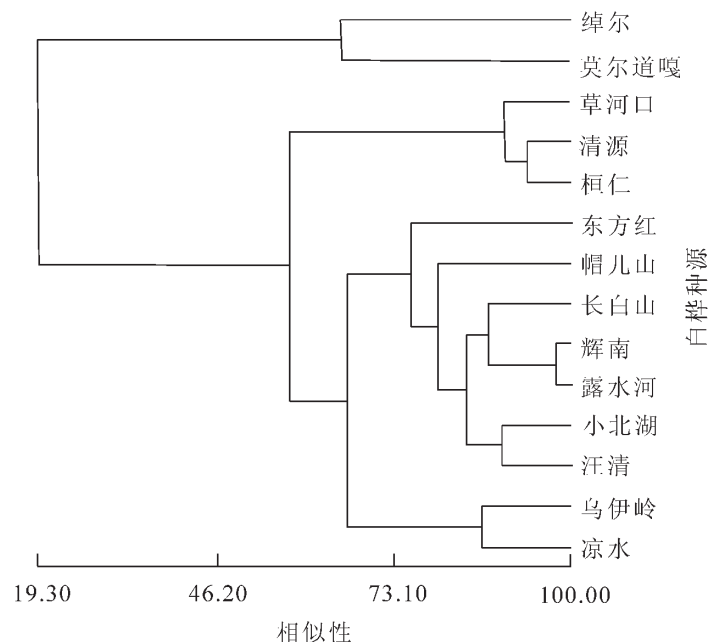


图1 白桦种源聚类图

Figure 1 Cluster of *Betula platyphylla* provenances

3 结论与讨论

通过主成分分析为张广才岭地区选择出 3 个优良种源：东方红、帽儿山和乌伊岭。其纤维素质量分数遗传增益分别为 5.29%，9.96% 和 2.85%，材积遗传增益分别为 43.26%，38.07% 和 36.96%。所选的优良种源与苗期试验结果存在一定差异，这可能由于白桦的这 4 个性状早晚相关性不强的原因造成的，这个现象在别的树种试验研究中也存在，如张含国等^[20]对长白落叶松 *Larix olgensis* 的生长和材性性状早晚相关性的研究中，得出了性状变异随林龄增大而变化的结论。

白桦种源 4 个性状与地理气候因子的典型相关分析表明，白桦 4 个性状主要受温度和日照的影响，即白桦生物性状的地理变异的实质是对温度和日照长短的高度适应，这与白桦苗期和早期地理变异研究结果大体一致。林木地理变异模式随研究群体的年龄和性状数目的不同而存在一定差异，因此研究群体的年龄越大，研究性状的数目越多，就越能全面而准确地反映其真实的变异模式。本项研究采用 10 年生白桦种源试验林，而且研究性状较前期有所增加，因此，结果出现了差异。但随着树龄的增加，林木各性状变异越小，其结果越能反映其真实情况^[20-22]。

利用 4 个性状对 14 个种源进行聚类分析，并结合各种源地理位置可将其划分为 3 个种源区：大兴安岭种源区、辽东种源区、小兴安岭及长白山种源区。这与以往研究结果大致相同^[3-5]，略有不同的是以往种源试验的划分一般都将辽东地区和长白山地区划分为一个种源区，而本次种源试验的分析结

果将长白山地区和小兴安岭地区划分为一个种源区, 将辽东地区划分为单独的一个种源区。出现这种差异的原因可能有 2 个方面: 首先, 长白山位于小兴安岭和辽东 2 个地区之间的过渡地带, 在地理位置上毗邻, 气候条件也较为相似; 其次, 前期研究均是采用生长性状进行种源区划, 而本项研究除生长性状外, 又增加了纤维素质量分数性状, 而以往的诸多研究表明材性性状的变异模式与生长性状不同^[20,23-24]。

参考文献:

- [1] 朱翔, 杨传平, 李忠, 等. 2 年生白桦种源的地理变异[J]. 东北林业大学学报, 2001, **29** (6): 7 - 10.
ZHU Xiang, YANG Chuanping, LI Zhong, *et al.* The geographic variance of provenance for *Betula platyphylla* in two years old [J]. *J Northeast For Univ*, 2001, **29** (6): 7 - 10.
- [2] 李萍, 房桂干, 孙成志. III. 制化学机械浆有关材性研究[J]. 林产化学工业, 1995, **15** (增刊): 13 - 18.
LI Ping, FANG Guigan, SUN Chengzhi. III. Wood characteristics of pulpwood [J]. *Chem Ind For Prod*, 1995, **15** (supp): 13 - 18.
- [3] 姜静, 杨传平, 刘桂丰, 等. 白桦苗期种源试验[J]. 东北林业大学学报, 1999, **27** (6): 1 - 5.
JIANG Jing, YANG Chuanping, LIU Guifeng, *et al.* Provenance trial of *Betula platyphylla* in seedling stage [J]. *J Northeast For Univ*, 1999, **27** (6): 1 - 5.
- [4] 朱翔, 刘桂丰, 杨传平, 等. 白桦种源区划及优良种源的初步选择[J]. 东北林业大学学报, 2001, **29** (5): 11 - 14.
ZHU Xiang, LIU Guifeng, YANG Chuanping, *et al.* Provenance division and optimal provenance selection of *Betula platyphylla* [J]. *J Northeast For Univ*, 2001, **29** (5): 11 - 14.
- [5] 刘桂丰, 蒋雪彬, 刘吉春, 等. 白桦多点种源试验联合分析[J]. 东北林业大学学报, 1999, **27** (5): 9 - 14.
LIU Guifeng, JIANG Xuebin, LIU Jichun, *et al.* Study on the joint analysis of provenances of *Betula platyphylla* [J]. *J Northeast For Univ*, 1999, **27** (5): 9 - 14.
- [6] 郭明辉, 鲁英, 王万进, 等. 不同种源白桦木材密度和生长轮宽度径向变异模式[J]. 东北林业大学学报, 1999, **27** (4): 29 - 32.
GUO Minghui, LU Ying, WANG Wanjin, *et al.* The radial variation patterns of wood density and ring width in different *Betula platyphylla* provenances [J]. *J Northeast For Univ*, 1999, **27** (4): 29 - 32.
- [7] YUAN Xiaoying, Mao Zijun, Gu Huiyan, *et al.* Reproductive strategies and seeds behavior of *Betula platyphylla* Suk. population [J]. *J For Res*, 2000, **11** (4): 241 - 244.
- [8] 屈维均. 制浆造纸实验[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1990: 35 - 38.
- [9] OSORIO L F. Provenance results of *Gmelina arborea* in southwest Colombia at three years of age [J]. *New For*, 2004, **28**: 179 - 185.
- [10] 马育华. 试验设计[M]. 北京: 农业出版社, 1982: 352 - 388.
- [11] 王明庥. 林木遗传育种学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001: 156 - 177.
- [12] 叶功富, 罗美娟, 林金木. 短枝木麻黄在福建东山试点的种源试验结果分析与选择[J]. 北京林业大学学报, 2004, **26** (6): 6 - 11.
YE Gongfu, LUO Meijuan, LIN Jinmu. Analysis and selection on provenance trials of *Casuarina equisetifolia* at Dongshan, Fujian Province [J]. *J Beijing For Univ*, 2004, **26** (6): 6 - 11.
- [13] 郑勇奇. 常规林木育种研究现状与发展趋势[J]. 世界林业研究, 2001, **14** (3): 10 - 17.
Zheng Yongqi. Current status and development prospects of traditional tree breeding [J]. *World For Res*, 2001, **14** (3): 10 - 17.
- [14] 孙晓梅, 张守攻, 李时元, 等. 日本落叶松纸浆材优良家系多性状联合选择[J]. 林业科学, 2005, **41** (4): 48 - 54.
SUN Xiaomei, ZHANG Shougong, LI Shiyuan, *et al.* Multi-traits selection of open-pollinated *Larix kaempferi* families for pulpwood purpose [J]. *Sci Silv Sin*, 2005, **41** (4): 48 - 54.
- [15] 卢兆银, 李志辉, 黄丽群. 马尾松种源试验研究[J]. 中南林学院学报, 2006, **26** (3): 5 - 10.
LU Zhaoyin, LI Zhihui, HUANG Liqun. Study of the provenance test of *Pinus massoniana* [J]. *J Central South For Univ*, 2006, **26** (3): 5 - 10.
- [16] 李建民, 谢芳, 封建文, 等. 北美鹅掌楸在福建省生长和材性的表现 [J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2001, **25** (4): 26 - 30.

- LI Jianmin, XIE Fang, FENG Jianwen, *et al.* Display of *Liriodendron tulipifera* L. provenance in Fujian [J]. *J Nanjing For Univ Nat Sci Ed*, 2001, **25** (4): 26 – 30.
- [17] 杨传平. 长白落叶松种群遗传变异与利用[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2001: 23 – 27.
- [18] 王保进. 多变量分析[M]. 北京: 北京大学出版社, 2007: 199 – 221.
- [19] XIA De'an, ZHU Hong, WANG Huiren, *et al.* Provenance trial of *Juglans mandshurica* [J]. *J For Res*, 1997, **8** (3): 156 – 159.
- [20] 张含国, 李希才, 袁桂华, 等. 长白落叶松生长和材质性状早晚相关及早期选择[J]. 东北林业大学学报, 1996, **24** (5): 12 – 16.
- ZHANG Hanguo, LI Xicai, YUAN Guihua, *et al.* Correlation between early and late traits in growth and wood and early selection of *Larix olgensis* [J]. *J Northeast For Univ*, 1996, **24** (5): 12 – 16.
- [21] 吴德军, 张敦论, 张振芬, 等. 刺槐无性系早晚期相关和早期选择年龄分析[J]. 山东林业科技, 1997 (5): 12 – 15.
- WU Dejun, ZHANG Dunlun, ZHANG Zhenfen, *et al.* Correlation between early and late time and early selection age analysis of *Robinia pseudacacia* clones [J]. *J Shandong For Sci Technol*, 1997 (5): 12 – 15.
- [22] 夏振平. 北京地区油松生长性状相关性及早选择的研究[J]. 林业资源管理, 1998 (6): 82 – 85.
- XIA Zhenping. Correlation of growth traits and early selection of *Pinus tabulaeformis* in Beijing [J]. *For Resour Manage*, 1998 (6): 82 – 85.
- [23] 汤玉喜, 吴立勋, 吴敏, 等. 杨树无性系生长与材性遗传变异及综合选择研究 [J]. 湖南林业科技, 2005, **32** (5): 1 – 5.
- TANG Yuxi, WU Lixun, WU Min, *et al.* Genetic analysis on growth and wood properties and comprehensive selection of *Populus* spp. clones [J]. *J Hunan For Sci Technol* 2005, **32** (5): 1 – 5.
- [24] 马永涛, 郑晔, 舒筱武, 等. 云南松木材材性与生长性状相关性研究[J]. 云南林业科技, 2002 (1): 68 – 70.
- MA Yongtao, ZHENG Wan, SHU Xiaowu, *et al.* Correlation between wood characteristics and growth characters of *Pinus yunnanensis* [J]. *J Yunnan For Sci Technol*, 2002 (1): 68 – 70.

浙江农业学报征订启事

《浙江农业学报》——全国中文核心期刊, 英国 CABI 文摘数据库收录期刊, 中国科学引文数据库 (CSCD) 收录期刊, 中国科技核心期刊。据 2008 年中国学术期刊综合引证年度报告, 《浙江农业学报》5 年影响因子达到 0.770, 他引总引比为 0.93。该刊曾被浙江省推荐为国家期刊奖候选期刊, 获全国优秀农业期刊奖和浙江省优秀期刊奖。

该刊为双月刊, 大 16 开本, 封面彩色铜版纸, 逢单月 25 日出版。国内每期定价 8.00 元, 全年 6 期 48 元。该刊系参加全国非邮发报刊联合征订的期刊, 请广大订户直接向全国非邮发报刊联合征订服务部订阅。地址: 300385 天津市大寺泉集北里别墅 17 号联合征订服务部; 电话: (022) 23973378, 23692479; E-mail: LHZD@public.tpt.tj.cn; 需要联合征订目录者, 可直接向征订服务部函索或上网查阅。网址: www.LHZD.com, 欢迎上网, 下载“电子订单”订阅。漏订者请直接与该刊编辑部联系。

地址: 310021 杭州石桥路 198 号浙江省农业科学院。网址: <http://www.zjnyxb.cn>; 电话: (0571) 86404157(订刊); 传真: (0571) 86404055; E-mail: zjnyxb@126.com.

开户银行: 杭州市农行机场路分理处。户名: 浙江省农业科学院农村发展与信息研究所。
账号: 312-015301040007606-55