

小兴安岭南部幼龄期杂种落叶松生长变异与优良家系的选择

韩家永¹, 张含国^{2*}, 贾庆彬², 张 振², 徐悦丽²

(1. 黑龙江省铁力林业局, 黑龙江 铁力 153500; 2. 林木遗传育种国家重点实验室(东北林业大学), 黑龙江 哈尔滨 150040)

摘 要:对小兴安岭南部 7 年生杂种落叶松试验林 22 个处理树高、胸径进行了遗传变异、方差分析与相关分析表明:7 年生、5 年生和 3 年生处理间树高变异较丰富, 平均变异系数分别为 20.90%、26.40%和 26.96%, 随树木年龄增加各处理树高、胸径整体变异呈逐渐减小的趋势。不同年度树高、胸径以及树高与胸径之间呈极显著正相关, 3 年生与 5 年生、7 年生树高皮尔逊相关系数分别为 0.713、0.578, 家系在幼龄期的生长表现稳定, 7 年生可以早期选择。兴安落叶松×日本落叶松、日本落叶松×兴安落叶松组合树高(胸径)分别超过兴安落叶松乌伊岭种源 10.0%(22.9%)、5.2%(18.1%)。树高、胸径遗传力分别为 0.652 和 0.606, 5 个优良家系树高、胸径的遗传增益分别为 7.83%和 12.53%。5 个优良家系树高、胸径均值分别大于乌伊岭种源 9.97%和 26.20%。

关键词:杂种落叶松; 生长性状; 遗传变异; 相关分析; 家系选择

中图分类号:S722.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2012)06-0078-05

Genetic Variations in Growth Traits of Juvenile Stage Hybrid Larch in Southern Xiaoxing'an Mountains and Selection of Superior Families

HAN Jia-yong¹, ZHANG Han-guo^{2*}, JIA Qing-bin², ZHANG Zhen², XU Yue-li²

(1. Tieli Forestry Bureau, Tieli, Heilongjiang 153500, China; 2. State Key Laboratory of Tree Genetics and Breeding (Northeast Forestry University), Harbin, Heilongjiang 150040, China)

Abstract:Genetic variations, variance analysis, and correlation analysis were carried out on the growth traits (including tree height, diameter at breast height) of larch hybrids in an experimental forest in southern Xiaoxing'an Mountain, China. The results showed wide ranges of tree height variation were observed among 7-, 5- and 3-year-old larch hybrid families with variation coefficients of 20.90%, 26.40% and 26.96%, respectively. With the increase of tree age, the overall variations of height and DBH gradually decreased. Very significant and positive correlations were found among the tree height and DBH with different ages, and between the tree height and width. The Pearson correlation coefficients of height between 3-year-old and 5-, 7-year-old trees were 0.713 and 0.578, respectively. The larch hybrid families haa a stable performance in the juvenile stage. A preliminary selection could be carried out among the trees with 7 years old. *L. gmelinii* × *L. kaempferi* and *L. kaempferi* × *L. gmelinii* had the outstanding performance. Their tree height (and DBH) were 10.0% (22.9%) and 5.2% (18.1%) respectively higher than Wuyiling (*Larix gmelinii*) provenance. Five larch hybrid families were selected as the superior ones. The heritability of height and DBH were 0.652 and 0.606. The genetic gains of them were 7.83% and 12.53%. The average height and DBH of 5 superior families were 9.97% and 26.20% higher than those of Wuyiling provenance.

Key words:larch hybrid; growth traits; genetic variation; correlation analysis; family selection

收稿日期:2012-02-19 修回日期:2012-08-14

基金项目:国家科技支撑计划(2012BAD01B01);黑龙江省科技攻关计划(GA08B201-01)。

作者简介:韩家永,男,高级工程师,主要研究方向:林木遗传育种。E-mail: 729217823@qq.com

* 通信作者:张含国,男,教授。主要研究方向:林木遗传育种。E-mail: hanguo Zhang1@yahoo.com.cn

兴安落叶松(*Larix gmelini*)原产小兴安岭,其生长速度快,材质好,是当地的主要造林树种。由于兴安落叶松、长白落叶松(*L. olgensis*)、华北落叶松(*L. principis-rupprechtii*)及西伯利亚落叶松(*L. sibirica*)种源间生长量存在较大差异^[1-4],各树种均应选择优良种源进行生产造林,乌伊岭种源是兴安落叶松的优良种源,在尚志、龙江等地长势良好^[1,5]。而与种源相比落叶松的杂种优势更为明显,但不同地区的杂种家系有所不同,黑龙江帽儿山地区 21 年生径生长较快的兴安落叶松×日本落叶松(*L. kaempferi*)、日本落叶松×兴安落叶松组合比长白落叶松生长量大 28.9%、21.1%^[6]。佳木斯地区选出日 5×长 78-3 等 5 个杂种落叶松,树高平均值比当地生产对照高 31.66%^[7]。苗期杂种落叶松在铁力适应性较好,日本落叶松×兴安落叶松高生长表现突出,其次是兴安落叶松×日本落叶松^[8],

为研究杂种落叶松在小兴安岭南部地区的生长表现,在铁力林业局进行了杂种落叶松区域化试验,以期得到适宜当地生长的杂种组合以及优良家系,为营造速生丰产林提供优良材料。

1 材料与方法

1.1 试验材料 with 处理

2004 年在林口县青山林场落叶松杂种种子园和长白落叶松种子园采集 17 个家系自由授粉种子(表 1)。另外,收集杂种落叶松种子园混合种子(杂种混)、兴安落叶松乌伊岭种源(乌伊岭)、长白落叶松小北湖种源(小北湖)、长白落叶松白刀山种源(白刀山)和兴安落叶松当地生产对照(当地一般生产用种来自伊春市红星林业局),共 22 个处理(家系和对照)。

表 1 杂种落叶松处理
Table 1 List of the treatments of hybrid larch

编号	处 理	编号	处 理	编号	处 理
1	白刀山种源	8	日 5×兴 9	15	长 73-4
2	日 11×兴 2	9	小北湖种源	16	日 12×兴 9
3	日 3×石 51	10	兴 12×兴 2	17	日 3×兴 2
4	日 3×兴 9	11	兴 5×兴 9	18	乌伊岭种源
5	日 5×长 77-3	12	兴 7×日 77-2	19	兴 10×日 13
6	日 5×长 78-3	13	兴 9×日 76-2	20	兴 6×和 6
7	日 5×兴 12	14	长 73-18	21	杂种混

2005 年 5 月,在小兴安岭的西南坡铁力林业局建设林场,各家系单独播种,2006 年移植分苗,2007 年春季按完全随机区组设计营建试验林,株行距 2.0 m×1.5 m,重复 4 次,小区 4 行 60 株。试验地设在铁力林业局丰林林场(128°38'E、47°16'N),海拔 249 m。

于 2007 年(3 年生)、2009 年(5 年生)和 2011 年(7 年生)秋季生长停止后调查树高和胸径。前 2 次调查所有成活的单株,2011 年每小区随机选取 20 株进行调查。

1.2 统计分析方法

方差分析、LSR 检验采用 SPSS19.0 的 General Linear Model 中的 Univariate 软件。相关分析用 Correlate 中的 Bivariate 软件计算。用原始数据进行遗传变异分析,各处理小区均值进行方差分析、多重比较和相关分析^[9]。

遗传力的估算 $h^2=1-\frac{1}{F}$;遗传增益的估算 $\Delta G=\frac{hi\sigma_A}{X}$,其中, h 为遗传力的平方根, i 为选择强度,

σ_A 为选择性状的标准差, \bar{X} 为处理均值^[10]。

2 结果与分析

2.1 生长性状遗传变异分析

7 年生植株 22 个处理树高的变异较丰富,其变异系数为 15.05%~26.43%,平均变异系数为 20.90%;5 年生树高的变异系数为 20.51%~28.96%,平均变异系数为 26.40%;3 年生树高的变异系数为 21.41%~29.07%,平均变异系数为 26.96%(表 2)。

由此可知,随着树木年龄增加各处理树高的整体变异逐渐减小。7 年生、5 年生和 3 年生植株变异系数较大的 3 个处理超过变异较小的 3 个处理分别为 52.1%、28.1%和 25.9%,由此看出,随着树木年龄增加处理间树高变异两极分化也在增大。树高变异较大的 3 个处理 7 年生时期为日 3×兴 9、兴 5×兴 9 和小北湖,5 年生时为白刀山、兴 5×兴 9 和日 5×长 77-3,3 年生时为日 3×兴 9、日 5×兴 9 和日 5×长 78-3;树高变异较小的 3 个处理 7 年生时为日 5×兴 12、兴 10×日 13 和兴 7×日 77-2,5 年生时为

日 3×兴 2、日 3×石 51 和兴 10×日 13,3 年生时为乌伊岭、长 73-4 和日 12×兴 9。综合 3 次结果,认为兴 5×兴 9、日 3×兴 9 家系内变异较大,兴 10×日 13 家系内变异较小。变异丰富有利于家系选择,对于变异较大的家系更应重视家系内个体选择。

表 2 7 年生树高、胸径遗传变异分析

Table 2 Genetic variation analysis of height and DBH of 7-year-old trees

处理	株数	树高(H)				胸径(D)			
		均值/m	标准差	变异系数/%	95%置信区间	均值/mm	标准差	变异系数/%	95%置信区间
白刀山	80	2.822	0.584	20.70	2.674~2.969	18.532	8.027	43.32	16.250~20.814
长 73-18	74	3.295	0.719	21.83	3.128~3.439	23.465	9.286	39.58	20.729~25.531
长 73-4	79	3.190	0.675	21.15	3.042~3.339	22.392	8.630	38.54	20.086~24.680
当地对照	78	3.019	0.684	22.67	2.880~3.179	20.299	8.335	41.06	18.174~22.801
日 11×兴 2	74	3.590	0.715	19.93	3.403~3.713	26.840	10.443	38.91	24.039~28.841
日 12×兴 9	80	3.535	0.797	22.55	3.388~3.683	28.163	11.211	39.81	25.881~30.445
日 3×石 51	77	3.187	0.669	21.00	3.045~3.346	21.569	7.808	36.20	19.326~23.982
日 3×兴 2	79	3.597	0.729	20.27	3.447~3.744	26.554	9.159	34.49	24.563~28.597
日 3×兴 9	80	3.427	0.906	26.43	3.279~3.574	24.350	10.314	42.36	22.068~26.632
日 5×长 77-3	80	3.459	0.807	23.34	3.311~3.606	23.574	9.874	41.89	21.292~25.856
日 5×长 78-3	79	3.456	0.628	18.17	3.309~3.606	25.835	10.139	39.24	23.544~28.138
日 5×兴 12	78	3.627	0.546	15.05	3.485~3.784	28.716	8.832	30.76	26.469~31.096
日 5×兴 9	79	3.701	0.796	21.51	3.551~3.848	27.602	11.107	40.24	25.292~29.886
乌伊岭	81	3.394	0.656	19.33	3.253~3.546	22.822	7.489	32.81	20.590~25.126
小北湖	80	3.207	0.754	23.51	3.060~3.355	22.323	10.537	47.20	20.041~24.605
兴 10×日 13	79	3.745	0.600	16.03	3.598~3.895	28.803	9.525	33.07	26.501~31.095
兴 12×兴 2	79	3.381	0.715	21.14	3.233~3.53	23.646	10.302	43.57	21.343~25.936
兴 5×兴 9	74	3.552	0.859	24.17	3.385~3.694	26.854	12.064	44.92	24.466~29.245
兴 6×和 6	80	3.768	0.761	20.20	3.620~3.915	25.849	9.287	35.93	23.567~28.131
兴 7×日 77-2	79	3.842	0.678	17.65	3.694~3.991	30.944	9.580	30.96	28.632~33.226
兴 9×日 76-2	79	3.598	0.807	22.43	3.451~3.748	26.789	10.630	39.68	24.512~29.106
杂种混	80	3.362	0.696	20.71	3.214~3.510	25.243	9.522	37.72	22.961~27.524

7 年生时 22 个处理胸径的变异较树高丰富,其变异系数为 30.76%~47.20%,平均变异系数为 38.74%;5 年生植株胸径的变异系数为 30.76%~47.20%,平均变异系数为 46.10%,由此看出,胸径也随着树木年龄增加变异呈减小趋势。

对树高、胸径进行方差分析表明,3 年生、5 年生和 7 年生树高 22 个处理间差异极显著($p<0.01$),5 年生和 7 年生胸径 22 个处理间差异极显著($p<0.01$),7 年生树高、胸径的遗传力分别为 0.652、

0.606,属中度遗传。

对 22 个处理 4 次重复不同年度树高、胸径生长数据进行皮尔逊相关分析,结果表明(表 3),3 年生、5 年生、7 年生树高之间,以及与 5 年生、7 年生胸径之间呈极显著正相关。3 年生与 5 年生、7 年生树高皮尔逊相关系数分别为 0.713、0.578,5 年生与 7 年生树高相关系数为 0.685;5 年生与 7 年生胸径皮尔逊相关系数为 0.595。

表 3 皮尔逊相关性分析

Table 3 Pearson correlation analysis

性状与年度	H2007	H2009	H2011	D2009	D2011
H2007	1.000	0.713**	0.578**	0.484**	0.476**
H2009	0.713**	1.000	0.686**	0.624**	0.661**
H2011	0.578**	0.686**	1.000	0.637**	0.900**
D2009	0.484**	0.624**	0.637**	1.000	0.595**
D2011	0.476**	0.661**	0.900**	0.595**	1.000

注: ** :在 0.01 水平(双侧)上显著相关。

对 22 个处理各性状分年度生长排序进行斯皮尔曼秩次相关分析表明,3 年生、5 年生、7 年生树高之间,5 年生、7 年生胸径之间,树高与胸径之间相关极显著。3 年生与 5 年生、7 年生树高斯皮尔曼相关系数分别为 0.796、0.816,5 年生与 7 年生树高相关系数为 0.691;5 年生与 7 年生胸径斯皮尔曼相关系

数为 0.704。

2.2 优良家系选择

2.2.1 杂交组合选择 22 个处理中 7 年生杂种落叶松树高、胸径生长表现较好,尤以兴安落叶松×日本落叶松、日本落叶松×兴安落叶松杂种家系表现突出(表 4)。4 个兴安落叶松×日本落叶松杂种家

系(兴 7×日 77-2、兴 6×和 6、兴 10×日 13 和兴 9×日 76-2)树高为 3.74 m,超过 2 个兴安落叶松种源 16.1%;6 个日本落叶松×兴安落叶松杂种家系(日 5×兴 9、日 5×兴 12、日 3×兴 2、日 11×兴 2、日 12×兴 9 和日 3×兴 9)树高为 3.58 m,超过 2 个兴安落叶松种源 11.2%;3 个日本落叶松×长白落叶松杂种家系(日 5×长 77-3、日 5×长 78-3 和日 3×石 51)树高为 3.37m,超过 2 个兴安落叶松种源 4.7%;2 个兴安落叶松种内杂种家系(兴 5×兴 9、兴 12×兴 2)平均树高为 3.46 m,超过 2 个兴安落叶松种源 7.5%;2 个长白落叶松家系(长 73-18、长 73-4)树高为 3.24m,超过 2 个兴安落叶松种源 0.67%;2 个兴安落叶松种源(乌伊岭、对照)树高为 3.22 m,2 个长白落叶松优良种源(小北湖、白刀山)树高为 3.01m。上述排列是同一组合的平均值,但组合内家系间也存在区别。虽然兴安落叶松×日本落叶松组合排在第 1 位,但兴 9×日 76-2 家系总排名却在第 6 位;日本落叶松×兴安落叶松组合排在第 2 位,而日 3×兴 9 家系总排名在第 13 位,因此,在选择组合的同时家系间选择更应重视。

表 4 不同处理树高(H)、胸径(D)生长排序(由低到高)
Table 4 Rank ordering of different treatments height and DBH (from low to high)

处理	H2011	H2009	H2007	D2011	D2009
白刀山	1	1	1	1	3
对照	2	3	3	2	1
日 3×石 51	3	10	6	3	8
长 73-4	4	5	2	5	6
小北湖	5	2	4	4	2
长 73-18	6	4	5	7	4
杂种混	7	17	8	11	19
兴 12×兴 2	8	6	10	9	7
乌伊岭	9	7	9	6	5
日 3×兴 9	10	19	17	10	20
日 5×长 78-3	11	18	11	12	17
日 5×长 77-3	12	11	16	8	10
日 12×兴 9	13	12	12	19	15
兴 5×兴 9	14	15	22	17	12
日 11×兴 2	15	14	13	14	11
日 3×兴 2	16	16	18	15	18
兴 9×日 76-2	17	9	14	16	14
日 5×兴 12	18	8	7	20	13
日 5×兴 9	19	22	21	18	22
兴 10×日 13	20	21	15	21	9
兴 6×和 6	21	13	19	13	16
兴 7×日 77-2	22	20	20	22	21

4 个兴安落叶松×日本落叶松杂种家系(兴 7×日 77-2、兴 6×和 6、兴 10×日 13 和兴 9×日 76-2)胸径为 2.81 cm,超过 2 个兴安落叶松种源29.5%;6 个日本落叶松×兴安落叶松杂种家系(日 5×兴 9、日 5×兴 12、日 3×兴 2、日 11×兴 2、日 12×兴 9

和日 3×兴 9)胸径为 2.70 cm,超过 2 个兴安落叶松种源 24.4%;3 个日本落叶松×长白落叶松杂种家系(日 5×长 77-3、日 5×长 78-3 和日 3×石 51)胸径为 2.37 cm,超过 2 个兴安落叶松种源 9.2%;2 个兴安落叶松种内杂种家系(兴 5×兴 9、兴 12×兴 2)胸径为 2.52 cm,超过 2 个兴安落叶松种源 16.1%;2 个长白落叶松家系(长 73-18、长 73-4)胸径为 2.28 cm,超过 2 个兴安落叶松种源 5.1%;2 个兴安落叶松种源(乌伊岭、对照)胸径为 2.17 cm,2 个长白落叶松优良种源(小北湖、白刀山)胸径为 2.04 cm。同一组合胸径家系也存在区别,兴 6×和 6 排在第 10 位,日 5×兴 12 排在第 13 位,在选择组合的同时家系间选择更应重视。

2.2.2 优良家系选择 7 年生植株分析结果(表 4)表明,树高排名前 5 名的家系为兴 7×日 77-2、兴 6×和 6、兴 10×日 13、日 5×兴 9 和日 5×兴 12;胸径排名前 5 名的家系为兴 7×日 77-2、兴 10×日 13、日 5×兴 12、日 12×兴 9 和日 5×兴 9。从后 2 次调查数据来看(苗木定值当年即 3 年生受环境条件影响较大,而且缺少胸径数据,本次分析不考虑),兴 7×日 77-2、兴 10×日 13 和日 5×兴 9 家系树高生长较快稳定性较好,兴 7×日 77-2、日 5×兴 9 家系胸径生长较快稳定性较好,兴 6×和 6、日 5×兴 12 家系树高增长较快,兴 10×日 13、日 5×兴 12 家系胸径增长较快。综合而言,兴 7×日 77-2、兴 10×日 13、日 5×兴 9、兴 6×和 6 和日 5×兴 12 家系为优良家系。

5 个优良家系 7 年生树高平均值为 3.739 m,大于白刀山 32.49%、当地生产对照 23.39%、小北湖 16.59%、乌伊岭 9.97%和处理平均值 8.62%。5 个家系 7 年生胸径平均值为 2.885 cm,大于白刀山 55.69%、当地生产对照 40.8%、小北湖29.26%、乌伊岭 26.20%和处理平均值 15.22%。若 5 个家系入选优良家系,入选率 22.7%,选择强度约 1.33,树高遗传力为 0.652,遗传增益为 7.83%;胸径遗传力为 0.606,遗传增益为 12.53%。

3 结论与讨论

供试优系生长性状遗传变异丰富,处理间差异极显著。7 年生 22 个处理树高的平均变异系数为 20.90%、5 年生树高的平均变异系数为 26.40%、3 年生树高的平均变异系数为 26.96%,随着树木年龄增加各处理树高的整体变异逐渐减小。7 年生、5 年生和 3 年生变异系数较大的 3 个处理超过变异较小的 3 个处理分别为 52.1%、28.1%和 25.9%,随着年龄增加处理间树高变异两极分化也在增大。7

年生 22 个处理胸径的平均变异系数为 38.74%、5 年生胸径的平均变异系数为 46.10%，由此看出，胸径也随着树木年龄增加变异逐渐减小。22 个处理间树高、胸径差异极显著，树高、胸径遗传力分别为 0.652 和 0.606。

早期(3 年生)生长性状与 7 年生植株相关极显著，可以开展优系初步选择。22 个处理不同年度树高之间、胸径之间、树高与胸径之间皮尔逊、斯皮尔曼相关都呈极显著正相关，3 年生与 5 年生、7 年生树高皮尔逊相关系数分别为 0.713、0.578，5 年生与 7 年生树高相关系数为 0.685，5 年生与 7 年生胸径皮尔逊相关系数为 0.595；3 年生与 5 年生、7 年生树高斯皮尔曼相关系数分别为 0.796、0.816，5 年生与 7 年生树高相关系数为 0.691，5 年生与 7 年生胸径斯皮尔曼相关系数为 0.704。由此说明，家系在幼龄期的生长表现稳定，7 年生可以进行初步选择。杂种落叶松、日本落叶松、华北落叶松等相关分析也证明了 5~8 年生进行早期选择的可行性^[11-15]。

优良组合及家系选择。22 个处理中 7 年生杂种落叶松树高、胸径生长表现较好，尤以兴安落叶松×日本落叶松、日本落叶松×兴安落叶松杂种家系表现突出，树高(胸径)分别超过兴安落叶松乌伊岭种源 10.0%(22.9%)、5.2%(18.1%)，兴 7×日 77-2、兴 10×日 13、日 5×兴 9、兴 6×和 6 和日 5×兴 12 家系入选优良家系，树高、胸径的遗传增益分别为 7.83%和 12.53%。5 个优良家系树高平均值为 3.739m，大于白刀山 32.49%、当地生产对照 23.39%、小北湖 16.59%、乌伊岭 9.97% 和处理平均值 8.62%。5 个家系胸径平均值为 2.885cm，大于白刀山 55.69%、当地生产对照 40.8%、小北湖 29.26%、乌伊岭 26.20% 和处理平均值 15.22%。

参考文献：

[1] 杨传平,姜静,唐盛松,等.帽儿山地区 21 年生兴安落叶松种源试验[J].东北林业大学学报,2002,30(6):1-5.
YANG C P, JIANG J, TANG S S, *et al.* The provenance test of 21-year-old *Larix gmelinii* at Maoershan area[J]. Journal of Northeast Forestry University, 2002, 30(6):1-5. (in Chinese)

[2] 李景云,于秉君,褚延广,等.帽儿山地区 21 年生长白落叶松种源试验[J].东北林业大学学报,2002,30(4):114-117.
LI J Y, YU B J, CHU Y G, *et al.* The provenance test of 21 year-old *Larix olgensis* at Maoershan area[J]. Journal of Northeast Forestry University, 2002, 30(4):114-117. (in Chinese)

[3] 管兰华,曹健,祁万宜,等.几种落叶松在鄂西生长比较研究[J].林业科技,2005,30(1):14-17.
GUAN L H, CAO J, QI W Y, *et al.* Comparative study on

growth of different larch species in west Hubei[J]. Forestry Science and Technology, 2005, 30(1):14-17. (in Chinese)

[4] 史彦江,陈同森,卡得尔,等.布尔津林区新疆落叶松地理种源试验[J].西北林学院学报,2002,17(2):14-18.
SHI Y J, CHEN T S, Kader, *et al.* Experimental on geographic provenance of *Larix sibirica* in the Buerjin Region[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2002, 17(2):14-18. (in Chinese)

[5] 毛玉琪,张景林,王福森,等.落叶松引种研究[J].林业科学,1998,34(4):10-15,29.
MAO Y Q, ZHANG J L, WANG F S, *et al.* A study on introduction of larch[J]. Scientia Silvae Sinicae, 1998, 34(4):10-15, 29. (in Chinese)

[6] 杨书文,王秋玉,夏得安.落叶松的遗传改良[M].哈尔滨:东北林业大学出版社,1994.

[7] 王闯,沈庆木,刘世伟,等.富锦地区杂种落叶松优良家系选择初步研究[J].林业科技,2011,36(3):1-4.
WANG C, SHEN Q M, LIU S W, *et al.* Study on superior families selection of hybrid larch in Fujin[J]. Forestry Science & Technology, 2011, 36(3):1-4. (in Chinese)

[8] 王祥琦,韩嘉永,张含国.小兴安岭引种杂种落叶松家系苗期生长量分析[J].林业科技,2007,32(1):1-3.
WANG X Q, HAN J Y, ZHANG H G, *et al.* Seedling period increment analysis of hybrid larch family of exotics introduction in Xiaoxing'anling[J]. Forestry Science & Technology, 2007, 32(1):1-3. (in Chinese)

[9] 宋志刚,谢蕾蕾,何旭洪.SPSS16 实用教程[M].北京:人民邮电出版社,2008:112-117,132-140.

[10] 续九如,黄智慧.林木试验设计[M].北京:中国林业出版社 1995:32-34.

[11] 张含国,张磊,邓继峰,等.杂种落叶松区域化试验与幼龄期选择[J].东北林业大学学报,2010,38(11):1-4.
ZHANG H G, ZHANG L, DENG J F, *et al.* Regional test and juvenile selection on hybrid larch[J]. Journal of Northeast Forestry University, 2010, 38(11):1-4. (in Chinese)

[12] 孙晓梅,张守攻,侯义梅,等.短轮伐期日本落叶松家系生长性状遗传参数的变化[J].林业科学,2004,40(4):68-74.
SUN X M, ZHANG S G, HOU Y M, *et al.* Age trends of genetic parameters for growth traits in short rotation *Larix kaempferi* families[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2004, 40(4):68-74. (in Chinese)

[13] 张含国,潘本立.中国兴安、长白落叶松选育种研究进展[J].吉林林学院学报,1997,13(4):197-202.
ZHANG H G, PAN B L. The advance of studys on genetic breeding for Dahurian larch and Olga Bag larch in China[J]. Journal of Jilin Forestry University, 1997, 13(4):197-202. (in Chinese)

[14] 丁振芳,王景章,方海峰,等.日本落叶松初级种子园半同胞子代的生长特性[J].东北林业大学学报,2002,30(2):9-12.
DING Z F, WANG J Z, FANG H F, *et al.* The growth of half sib progeny in *Larix kaempferi* primary seed orchard [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2002, 30(2):9-12. (in Chinese)

[15] 周庆营,曹运强,刘春利,等.华北落叶松种子园早期选择效果的分析与研究[J].河北林业科技,2007,(Z1):91.