

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2019.06.004

## 长白落叶松变异分析及优良家系早期选择

唐杰<sup>1</sup>, 曹振宇<sup>1</sup>, 侯丹<sup>2</sup>, 张含国<sup>2\*</sup>

(1. 鹤岗市林木良种繁育中心, 黑龙江 鹤岗 154101;

2. 东北林业大学林木遗传育种国家重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150040)

**摘要:**以黑龙江省鹤岗市林木良种繁育中心的84个长白落叶松自由授粉家系子代林为研究对象,测定其树高,结合变异分析、方差分析、多重比较及年生长量分析等,对长白落叶松家系进行早期选择。结果表明:长白落叶松树高性状存在丰富的变异,变异系数幅度为26.81%~35.66%。来源于渤海、错海、鹤岗及林口4个种子家系的平均变异依次为30.50%、30.47%、28.97%、30.12%,依次比对照大8.62%、8.51%、3.17%、7.26%。4年生、5年生、6年生时树高在家系水平上差异均达到极显著水平,树高遗传力平均为90.7%,20%入选率时,遗传增益平均为38.74%。结合多重比较及树高生长量分析结果,最终选择出生长良好、生长快且稳定的家系为BS54、BS542、CH4、HG28及LK299,且6年生时,平均树高为1.34m,平均变异系数为31.62%,平均年生长量为0.43m,平均现实增益为36.66%。

**关键词:**长白落叶松;树高;遗传变异;遗传增益;家系选择

中图分类号:S722.3<sup>+</sup>3 文献标识码:A

文章编号:1003-5508(2019)06-0019-06

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Genetic Variation and Early Selection of *Larix olgensis* Families

TANG Jie<sup>1</sup> CAO Zhen-yu HOU Dan<sup>2</sup> ZHANG Han-guo<sup>2\*</sup>

(1. The Improved Varieties Breeding Center of Hegang, Hegang 154101, China;

2. State Key Laboratory of Tree Genetics and Breeding, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

**Abstract:** The progeny forests of 84 open-pollinated families of *Larix olgensis* were taken as the research objects, and the tree height was measured at the improved Varieties Breeding Center of Hegang in Heilongjiang province. The early selection of *L. olgensis* families was carried out by combining variation analysis, variance analysis, multiple comparisons and annual growth analysis. There were abundant variations in tree height with the variation coefficient of 26.81%~35.66%. The average variation coefficients were 30.50%, 30.47%, 28.97% and 30.12%, respectively for four families from Bohai, Cuohai, Hegang and Linkou, which were 8.62%, 8.51%, 3.17% and 7.26% higher than CK, respectively. Families at 4, 5, and 6 years old showed significant differences in height, and the average heritability of tree height was 90.7%. Under the selection rate of 20%, the average genetic gain of tree height was 38.74%. Combining the results of multiple comparisons and annual growth analysis of height, BS54, BS542, CH4, HG28 and LK299 were selected as the superior families.

收稿日期:2019-06-11

基金项目:国家重点研发计划“红松优质大径材定向培育关键技术研究”(2017YFD0600601)

作者简介:唐杰(1972-),男,山东鄄城人,工程师,主要从事林木育种种苗繁育技术研究, email:1340497074@qq.com。

\*通讯作者:张含国,男,教授,博士,主要从事林木遗传改良研究, email:hanguozhang1@sina.com。

**Key words:** *Larix olgensis* Henry, Tree height, Genetic variations, Genetic gains, Family selection

落叶松(*Larix*)属松科落叶松属,其适应性强、生长迅速、木材坚实耐腐、抗压强度大、工艺价值较高,是我国东北地区主要造林树种之一<sup>[1~4]</sup>。长白落叶松(*Larix olgensis* Henry)的分布以吉林省长白山地区为中心,南起辽宁省宽甸县,北到黑龙江省穆稜与鸡西交界,西至松辽平原的东缘,东达日本海岸<sup>[5~6]</sup>。

长白落叶松在许多地方长势良好,但不同品系的长白落叶松生长差异较为明显<sup>[7]</sup>,因此,对长白落叶松进行遗传改良显得颇为重要。本研究以黑龙江省鹤岗市良繁中心来源于渤海、错海、鹤岗及林口4个种子园的4~6年生时的长白落叶松自由授粉家系子代林为研究对象,对其树高性状(以5年生时、6年生时树高为主)进行变异分析、方差分析、多重比较、年生量分析及遗传参数估计等,旨在筛选出生长迅速、稳定、遗传增益大的家系,为长白落叶松育种策略的制定及优良家系早期选择等提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地区自然条件

鹤岗市林木良种繁育中心位于黑龙江省东北部,地理坐标为东经130°13'59",北纬47°24'25",西与伊春林业局相邻,北与鹤北林业局相衔接,坐落于小兴安岭东麓低山丘陵与松花江下游平原交界处。地处中温带大陆性季风气候区,年均温4.7℃,年最高气温37℃,极端低温-40℃,≥10℃积温为2216.5℃,年均降水量667.2mm,无霜期125d~135d,年日照总时数为2354.5d。土壤以暗棕壤为主,局部地区为白浆土,土层厚度20cm~45cm,pH值6.5~7.6。

### 1.2 试验林概况

试验林位于鹤岗市红旗林场53林班6小班,种子来源于黑龙江省渤海种子园、错海种子园、鹤岗种子园及林口青山种子园的自由授粉家系,共84个处理,其中,BS、NB为渤海种子园家系21个,CH为错海种子园家系22个,HG为鹤岗种子园家系15个,LK为林口青山种子园家系20个,日5×长77-3、日5×长78-3及兴9×日76-2为杂种落叶松,小北湖

和白刀山为长白落叶松种源,并设置1个当地对照。2013年播种,2014年移植,2015年4月底定植,用当地生产造林苗作对照(CK),采用完全随机区组设计,4行8株小区,重复4次,株行距1.5m×2.0m。

### 1.3 试验方法

于2016年、2017年及2018年秋季落叶松当年停止生长后,用米尺和塔尺测量树高,读至cm。数据分析采用Minitab 16.0统计分析软件,主要包括变异分析、方差分析、多重比较等。

家系遗传力和遗传增益<sup>[8]</sup>,模型如下:

$$h^2 = 1 - 1/F \quad (1)$$

$$R = i\sigma_p h^2 \quad (2)$$

$$\Delta G = R/\bar{X} = hi\sigma_A/\bar{X} \quad (3)$$

式中: $h$ 为家系遗传力的平方根; $R$ 为选择响应; $i$ 为选择强度; $\sigma_p$ 为亲本群体的标准差; $\sigma_A$ 为选择性状的标准差; $\Delta G$ 为遗传增益; $\bar{X}$ 为家系的平均值。

## 2 结果与分析

### 2.1 长白落叶松树高变异分析

#### 2.1.1 长白落叶松树高总体变异分析

长白落叶松总体变异分析见表1。长白落叶松树高性状存在丰富的变异,变异系数幅度为26.81%~35.66%,平均变异系数为30.31%。

表1 长白落叶松树高变异分析  
Tab.1 Genetic variation of height of *Larix olgensis*

性状	均值 /m	均值 标准误	标准差	变异系数 /%	最小值 /m	最大值 /m
4年生树高	0.55	0.002	0.15	26.81	0.11	1.29
5年生树高	0.80	0.002	0.23	28.46	0.20	2.05
6年生树高	1.12	0.004	0.40	35.66	0.21	2.96

#### 2.1.2 长白落叶松不同来源家系树高变异分析

对来源于渤海、错海、鹤岗及林口4个种子园的长白落叶松家系进行变异分析,具体见表2。来源于渤海种子园家系的3个年度树高平均变异系数为30.50%,4、5、6年生时变异依次比对照大5.58%、12.89%、7.64%,树高依次比对照大4.07%、8.89%及18.05%;来源于错海种子园家系的树高平均变异为30.47%,4、5、6年生时变异依次比对照大9.95%、11.57%、5.20%,树高依次比对照大-0.07%、3.68%及14.30%;来源于鹤岗种子园家系的树高平均变异为28.97%,4、5、6年生时变异

表 2 长白落叶松不同来源家系树高变异分析

Tab.2 Genetic variation of height in families of *Larix olgensis* from different sources

来源	性状	均值 /m	均值 标准误	标准差	变异系 数/%	最小值 /m	最大值 /m
渤海	4年生树高	0.55	0.003	0.14	25.90	0.12	1.19
	5年生树高	0.81	0.005	0.24	28.99	0.20	2.05
	6年生树高	1.16	0.009	0.42	36.62	0.34	2.83
	平均	0.84	0.006	0.27	30.50	0.22	2.02
错海	4年生树高	0.53	0.003	0.14	26.97	0.12	1.15
	5年生树高	0.77	0.005	0.22	28.65	0.20	1.82
	6年生树高	1.12	0.008	0.40	35.79	0.19	2.96
	平均	0.81	0.005	0.26	30.47	0.17	1.98
鹤岗	4年生树高	0.60	0.004	0.15	24.52	0.13	1.18
	5年生树高	0.85	0.006	0.23	27.56	0.20	1.85
	6年生树高	1.13	0.011	0.39	34.84	0.35	2.74
	平均	0.86	0.007	0.26	28.97	0.23	1.92
林口	4年生树高	0.54	0.003	0.15	27.70	0.11	1.29
	5年生树高	0.81	0.005	0.22	27.69	0.20	1.90
	6年生树高	1.13	0.009	0.40	34.98	0.40	2.92
	平均	0.83	0.006	0.26	30.12	0.24	2.04
对照	4年生树高	0.53	0.015	0.13	24.53	0.21	0.81
	5年生树高	0.75	0.021	0.19	25.68	0.30	1.20
	6年生树高	0.98	0.037	0.33	34.02	0.45	1.98
	平均	0.75	0.024	0.22	28.08	0.32	1.33

依次比对照大 -0.04%、7.32%、2.41%，树高依次比对照大 12.12%、13.75% 及 15.81%；来源于林口种子园家系的树高平均变异为 30.12%，4、5、6 年

生时变异比对照大 12.92%、7.83%、2.82%，树高依次比对照大 0.62%、7.96% 及 15.91%。

总之，来源于 4 个种子园的长白落叶松家系其变异系数随着树龄的增大呈现出增大的趋势，且 3 年的平均变异系数表现为：鹤岗 < 林口 < 错海 < 渤海。

### 2.1.3 长白落叶松家系树高变异分析

对 84 个处理 3 个年度的树高进行了变异分析，且下面只对变异系数排前 10 位及末 10 位的家系予以说明，具体见表 3。

4、5、6 年生时变异系数大小排前 10 位家系的平均变异系数依次为 30.62%、31.84%、39.51%，依次比对照大 24.81%、23.99%、16.15%，树高均值依次为 0.53m、0.78m、1.10m，依次比对照大 -0.50%、5.13%、12.05%，3 个年度变异大且稳定的家系有 CH268、CH98、NB206。

4、5、6 年生时变异系数大小在末 10 位家系的平均变异系数依次为 21.66%、22.96%、27.67%，依次比对照小 11.72%、10.60%、18.68%，树高均值依次为 0.61m、0.77m、1.13m，依次比对照大 15.06%、3.02%、15.66%，3 个年度变异小且稳定的家系为 HG5。

表 3

长白落叶松家系树高变异分析

Tab.3

Genetic variation of height in families of *Larix olgensis*

变异 程度	4 年生			5 年生			6 年生		
	家系	树高/m	变异系数/%	家系	树高/m	变异系数/%	家系	树高/m	变异系数/%
变异大	LK229	0.57	31.99	BS21	0.84	34.95	CH98	0.96	41.79
	CH98	0.49	31.14	CH171	0.74	33.02	BS21	1.13	40.93
	LK299	0.50	31.05	CH268	0.79	32.88	NB206	1.02	40.88
	HG6	0.57	30.92	CH98	0.72	32.51	CH268	1.07	40.02
	BS54	0.56	30.88	CH211	0.76	31.27	NB173	1.23	39.91
	CH268	0.52	30.62	HG21	0.78	31.26	CH25	1.02	39.71
	LK593	0.51	30.50	NB173	0.91	31.10	NB181	1.16	39.04
	LK712	0.52	30.13	NB206	0.77	30.48	NB101	1.12	37.83
	LK278	0.54	29.55	NB206	0.77	30.48	NB101	1.12	37.83
	CH171	0.53	29.38	CH25	0.76	30.45	LK644	1.13	37.19
变异小	HG13	0.64	22.90	HG25	0.89	23.84	BS18	0.90	29.13
	HG28	0.62	22.58	LK122	0.77	23.75	HG5	1.11	29.11
	LK026	0.60	22.53	BS349	0.79	23.45	HG36	0.89	29.09
	HG1	0.63	22.23	HG5	0.86	23.34	LK229	1.30	28.43
	LK122	0.56	22.20	BS544	0.73	23.29	LK506	0.86	28.23
	HG5	0.62	21.57	HG22	0.83	22.93	BS54	1.41	28.07
	HG25	0.66	21.34	LK563	0.84	22.89	LK278	1.38	27.78
	NB124	0.57	21.17	BS18	0.66	22.37	LK299	1.40	26.81
	HG29	0.63	20.71	CH252	0.67	22.13	NB186	1.20	26.46
	HG22	0.60	19.33	CH9	0.65	21.58	CH252	0.87	23.54

注：上表只列出了 3 个年度变异系数大小排在前 10 位及末 10 位的家系。

## 2.2 长白落叶松树高方差分析

### 2.2.1 长白落叶松家系树高方差分析

对 84 个处理长白落叶松树高进行方差分析，具

体见表 4。3 个年度树高在区组水平上差异不显著，在家系水平上皆达到极显著水平。4 年生时、5 年生时、6 年生时树高的遗传力依次为 86.0%、92.6%、

93.4%。10%入选率时,遗传增益依次为42.51%、46.84%、58.94%,20%入选率时,遗传增益依次为33.32%、36.70%、46.19%。

2.2.2 4个种子园间树高总体方差分析

来源于4个种子园的长白落叶松家系树高的总

体差异分析,具体见表5。4、5年生来源于4个种子园的长白落叶松家系树高差异极显著,树高皆表现为:鹤岗>渤海>林口>错海;6年生时差异显著,树高表现为:渤海>林口>鹤岗>错海。

表4 长白落叶松家系树高方差分析

Tab.4 Variance analysis of height in families of *Larix olgensis*

树龄	来源	自由度	平方和	调整平方和	调整均方	F
4年生	区组	3	0.1134	0.0897	0.0299	1.45
	家系	83	12.2411	12.2411	0.1475	7.13**
	误差	8578	177.3334	177.3334	0.0207	
5年生	区组	3	0.1090	0.1170	0.0390	0.84
	家系	83	51.8932	51.8932	0.6252	13.53**
	误差	8578	396.3527	396.3527	0.0462	
6年生	区组	3	0.1469	0.1291	0.0430	0.31
	家系	83	177.1376	177.1376	2.1342	15.18**
	误差	8421	1183.8394	1183.8394	0.1406	

注:\*\*表示差异极显著。

表5 长白落叶松4个种子园间树高总体方差分析

Tab.5 Total Variance analysis of height among four Seed Orchards of *Larix olgensis*

树龄	来源	自由度	平方和	调整平方和	调整均方	F
4年生	种子园	3	4.3022	4.3022	1.4341	67.82**
	误差	7981	168.7492	168.7492	0.0211	
5年生	种子园	3	5.1326	5.1326	1.7109	32.96**
	误差	7981	414.2090	414.2090	0.0519	
6年生	种子园	3	1.4955	1.4955	0.4985	3.05*
	误差	7883	1290.1907	1290.1907	0.1637	

注:\*表示差异显著;\*\*表示差异极显著。

2.2.3 单个种子园家系树高方差分析

为研究来源于不同种子园家系内部的差异,对此做了方差分析,具体见表6。在家系水平上,来源于4个种子园的家系树高在3个年度皆达到差异极显著水平。4年生时,来源于渤海、错海、鹤岗、林口种子园的家系树高遗传力依次为67.6%、82.3%、87.8%、75.1%,10%入选率时,遗传增益依次为36.43%、41.84%、39.29%、41.06%,20%入选率时,遗传增益依次为28.54%、32.79%、30.79%、32.17%;5年生时,来源于渤海、错海、鹤岗、林口种

子园的家系树高遗传力依次为91.8%、92.7%、93.0%、89.6%,10%入选率时,遗传增益依次为47.51%、47.18%、45.44%、44.82%,20%入选率时,遗传增益依次为37.23%、36.97%、35.61%、35.12%;6年生时,来源于渤海、错海、鹤岗、林口种子园的家系树高遗传力依次为93.0%、92.6%、91.3%、94.4%,10%入选率时,遗传增益依次为60.40%、58.91%、56.92%、58.12%,20%入选率时,遗传增益依次为47.33%、46.16%、44.61%、45.54%。

表6 长白落叶松单个种子园家系树高方差分析

Tab.6 Variance analysis height in families of *Larix olgensis* within every seed orchard

树龄	来源	渤海		错海		鹤岗		林口	
		均方(自由度)	F	均方(自由度)	F	均方(自由度)	F	均方(自由度)	F
4年生	家系	0.0624(20)	3.09**	0.1116(21)	5.65**	0.1639(14)	8.21**	0.0863(19)	4.02**
	误差	0.0202(2087)		0.0198(2370)		0.0200(1372)		0.0215(2066)	
5年生	家系	0.6127(20)	12.24**	0.6060(21)	13.73**	0.6852(14)	14.22**	0.4429(19)	9.62**
	误差	0.0501(2087)		0.0442(2370)		0.0482(1372)		0.0460(2066)	
6年生	家系	2.2730(20)	14.35**	1.9487(21)	13.58**	1.6137(14)	11.48**	2.4424(19)	17.93**
	误差	0.1584(2065)		0.1435(2319)		0.1405(1358)		0.1362(2055)	

注:\*\*表示差异极显著。

## 2.3 长白落叶松优良家系选择

### 2.3.1 长白落叶松多重比较

3 个年度树高方差分析结果表明,84 个处理的 4、5、6 年生树高皆达到极显著差异,为研究家系间的具体差异,对 4、5、6 年生树高分别做了多重比较,具体见表 7。表 7 中只列出了各年度树高排在前 20% 的 17 个生长良好的家系,并以此分析。

4 年生时树高为 0.57 m ~ 0.66 m,平均树高为

0.61 m,比对照大 13.99%,变异系数为 19.33% ~ 30.92%,平均变异为 24.10%,比对照小 1.76%;5 年生时树高为 0.87 m ~ 0.95 m,平均树高为 0.91 m,比对照大 21.40%,变异系数为 23.84% ~ 31.10%,平均变异为 26.54%,比对照大 3.36%;6 年生时树高为 1.26 m ~ 1.42 m,平均树高为 1.32 m,比对照大 35.26%,变异系数为 26.81% ~ 36.88%,平均变异为 31.83%,比对照小 6.45%。

表 7

长白落叶松家系多重比较

Tab. 7

Multiple comparison by height in families of *Larix olgensis*

家系	4 年生	家系	5 年生	家系	6 年生
HG25	0.66 (21.34) a	HG28	0.95 (23.94) a	BS349	1.42 (30.36) a
HG13	0.64 (22.90) ab	HG13	0.95 (26.39) a	BS54	1.41 (28.07) ab
HG29	0.63 (20.71) abc	BS542	0.93 (24.30) ab	LK299	1.40 (26.81) abc
HG1	0.63 (22.23) abcd	HG45	0.93 (27.01) abc	LK555	1.39 (34.49) abcd
HG28	0.62 (22.58) abcde	CH349	0.93 (25.94) abc	LK278	1.38 (27.78) abcde
HG5	0.62 (21.57) abcdef	HG29	0.92 (25.57) abc	CH27	1.34 (30.88) abcdef
HG45	0.61 (24.02) abcdefg	HG15	0.92 (26.53) abcd	BS309	1.33 (34.25) abcdefg
NB173	0.60 (26.68) abcdefgh	NB173	0.91 (31.10) abcde	HG28	1.31 (32.58) abcdefgh
CH349	0.60 (25.15) abcdefgh	LK221	0.90 (25.82) abcde	BS542	1.30 (33.78) abcdefghi
HG15	0.60 (25.98) abcdefghi	BS54	0.90 (28.08) abcdef	LK229	1.30 (28.43) abcdefghij
LK026	0.60 (22.53) abcdefghi	CH4	0.90 (25.83) abcdefg	CH29	1.29 (32.65) abcdefghijk
CH29	0.60 (26.63) abcdefghi	NB186	0.89 (28.37) abcdefgh	CH171	1.29 (30.33) abcdefghijk
HG22	0.60 (19.33) abcdefghi	HG25	0.89 (23.84) abcdefghi	CH349	1.28 (33.99) abcdefghijkl
BS349	0.59 (23.98) abcdefghij	BS209	0.87 (25.99) abcdefghi	HG45	1.28 (33.06) abcdefghijkl
BS39	0.58 (25.14) abcdefghijk	CH309	0.87 (26.85) abcdefghij	CH4	1.26 (36.88) abcdefghijkl
BS21	0.58 (27.97) abcdefghijk	NB127	0.87 (26.10) abcdefghij	HG13	1.26 (35.02) abcdefghijkl
NB124	0.57 (30.92) bcdefghijk	LK299	0.87 (29.54) abcdefghij	CH23	1.26 (31.69) abcdefghijkl

注:上表中只列出了各年度排在前 20% (17 个) 的家系;单元格表示 树高均值/m (变异系数/%) 分组;同列无共享字母间差异显著。

### 2.3.2 长白落叶松树高年增长量分析

长白落叶松家系 2017 及 2018 年度树高生长量见表 8。

由表 8 可知,2017 年树高生长量为 0.12 m ~ 0.39 m,平均为 0.25 m,2018 年树高生长量为 0.18 m ~ 0.63 m,平均为 0.32 m。两个年度树高生长量较大的家系为 BS54、BS542、CH4、HG28 及 LK299,此 5 个家系 2017 年度树高生长量为 0.33 m ~ 0.39 m,平均为 0.36 m,比对照大 69.65%;2018 年度树高生长量为 0.36 m ~ 0.53 m,平均为 0.43 m,比对照大 83.51%。

来源于渤海、错海、鹤岗及林口种子园的家系 2017 年度树高增长量均值依次为 0.26 m、0.24 m、0.24 m 及 0.27 m,依次比对照多 20.48%、14.47%、14.99% 及 25.91%;2018 年度树高增长量均值依次为 0.33 m、0.34 m、0.28 m 及 0.33 m,依次比对照多 43.67%、45.95%、21.24% 及 39.82%。

### 2.3.3 长白落叶松优良家系早期选择

结合 5 年生、6 年生树高多重比较结果与 2017 及 2018 年两个年度树高生长量,选择出生长良好、

生长快且稳定的家系为 BS54、BS542、CH4、HG28 及 LK299,此 5 个优良家系变异系数皆较大,适于无性繁殖,同时,按 6 年生时树高计,相对于对照依次可获得 43.96%、32.73%、29.24%、34.35%、43.00% 的现实增益。

## 3 讨论与结论

遗传变异是生物体内遗传物质发生改变且能遗传给后代的变异,其导致了生物在群体、个体、组织和细胞水平及分子水平上的遗传多样性<sup>[9]</sup>。4 ~ 6 年生时长白落叶松树高性状存在丰富的变异<sup>[10]</sup>,变异系数为 26.81% ~ 35.66%,平均变异为 30.31%,来源于 4 个种子园的家系在 4、5、6 年生时的平均变异系数依次为 26.27%、28.22%、35.56%,依次比对照变异大 7.09%、9.89%、4.53%,且变异系数随着树龄的增大呈现增大的趋势。对于生长良好且变异系数大的家系,适于无性繁殖,而生长良好且变异系数小的家系,适于有性繁殖。

3 个年度树高在家系水平上皆达到差异极显著

表 8

长白落叶松树高年生长量分析

Tab. 8

Annual growth of height of *Larix olgensis*

年度增长量/m			年度增长量/m			年度增长量/m			年度增长量/m		
家系号	2017	2018	家系号	2017	2018	家系号	2017	2018	家系号	2017	2018
BS129	0.22	0.27	CH268	0.27	0.28	HG46	0.20	0.23	LK644	0.29	0.28
BS158	0.24	0.23	CH27	0.25	0.58	HG48	0.18	0.24	LK712	0.31	0.31
BS18	0.13	0.24	CH278	0.31	0.30	HG5	0.24	0.25	NB101	0.28	0.28
BS209	0.34	0.32	CH29	0.24	0.45	HG6	0.21	0.27	NB108	0.23	0.23
BS21	0.26	0.29	CH303	0.15	0.30	LK026	0.23	0.25	NB124	0.16	0.29
BS309	0.19	0.57	CH309	0.32	0.33	LK122	0.21	0.23	NB127	0.30	0.31
BS349	0.20	0.63	CH333	0.33	0.32	LK221	0.33	0.31	NB129	0.28	0.32
BS39	0.27	0.30	CH349	0.33	0.35	LK229	0.20	0.53	NB161	0.19	0.19
BS54	0.34	0.51	CH4	0.39	0.37	LK278	0.28	0.56	NB173	0.31	0.31
BS542	0.38	0.36	CH9	0.12	0.42	LK286	0.31	0.28	NB181	0.30	0.30
BS544	0.21	0.51	CH98	0.23	0.24	LK299	0.37	0.53	NB186	0.32	0.31
CH139	0.31	0.29	HG1	0.21	0.24	LK384	0.30	0.29	NB206	0.23	0.25
CH161	0.15	0.29	HG13	0.30	0.32	LK435	0.21	0.24	白刀山	0.17	0.25
CH171	0.20	0.55	HG15	0.32	0.33	LK445	0.32	0.31	对照	0.21	0.23
CH18	0.25	0.26	HG18	0.22	0.28	LK450	0.27	0.29	日5×长77-3	0.16	0.18
CH19	0.22	0.22	HG21	0.22	0.28	LK459	0.23	0.27	日5×长78-3	0.19	0.18
CH211	0.24	0.44	HG22	0.24	0.24	LK506	0.12	0.22	小北湖	0.15	0.18
CH23	0.24	0.45	HG25	0.22	0.31	LK555	0.29	0.54	兴9×日76-2	0.12	0.30
CH25	0.26	0.26	HG28	0.33	0.37	LK563	0.30	0.28	渤海种子园	0.26	0.33
CH252	0.14	0.20	HG29	0.29	0.33	LK577	0.25	0.23	错海种子园	0.24	0.34
CH260	0.23	0.24	HG36	0.17	0.19	LK593	0.33	0.32	鹤岗种子园	0.24	0.28
CH264	0.17	0.32	HG45	0.32	0.35	LK638	0.21	0.23	林口种子园	0.27	0.33

水平,树高遗传力平均为 90.7%,10% 入选率时,遗传增益平均为 49.43%,20% 入选率时,遗传增益平均为 38.74%,遗传力受到材料本身、环境及树龄等因素的影响,如张含国<sup>[11]</sup>等在研究 9 年生长白落叶松自由授粉家系时,遗传力为 66%,于秉君等在研究 5 年生长白落叶松时也得到树高遗传力比较大的结论<sup>[12]</sup>。遗传增益不仅与材料本身、环境、树龄有关,还与入选率有关,如杨书文<sup>[13]</sup>等在研究 10 年生长白落叶松子代测定林时,树高遗传增益为 12.2%。4 年生时、5 年生时来源于 4 个种子园的长白落叶松家系树高差异极显著,树高皆表现为:鹤岗 > 渤海 > 林口 > 错海,6 年生时差异显著,树高表现为:渤海 > 林口 > 鹤岗 > 错海,这说明随着树龄的增大,来源于渤海和林口种子园的家系在树高生长上的优势逐渐表现出来。6 年生时,渤海、错海、鹤岗、林口家系树高遗传力依次为 93.0%、92.6%、91.3%、94.4%,10% 入选率时,遗传增益依次为 60.40%、58.91%、56.92%、58.12%,20% 入选率时,遗传增益依次为 47.33%、46.16%、44.61%、45.54%。

84 个处理中,最终选择出了的 5 个优良家系,依次为 BS54、BS542、CH4、HG28 及 LK299,可依次可获得 43.96%、32.73%、29.24%、34.35%、43.00% 的现实增益。

#### 参考文献:

- [1] 王站. 中国落叶松林[M]. 北京:中国林业出版社,1992,5.
- [2] 国家林业局. 第八次全国森林资源清查结果[J]. 林业资源管理,2014(01):1~2.
- [3] 李艳霞,张含国,张磊,等. 长白落叶松纸浆材优良家系多性状联合选择研究[J]. 林业科学研究,2012,25(6):712~718.
- [4] 许晨璐,孙晓梅,张守攻. 日本落叶松与长白落叶松及其杂种光合特性比较[J]. 北京林业大学学报,2012,34(4):62~66.
- [5] 张含国,周显昌,田松岩,等. 长白落叶松生长和材质性状地理变异的研究[J]. 林业科技,1996,21(5):5~8.
- [6] 毛玉琪,张景林,王福森,等. 长白落叶松、兴安落叶松种源试验研究[J]. 防护林科技,1993(2):10~15.
- [7] 王金宁,侯丹,张含国,等. 长白落叶松生长变异及优良家系选择研究[J]. 森林工程,2018,34(01):6~12.
- [8] 王明麻,林木遗传育种学[M]. 北京:中国林业出版社,2001:156~166.
- [9] Moritz, C. D., Mfillis. Molecular systematics: Context and controversies. In Hills D. M., and C. Moritz. Molecular systematics. Sunderland, Sinauer. 1990:1~11.
- [10] 孙英豪,张含国,郝俊飞,等. 3 年生长白落叶松高生长遗传变异与多点稳定性[J]. 东北林业大学学报,2018,46(08):1~7.
- [11] 张含国,张殿福,李希才,等. 长白落叶松自由授粉家系生长和材性遗传变异及性状相关的研究[J]. 林业科技,1995(06):1~5.
- [12] 于秉君,杨传平. 5 年生长白落叶松的种源试验研究[J]. 东北林业大学学报,1988(03):27~33.
- [13] 杨书文,夏德安,孙洪志,等. 长白落叶松遗传参数的估算及优良家系的综合选择[J]. 东北林业大学学报,1991(S2):46~53.