

文章编号:1001-7380(2019)05-0036-06

杂种落叶松遗传变异分析及优良家系选择

由远祥¹, 闫平玉², 张含国^{2*}, 张大召³, 刘 迪³, 陈伯鹏¹, 张 蕾¹

(1. 富锦市林木种子园, 黑龙江 富锦 156100; 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;
3. 吉林森工集团, 吉林 长春 130021)

摘要:以黑龙江佳木斯富锦市林木种子园杂种落叶松家系子代测定林的22个落叶松家系为研究对象, 分别于2009年、2012年、2017年进行树高及胸径调查, 对调查数据进行遗传变异分析、方差分析以及多重比较, 并筛选出优良家系。结果显示, 22个处理在5年生、8年生、13年生时, 树高和胸径均存在着丰富的遗传变异, 且总体上呈现由大到小的规律; 不同家系间差异显著性均达到了极显著水平; 多重比较结果显示, 家系兴5×兴9、日5×长78-3和日5×长77-3这3个家系入选为优良家系, 入选率为15%。

关键词:杂种落叶松; 生长性状; 家系选择; 遗传变异

中图分类号:S722.3⁺3; S791.22

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2019.05.007

落叶松 [*Larix gmelinii* (Ruprecht) Kuzeneva] 属松科落叶松属, 自然分布于温带、寒温带及高山气候区^[1]。因其具有较强的适应性、较快的生长速度, 且木材用途广泛, 有良好的工艺价值, 是目前东北地区人工造林所使用的主要树种之一^[2-3]。研究表明: 落叶松的种间杂交具有明显杂种优势, 主要表现在抗性、材质和生长量等方面, 且其栽植地区不同, 表现也不尽相同^[4-7]。本研究通过对杂种落叶松家系子代测定林5年、8年及13年生时的生长性状进行综合分析, 探究不同落叶松杂交组合的遗传变异, 并选择优良家系, 为杂种落叶松优良家系推广使用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

富锦市地处黑龙江省的东北部, 三江平原中部, 松花江南岸。东经131°25"—133°26", 北纬46°45"—47°37"之间^[8]。富锦市平均海拔60 m, 地势平坦。富锦市四季分明, 中温带大陆性季风气候, 年平均温度在3.6℃左右。年日照时数2 151.3 h左右, 无霜期148 d, 平均年降水量约339.5 mm。

1.2 材料与方法

试验材料的来源为黑龙江省林口县青山林场的长白落叶松以及杂种落叶松种子园, 包括日3×兴

2、日3×兴9、日5×兴9、日12×兴9、日5×兴12、日11×兴2、兴7×日77-2、兴9×日76-2、兴10×日13、兴6×和6、兴5×兴9、兴12×兴2、日5×长77-3、日5×长78-3、日3×石51、长73-18和长73-4的17个家系以及乌伊岭种源(兴安落叶松种源)、小北湖种源(长白落叶松种源)、白刀山种源(长白落叶松种源)、杂种混(杂种落叶松种子园混合种子), 并以当地生产的落叶松为对照。

2005年播种育苗, 于2007年春季定植营建试验林, 株行距2 m×1.5 m, 80株4行排列, 采用完全随机区组设计, 3次重复^[9]。分别于2009年、2012年和2017年的秋季对试验林的3个重复区组的树高(*H*)及胸径(*d*)进行测量, 并计算13年生时的材积。由于5年生时径阶过小, 不参与分析。使用SPSS19.0数据分析软件对调查数据进行遗传变异分析, 方差分析, 多重比较等分析。

材积计算公式为 $V=0.32 \times (H+3) \times d^2$

2 结果与分析

2.1 杂种落叶松生长性状遗传变异分析

对22个处理5年、8年和13年生时的树高胸径测量值进行遗传变异分析, 结果显示(表1, 2, 3): 各处理树高和胸径变异系数由5年、8年至13年生

收稿日期: 2019-08-22; 修回日期: 2019-09-03

基金项目: 国家林业局推广项目“杂种落叶松种子园营建技术和优良家系推广与示范”[(2017)06]

作者简介: 由远祥(1981-), 男, 黑龙江佳木斯人, 工程师, 大专毕业。主要从事营林生产及林木育种。E-mail: youyuanxiang_001@163.com。

* 通信作者: 张含国(1962-), 男, 黑龙江伊春人, 教授, 博士。研究方向: 林木遗传改良。E-mail: hanguozhang1@sina.com。

总体上都呈现出由大到小的规律。

表 1 5 年生杂种落叶松生长性状遗传变异

家系	树高		
	均值/m	标准差/m	变异系数/%
白刀山	0.838 6	0.261 09	31.13
长 73-18	1.043 2	0.331 46	31.77
长 73-4	0.911 5	0.267 99	29.40
对照	0.953 9	0.234 76	24.61
日 11×兴 2	1.029 4	0.348 37	33.84
日 12×兴 9	1.196 8	0.419 88	35.08
日 3×石 51	1.094 6	0.336 69	30.76
日 3×兴 2	1.091 0	0.411 15	37.69
日 3×兴 9	1.107 0	0.292 29	26.40
日 5×长 77-3	1.197 5	0.365 16	30.49
日 5×长 78-3	1.296 4	0.413 81	31.92
日 5×兴 12	1.137 9	0.417 71	36.71
日 5×兴 9	1.231 8	0.411 69	33.42
乌伊岭	0.943 7	0.326 55	34.60
小北湖	0.873 6	0.241 93	27.69
兴 10×日 13	1.129 5	0.390 80	34.60
兴 12×兴 2	0.980 0	0.314 08	32.05
兴 5×兴 9	1.154 8	0.397 32	34.41
兴 6×和 6	1.215 9	0.318 72	26.21
兴 7×日 77-2	1.225 5	0.385 53	31.46
兴 9×日 76-2	1.154 1	0.357 82	31.00
杂种混	1.065 9	0.338 99	31.80
平均值	1.085 1	0.344 70	31.68

杂种落叶松 5 年生时的树高平均变异系数为 31.68%,其中变异系数较高的家系为日 5×兴 12、日 3×兴 2、日 12×兴 9,分别高于平均变异系数 15.87%,18.96%,10.74%。

8 年生杂种落叶松树高平均变异系数下降到 17.87%,变异系数较高的 3 个家系为日 3×兴 2、日 3×兴 9 和日 5×长 78-3,分别比平均值高出 36.89%,23.28%,23.16%;8 年生杂种落叶松胸径平均变异系数为 31.33%,其中变异系数较高的家系为日 3×兴 2、兴 7×日 77-2、日 5×长 78-3、日 3×石 51 和兴 12×兴 2,分别比平均值高出 22.77%,16.22%,15.64%,12.61%,10.64%。

13 年生的杂种落叶松树高平均变异系数为 13.67%,其中变异系数较高的家系为兴 7×日 77-2、日 3×兴 9、日 3×兴 2、日 5×兴 9、日 11×兴 2 和兴 6×和 6,分别比平均值高出 45.47%,41.35%,34.86%,26.61%,23.98%,13.82%,13.35%;13 年生杂种落叶松胸径平均变异系数为 26.30%,其中变异系数较高的家系为兴 10×日 13、兴 7×日 77-2、兴 6×和 6、日 5×长 77-3、兴 12×兴 2 和长 73-4,分别比平均值高出 32.54%,20.04%,18.95%,14.11%,13.77%,10.65%。

表 2 8 年生杂种落叶松生长性状遗传变异

家系	树高			胸径		
	均值/m	标准差/m	变异系数/%	均值/cm	标准差/cm	变异系数/%
白刀山	3.843 7	0.790 52	20.57	3.928 6	1.248 68	31.78
长 73-18	3.876 2	0.556 17	14.35	3.934 6	0.950 77	24.16
长 73-4	3.908 7	0.582 96	14.91	3.792 6	0.893 55	23.56
对照	3.392 4	0.639 35	18.85	3.045 8	1.205 81	39.59
日 11×兴 2	3.570 0	0.527 47	14.78	3.614 6	1.091 10	30.19
日 12×兴 9	3.795 7	0.663 53	17.48	3.758 1	1.051 64	27.98
日 3×石 51	3.747 8	0.695 98	18.57	4.320 6	1.524 32	35.28
日 3×兴 2	3.934 9	0.962 53	24.46	4.168 7	1.603 45	38.46
日 3×兴 9	3.332 4	0.733 43	22.01	3.353 8	1.112 75	33.18
日 5×长 77-3	3.615 2	0.683 85	18.92	3.461 0	1.151 57	33.27
日 5×长 78-3	3.872 4	0.809 96	20.92	4.070 1	1.474 65	36.23
日 5×兴 12	3.705 8	0.528 71	14.27	3.682 1	0.948 90	25.77
日 5×兴 9	4.143 8	0.746 61	18.02	4.372 2	1.282 27	29.33
乌伊岭	3.713 1	0.818 01	22.03	4.105 5	1.372 57	33.43
小北湖	3.763 1	0.780 11	20.73	3.805 7	1.264 58	33.23
兴 10×日 13	4.000 4	0.598 13	14.95	4.057 8	1.101 96	27.16
兴 12×兴 2	3.628 5	0.678 77	18.71	3.688 8	1.278 67	34.66
兴 5×兴 9	3.921 2	0.609 06	15.53	4.015 1	1.293 55	32.22
兴 6×和 6	4.131 6	0.637 55	15.43	4.319 2	1.164 92	26.97
兴 7×日 77-2	3.584 2	0.676 12	18.86	3.584 6	1.305 27	36.41
兴 9×日 76-2	3.857 3	0.571 07	14.80	3.889 1	1.039 05	26.72
杂种混	3.840 5	0.540 49	14.07	3.816 2	1.129 99	29.61
平均值	3.780 9	0.674 11	17.87	3.853 9	1.204 09	31.33

表 3 13 年生杂种落叶松生长性状遗传变异

家系	树高			胸径		
	均值/m	标准差/m	变异系数/%	均值/cm	标准差/cm	变异系数/%
白刀山	9.122 9	1.539 11	16.87	8.794 3	2.776 47	31.57
长 73-18	10.208 1	0.830 03	8.13	10.250 0	2.332 08	22.75
长 73-4	10.124 1	1.144 83	11.31	9.468 7	2.235 19	23.61
对照	10.001 3	1.118 94	11.19	9.108 8	1.708 96	18.76
日 11×兴 2	9.645 1	1.500 74	15.56	9.859 2	2.550 44	25.87
日 12×兴 9	9.916 9	1.302 80	13.14	10.093 2	3.106 55	30.78
日 3×石 51	9.593 9	1.213 40	12.65	8.941 8	2.020 31	22.59
日 3×兴 2	9.525 7	1.648 70	17.31	9.469 7	2.560 80	27.04
日 3×兴 9	9.178 6	1.692 10	18.44	10.557 1	3.302 71	31.28
日 5×长 77-3	10.566 2	0.869 15	8.23	10.716 9	2.358 49	22.01
日 5×长 78-3	10.131 0	1.182 81	11.68	10.770 2	2.735 21	25.40
日 5×兴 12	9.912 0	1.009 88	10.19	10.075 9	2.174 16	21.58
日 5×兴 9	9.716 7	1.646 79	16.95	9.814 6	2.588 35	26.37
乌伊岭	8.617 7	1.665 12	19.32	8.061 3	2.810 07	34.86
小北湖	8.990 5	1.487 43	16.54	8.119 0	2.429 41	29.92
兴 10×日 13	9.776 3	1.174 68	12.02	9.973 1	2.250 76	22.57
兴 12×兴 2	10.094 1	1.182 41	11.71	11.117 6	3.235 40	29.10
兴 5×兴 9	10.703 4	0.702 70	6.57	11.291 5	2.671 90	23.66
兴 6×和 6	9.481 7	1.469 20	15.50	9.478 0	2.649 33	27.95
兴 7×日 77-2	9.176 7	1.824 89	19.89	9.743 7	2.924 16	30.01
兴 9×日 76-2	9.411 2	1.186 42	12.61	9.520 0	2.291 06	24.07
杂种混	9.273 6	1.388 83	14.98	9.440 7	2.535 83	26.86
平均值	9.689 4	1.308 20	13.67	9.757 5	2.556 70	26.30

8 年生时,日 3×兴 2 以及日 5×长 78-3 家系的树高和胸径均存在较高的遗传变异,13 年生时兴 7×日 77-2、兴 6×和 6 的树高和胸径均存在较高的遗传变异。家系日 3×兴 2 在 5 年、8 年、13 年生时树高均存在较高的遗传变异,家系兴 12×兴 2、兴 7×日 77-2 在 8 年、13 年生时胸径都具有较高的遗传变异系数,应注重对以上家系内优良单株的选择、收集及保存。

2.2 杂种落叶松优良家系选择

对 5 年、8 年和 13 年生时的 22 个处理的树高、胸径的测量值分别进行方差分析,结果表明,家系间差异显著性均已达到了极显著水平(表 4、5、6),说明通过选择优良家系对落叶松生长性状进行遗传改良是科学合理的。

表 4 5 年生树高方差分析

源	Ⅲ型平方和	df	均方	F	Sig.
家系	17.206	21	0.819	6.847	0
区组	1.215	2	0.608	5.078	0.006
家系×区组	12.332	42	0.294	2.454	0
误差	150.537	1 258	0.120		
总计	1 787.371	1 324			

表 5 8 年生树高、胸径方差分析

源	Ⅲ型平方和	df	均方	F	Sig.
家系	44.25	21	2.107	6.121	0
区组	3.54	2	1.770	5.142	0.006
树高 家系×区组	116.091	42	2.764	8.029	0
误差	297.082	863	0.344		
总计	13 742.744	929			
家系	89.435	21	4.259	3.591	0
区组	12.020	2	6.010	5.067	0.006
家系×区组	290.512	42	6.917	5.832	0
胸径 误差	1 023.484	863	1.186		
总计	15 175.209	929			

表 6 13 年生树高、胸径方差分析

源	Ⅲ型平方和	df	均方	F	Sig.
家系	682.056	21	32.479	5.507	0
区组	291.048	2	145.524	24.673	0
树高 家系×区组	695.347	41	16.960	2.875	0
误差	9 507.786	1 612	5.898		
总计	168 646.840	1 677			
家系	297.989	21	14.190	10.312	0
区组	223.514	2	111.757	81.216	0
胸径 家系×区组	496.365	41	12.106	8.798	0
误差	2 218.174	1 612	1.376		
总计	160 376.59	1 677			

对 22 个家系在 5 年生、8 年生、13 年生时的树高胸径分别多重比较的结果显示:5 年生时,树高生长较快的家系为日 5×长 78-3,日 5×兴 9,兴 7×日 77-2,分别超出平均值 19.47%,13.52%,12.94%,超出生产对照 35.91%,29.13%,28.47%;树高生长较慢的处理为白刀山、小北湖、长 73-4,分别低于平均值 22.72%,19.49%,16.00%,低于对照 12.09%,8.42%,4.44%。

8年生时,日5×兴9、兴6×和6、兴10×日13家系等树高生长较快,分别超过平均值9.60%,9.28%,5.81%,超过对照22.15%,21.79%,17.92%;日3×兴9、日11×兴2、兴7×日77-2家系等树高生长较慢,分别低于生产对照1.77%,高于生产对照5.24%,5.65%,分别低于平均值11.86%,5.58%,5.20%;日5×兴9、日3×石51、兴6×和6家系等胸径生长较快,分别超出平均值13.45%,12.11%,12.07%,超出生产对照43.55%,41.85%,41.81%;胸径生长较慢的处理为日3×兴9、日5×长77-3、兴7×日77-2,分别低于平均值12.98%,10.19%,6.99%,高于生产对照10.11%,13.63%,17.69%。

13年生时树高生长较快家系为兴5×兴9、日5×长77-3、长73-18,分别高于平均值10.46%、9.05%、

5.35%, 分别高于生产对照 7.02%, 5.65%, 2.07%; 生长较慢的处理为乌伊岭、小北湖、白刀山, 分别低于平均值 11.06%, 7.21%, 5.85%, 低于生产对照 13.83%, 10.11%, 8.78%。胸径生长较快为兴 5×兴 9、兴 12×兴 2、日 5×长 78-3 家系等, 分别高于平均值 15.72%, 13.94%, 10.38%, 高于生产对照 23.96%, 22.05%, 18.24%。胸径生长较慢的处理为乌伊岭、小北湖、白刀山, 分别低于平均值 17.38%, 16.79%, 9.87%, 低于生产对照 11.50%, 10.87%, 3.45%。

13 年生时 22 个处理材积多重比较结果显示:兴 5×兴 9、兴 12×兴 2、日 5×长 78-3、日 5×长 77-3 这 4 个家系材积生长较快,均值为 0.056 m³,超出平均值 30.74%,超出生产对照 55.92%。小北湖、乌伊岭、日 3×石 51 等处理生长较慢,均值为 0.032 7 m³。

兴5×兴9、兴12×兴2、日5×长78-3、日5×长77-3这4个家系在13年生时材积和胸径均较快,但家系兴12×兴2在13年生时树高表现不够突出,且在5年生,8年生时表现一般,应继续观察,因此以13年生时材积为依据同时参考5年生、8年生、13年生时树高为参考,选出兴5×兴9、日5×长78-3、日5×长77-3这3个家系为优良家系,入选率为15%。

表 7 13 年生杂种落叶松树高多重比较

[illegible]

3 结论

本文研究了杂种落叶松 22 个处理(含对照)的生长变异,结果显示:22 个处理在 5 年生、8 年生和 13 年生时,树高和胸径均有丰富的遗传变异。5 年生的树高遗传变异系数在 24.61%—37.69%,胸径的遗传变异系数在 17.91%—61.41%;8 年生时树高的遗传变异系数在 14.07%—24.46%,胸径的遗传变异系数在 23.56%—39.59%;13 年生时树高的遗传变异系数在 6.57%—19.89%,胸径的遗传变异系数在 18.76%—34.86%。整体上,胸径遗传变异系数大于树高,且树高和胸径遗传变异系数都随时间呈现出由大到小的规律,但同一家系在不同龄期的整体变异水平变化较大,因此对变异系数较大的家系可较早进行家系内选择以获取优良单株,然而优树的性状表现是遗传因素和环境因素共同决定的,应当对所选择的优良单株进一步进行严谨的子代测定以排除环境影响。由于较短龄期时家系内遗传变异系数较大,且早期表现较好的家系在后期生长过程中性状表现可能会有退步,因此对优良家系的选择不宜过早。

对 22 个处理的方差分析结果表明:不同家系间的差异显著性均达到了极显著水平。13 年生时,家系兴 5×兴 9、日 5×长 78-3、日 5×长 77-3 平均树高分别超过乌伊岭种源、小北湖种源、白刀山种源 21.46%,16.42%,14.73%;平均胸径分别超过乌伊岭种源、小北湖种源、白刀山种源 35.54%,34.58%,24.24%。相对于小北湖种源、乌伊岭种源、白刀山种源,家系兴 5×兴 9、日 5×长 78-3、日 5×长 77-3 在 13 年生时平均可分别增产 107.03%,107.03%,71.14%,证明落叶松具有极其明显的杂种优势,因此通过杂交育种并进行家系选择可选择出速生优

质杂种落叶松优良家系。应当注意的是,通过对变异系数和多重比较结果对比发现,家系日 3×兴 2 及兴 7×日 77-2 分别有较高的树高和胸径变异系数,但在多重比较中表现居中,说明家系内可能存在优良单株且具有较大空间进行遗传改良,在进一步的研究中应当注重这 2 个家系内优良单株选择。本研究对落叶松杂交育种及家系选择的科学性进行了实践论证,并对实际生产中杂种落叶松优良家系的推广及应用提供了科学依据和理论基础;由于不同地点立地条件的差异对落叶松生长性状有较大影响,因此进一步杂种落叶松优良家系的大范围推广还需进一步深入研究,在多个地点进行试验对比;并且对试验林生长性状继续跟踪调查,观察不同家系后期生长情况,并对不同家系的生长节律和生长性状的稳定性进行进一步分析。

参考文献:

- [1] 王 战. 中国落叶松林[M].北京:中国林业出版社,1992.
- [2] 罗云建,张小全,王效科,等. 华北落叶松人工林生物量及其分配模式[J].北京林业大学学报,2009,31(1):13-18.
- [3] 国家林业局森林资源管理司.第七次全国森林资源清查及森林资源状况[J].林业资源管理,2010(1):1-8.
- [4] 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.
- [5] 邓继峰,张含国,张 磊,等.17 年生杂种落叶松遗传变异及优良家系选择[J].东北林业大学学报,2010,38(1):8-11.
- [6] 李艳霞,李若林,周显昌,等.杂种落叶松优良家系及优良单株的选择[J].林业科技,2009,34(1):5-7.
- [7] 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.
- [8] 王 滨. 走进“北国粮都”富锦[J].黑龙江粮食,2016(10):44-47.
- [9] 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.