

网络出版时间:2012-07-18 09:48

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20120718.0948.001.html>

杜仲杂交子代苗期表型性状的遗传分析

魏永成, 李周岐, 李煜, 常立

(西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘要] **【目的】**研究 2 年生杜仲杂交子代苗期表型性状的变异情况,以揭示杜仲重要性状的遗传参数。**【方法】**以 10 个杜仲优良品种(或无性系)为亲本,按照析因交配设计进行控制授粉,根据 2 年生杜仲杂种苗的苗期表型性状测定结果,估算苗高、地径、叶面积、叶长、叶宽、叶长宽比、叶脉数目和叶柄长度的遗传参数。**【结果】**杜仲杂交子代苗高、地径、叶面积、叶长等性状在各家系间和家系内存在极显著差异;一般配合力效应在同一亲本不同性状间及同一性状不同亲本间存在明显差异,母本“小叶”各性状的一般配合力效应相对较大;不同家系各性状的特殊配合力差异显著,21 号家系(“华仲 2 号×秦仲 1 号”)苗高和地径的特殊配合力效应值最大,1 号家系(“小叶×秦仲 1 号”)叶面积和叶长的特殊配合力效应值最大;各性状的广义遗传力都较高,均在 50% 以上。**【结论】**杜仲杂交子代的苗期表型性状差异显著,可以进行家系间和家系内的初步选择,1 号、2 号、9 号、21 号和 25 号家系各性状的特殊配合力相对较高,可用于进一步杂交选育杜仲良种。

[关键词] 杜仲;一般配合力;特殊配合力;遗传力

[中图分类号] S718.46

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2012)08-0137-07

Genetic analysis of morphological traits of *Eucommia ulmoides* Oliver's hybrid offspring

WEI Yong-cheng, LI Zhou-qi, LI Yu, CHANG Li

(College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: **【Objective】**The experiment was conducted to study the variations of morphological traits of *Eucommia ulmoides* Oliver's hybrid offspring, to reveal the genetic parameters of the important traits of *E. ulmoides* Oliver. **【Method】**A factorial cross with ten parents of *E. ulmoides* Oliver was conducted. Morphological traits in the second year were measured and genetic parameters were estimated, which included the height of seedling, ground line diameter, leaf area, length of leaf, width of leaf, ratio of leaf length/leaf width, number of leaf vein and length of leafstalk. **【Result】**The results revealed that hybrid offsprings have significant difference among and within families in height of seedling, ground line diameter, leaf area, length of leaf, and so on. There is also significant difference among the right traits in the same parent and among different parents in the same traits. Female parent Xiaoye has higher general combining ability than the others. And the specific combining ability is significantly different among rights of families. Family 21, Huazhong 2×Qinzhong 1, has the highest specific combining ability in height of seedling and ground line diameter, while the family 1, Xiaoye×Qinzhong 1, has the highest special combining ability in leaf area and length of leaf. All traits studied have high broad-sense heritability(above 50%). **【Conclusion】**

* [收稿日期] 2012-01-13

[基金项目] 陕西省科技攻关项目(2009K19-07(2));西安市科技计划项目(NC08009)

[作者简介] 魏永成(1988—),男,山东济宁人,在读硕士,主要从事林木遗传育种研究。E-mail: yongcheng369@163.com

[通信作者] 李周岐(1962—),男,陕西凤翔人,教授,博士生导师,主要从事林木遗传育种研究。E-mail: Lzhouqi@yahoo.com.cn

Hybrid offsprings have significant difference,so primary selection of seedling among and within the families is significant. Family 1,2,9,21 and 25 can be used for breeding in *E. ulmoides* Oliver because of their higher SCA in eight traits.

Key words:*Eucommia ulmoides* Oliver;general combining ability;specific combining ability;heritability

杜仲(*Eucommia ulmoides* Oliver)是我国特有的贵重中药材和工业提胶原料树种^[1]。随着人们对杜仲利用价值的进一步挖掘,杜仲良种选育已经成为当前国内外普遍关注的热点。传统的无性系选育在杜仲遗传改良中已取得一些成果^[2-4],杂交育种作为一种重要的育种手段在杜仲遗传改良方面的应用并不多,仅有李煜^[5]初步建立了有性杂交群体,但是由于杂交组合少,群体小,不能很好地解释主要性状的遗传变异规律。为此,本研究以 10 个杜仲优良品种或无性系为亲本,按照析因交配设计进行控制授粉,根据 2 年生杜仲杂种苗的苗期表型性状测定结果,对各遗传参数进行了估算^[6-8],以期对杜仲优良品种的选育提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于陕西杨凌西北农林科技大学林学院

表 1 供试杜仲优良品种(无性系)的 5×5 析因交配设计
Table 1 5×5 factorial cross design for excellent breeding in *E. ulmoides* Oliver

母本 Female	父本 Male				
	秦仲 1 号 Qinzhong 1	秦仲 2 号 Qinzhong 2	洛超 3 号 Luochao 3	紫叶 Ziye	龙拐 Longguai
小叶 Xiaoye	1 号 No. 1	2 号 No. 2	3 号 No. 3	4 号 No. 4	5 号 No. 5
大叶 Daye	6 号 No. 6	7 号 No. 7	8 号 No. 8	9 号 No. 9	10 号 No. 10
大果 Daguo	11 号 No. 11	12 号 No. 12	13 号 No. 13	14 号 No. 14	15 号 No. 15
闫雌 Yanci	16 号 No. 16	17 号 No. 17	18 号 No. 18	19 号 No. 19	20 号 No. 20
华仲 2 号 Huazhong 2	21 号 No. 21	22 号 No. 22	23 号 No. 23	24 号 No. 24	25 号 No. 25

注:共获得 24 个家系的杂种苗,其中 20 号家系“闫雌×龙拐”未获得杂种苗。
Note:Hybrid seedlings survived in 24 families except 20th(Yanci×Longguai).

1.3 方 法

2011-04 对移栽的杜仲苗进行平茬,10 月生长停止后测定 2 年生杜仲杂种苗的生长性状和叶片性状。用直尺和游标卡尺测量小区内杜仲杂种苗的苗高(*H*,cm)和地径(*D*,mm);并摘取自顶端起第 6~8 片生长良好的叶片,利用 Yaxin-1241 便携式叶面积仪测量叶面积(*S*,mm²)、叶长(*LL*,mm)和叶宽(*WL*,mm),计算长宽比(*LL/WL*);用游标卡尺测量叶柄长度(*LP*,mm),算出叶脉数目(*NL*)。

采用 SPSS 和 EXCEL 软件对获得的试验数据进行处理(以小区平均数为单位),利用 *t* 检验法进

苗圃,海拔 403.2~530.1 m,年均温 12.9℃,年日照 2 196 h,年均降水量 660 mm,四季分明,土层深厚,地下水深度 17 m 左右,适宜杜仲栽植^[5]。

1.2 材 料

以河南灵宝天地科技有限公司提供的 8 个杜仲优良品种或无性系(“小叶”、“大叶”、“大果”、“闫雌”、“华仲 2 号”、“洛超 3 号”、“紫叶”、“龙拐”)及西北农林科技大学选育的 2 个杜仲优良品种(“秦仲 1 号”、“秦仲 2 号”)作为杂交亲本。其中,“小叶”、“大叶”、“大果”、“闫雌”和“华仲 2 号”为母本,“洛超 3 号”、“紫叶”、“龙拐”、“秦仲 1 号”和“秦仲 2 号”为父本,采用析因交配设计组成 25 个组合(表 1)。于 2009-03 进行控制授粉,10 月采集种子,4℃下贮藏;2010-03 下旬用 700 g/L 赤霉素处理种子,营养杯内播种育苗;7 月移栽,采用完全随机区组设计,10 株小区,3 次重复,株行距 10 cm×10 cm。

Table 1 5×5 factorial cross design for excellent breeding in *E. ulmoides* Oliver

母本 Female	父本 Male				
	秦仲 1 号 Qinzhong 1	秦仲 2 号 Qinzhong 2	洛超 3 号 Luochao 3	紫叶 Ziye	龙拐 Longguai
小叶 Xiaoye	1 号 No. 1	2 号 No. 2	3 号 No. 3	4 号 No. 4	5 号 No. 5
大叶 Daye	6 号 No. 6	7 号 No. 7	8 号 No. 8	9 号 No. 9	10 号 No. 10
大果 Daguo	11 号 No. 11	12 号 No. 12	13 号 No. 13	14 号 No. 14	15 号 No. 15
闫雌 Yanci	16 号 No. 16	17 号 No. 17	18 号 No. 18	19 号 No. 19	20 号 No. 20
华仲 2 号 Huazhong 2	21 号 No. 21	22 号 No. 22	23 号 No. 23	24 号 No. 24	25 号 No. 25

行家系间的多重比较,并进行配合力分析及遗传参数估算。

配合力分析利用以下统计模型:

$$y_{ijk}=\mu+g_i+g_j+s_{ij}+b_k+e_{ijk}。$$

式中: y_{ijk} 是第 k 个重复中第 i 和第 j 个亲本的观测值, μ 是总体平均, g_i 和 g_j 是第 i 和第 j 个亲本的一般配合力效应(GCA), s_{ij} 是第 i 和第 j 个亲本的特殊配合力效应(SCA), b_k 是第 k 个重复的效应, e_{ijk} 是误差。

遗传参数的估计:

$$\text{广义遗传力 } H^2=\sigma_g^2/(\sigma_g^2+\sigma_e^2),$$

狭义遗传力 $h^2=(\sigma_{g_i}^2+\sigma_{k_i}^2)/(\sigma_g^2+\sigma_e^2)$ 。
式中: σ_g^2 是总的遗传变量, σ_e^2 是环境变量, $\sigma_{g_i}^2$ 是母本方差分量, $\sigma_{k_i}^2$ 是父本方差分量。

2 结果与分析

2.1 杜仲杂交子代家系间及家系内各性状的差异性
表2列出了2年生杜仲杂种苗各家系在8个性

状上的差异,表明在各性状上家系间存在极显著差异,具有较大的选择潜力。苗高(H)、地径(D)、叶面积(S)、叶长(LL)、叶宽(WL)、叶长宽比(LL/WL)、叶脉数目(NL)、叶柄长度(LP)的平均变异系数分别为27.43%,18.59%,33.78%,18.25%,18.85%,11.60%,12.70%和19.64%,说明家系内也存在较大变异,有必要进行家系内选择。

表2 2年生杜仲杂交子代各性状在家系间与家系内的变异

Table 2 Variation of hybrid offspring traits among and within families of <i>E. ulmoides</i> Oliver												
家系 Family	H			D			S			LL		
	均值/cm Average	t-test	CV/%	均值/mm Average	t-test	CV/%	均值/mm ² Average	t-test	CV/%	均值/mm Average	t-test	CV/%
1	141	G	25.75	12.50	E	21.76	9 505	EFGH	32.51	161	JK	20.06
2	134	FG	22.46	12.17	DE	18.00	8 933	CDEFG	29.41	153	GHIJ	15.84
3	120	CDEF	29.18	11.44	CDE	25.17	8 992	DEFG	28.12	158	IJ	14.60
4	120	DEF	26.52	10.91	CD	18.59	7 708	BC	29.64	142	CDEFG	16.26
5	120	CDEF	23.76	11.55	CDE	19.01	7 805	BCD	36.24	150	FGHI	18.51
6	113	BCDEF	31.12	10.88	CD	17.37	7 843	BCD	36.79	136	CD	19.96
7	92	AB	31.39	10.04	BC	18.96	8 824	BCDEF	44.97	139	CDEF	23.16
8	101	ABCD	27.72	10.76	CD	19.66	10 256	H	27.83	155	HIJ	14.59
9	112	BCDE	25.93	10.72	CD	16.36	8 045	BCD	26.39	136	CD	14.10
10	97	AB	30.68	10.88	CD	19.35	8 728	BCDEF	36.77	149	FGHI	19.59
11	98	ABC	27.98	8.46	A	6.92	6 061	A	30.91	118	A	17.95
12	111	ABCDE	38.34	11.09	CDE	25.53	9 367	EFGH	42.25	147	DEFGH	23.08
13	113	BCDEF	21.34	11.33	CDE	11.36	9 923	FGH	29.48	148	EFGHI	15.04
14	109	ABCDE	29.91	11.56	CDE	18.80	9 607	FGH	27.37	145	DEFGH	16.07
15	111	ABCDE	18.01	11.04	CDE	18.46	9 650	FGH	34.34	155	HIJ	19.43
16	122	DEF	24.98	11.03	CDE	17.42	7 927	BCD	30.00	136	CD	15.61
17	114	BCDEF	23.43	10.77	CD	17.43	9 417	EFGH	32.49	145	DEFGH	17.43
18	101	ABCD	33.69	10.00	BC	21.58	8 336	BCDE	41.93	138	CDE	21.33
19	113	BCDEF	27.27	10.88	CD	18.29	7 672	B	39.45	133	BC	20.41
21	130	EFG	28.13	11.87	DE	15.77	8 978	DEFG	35.88	142	CDEFG	19.91
22	114	BCDEF	24.97	11.26	CDE	19.17	9 459	EFGH	32.19	143	CDEFG	17.13
23	108	ABCD	29.07	10.79	CD	19.12	9 961	FGH	35.14	156	HIJ	19.05
24	90	A	32.02	9.12	AB	22.50	6 282	A	38.51	125	AB	21.21
25	104	ABCD	24.76	10.69	CD	19.49	10 170	GH	32.06	169	K	17.64

家系 Family	WL			LL/WL			NL			LP		
	均值/mm Average	t-test	CV/%	均值 Average	t-test	CV/%	均值 Average	t-test	CV/%	均值/mm Average	t-test	CV/%
1	78	DEFGH	18.26	2.07	GH	11.62	14	I	13.91	17	EFG	21.62
2	75	CDEF	14.84	2.04	GH	11.75	13	BCDE	12.09	18	FG	16.52
3	75	CDEF	16.42	2.13	H	12.34	14	HI	12.63	18	FG	16.71
4	70	ABC	16.37	2.03	G	12.55	13	FGHI	11.99	17	DEF	18.09
5	67	AB	20.55	2.25	I	11.63	12	BC	12.11	14	A	20.17
6	74	CDE	19.69	1.84	CDE	13.05	13	BCD	14.79	16	CDE	22.26
7	80	EFGHI	26.09	1.76	ABC	12.18	12	AB	12.46	16	CDE	20.87
8	87	J	16.96	1.79	ABCD	11.70	13	CDEFG	12.68	17	EFG	18.50
9	76	CDEFG	15.46	1.80	BCD	12.81	12	BC	13.31	16	CDE	20.35
10	77	DEFG	21.19	1.95	F	11.77	12	BC	11.00	14	AB	15.77
11	66	A	18.01	1.80	BCD	9.95	14	GHI	10.40	14	A	17.13
12	85	IJ	27.11	1.76	ABC	9.30	14	GHI	15.23	15	BCD	25.45
13	86	IJ	16.66	1.74	AB	12.04	13	CDEFG	13.37	17	EF	16.91
14	86	IJ	14.52	1.70	A	9.96	13	FGHI	11.19	15	ABC	11.21
15	81	FGHI	16.97	1.93	EF	12.17	13	EFGHI	13.12	15	ABC	15.37
16	75	CDEF	16.30	1.83	BCD	10.34	13	BCD	11.33	17	EFG	22.50

续表 2 Continued table 2

家系 Family	WL			LL/WL			NL			LP		
	均值/mm Average	<i>t</i> -test	CV/%	均值 Average	<i>t</i> -test	CV/%	均值 Average	<i>t</i> -test	CV/%	均值/mm Average	<i>t</i> -test	CV/%
17	82	GHIJ	17.85	1.78	ABCD	9.54	13	DEFGH	14.24	17	EFG	22.63
18	76	CDEFG	24.35	1.84	CD	12.90	13	BCDE	12.30	17	EF	21.22
19	72	BCD	20.68	1.86	DE	9.83	13	BCDE	12.94	17	EFG	20.68
21	81	FGHI	19.82	1.78	ABCD	13.56	12	AB	14.18	17	EFG	22.61
22	83	HIJ	18.90	1.74	AB	12.11	12	A	11.61	17	EFG	19.43
23	84	HIJ	18.62	1.87	DEF	11.69	12	BC	12.37	18	G	24.37
24	65	A	19.55	1.93	EF	11.43	12	A	13.29	14	AB	20.17
25	81	FGHI	17.23	2.12	GH	12.22	13	BCDEF	12.31	15	BCD	20.85

注:“*t*-test”一列下标相同字母表示差异不显著,标不同字母表示差异显著($P<0.05$)。
Note:The same words showed indistinctive difference and different words showed significant difference($P<0.05$) in “*t*-test” column.

2.2 杜仲杂交子代各性状的方差分量及配合力效应估计

由表 3 可知,杜仲杂种苗生长性状和叶片性状在组合间的差异均达到极显著水平,说明不同家系所测 8 个性状存在真实的遗传差异。母本的苗高和叶面积方差均达到显著水平,而其他性状差异均不显著,表明母本对子代苗高和叶面积影响更为显著;父本的叶柄长度方差达到显著水平,而其他性状差异均不显著,表明父本对子代叶柄长度影响更为显著;母本×父本在地径上的方差达到极显著水平,而其他性状方差均不显著,表明母本×父本互作对地径的影响更重要^[6]。

对 10 个亲本估算一般配合力效应值,结果见表 4。

表 3 杜仲杂交子代各性状的方差分析结果

Table 3 Variance analysis of of hybrid offspring traits of *E. ulmoides* Oliver

变异来源 Source of variation	区组 Area groups	家系 Families	母本 Female	父本 Male	母本×父本 Female×Male	误差 Error
<i>H</i>	df	2	23	4	16	48
	M. S.	361.9	475.76**	414.68*	133.88	0.068
<i>D</i>	df	2	23	4	16	48
	M. S.	0.68	2.70**	4.05	4.46	1.61**
<i>S</i>	df	2	23	4	16	48
	M. S.	430 719	381 846.16**	14 140 828.62*	13 110 784	12 378 883
<i>LL</i>	df	2	23	4	16	48
	M. S.	36.07	380.93**	324.34	681.97	164.43
<i>WL</i>	df	2	23	4	16	48
	M. S.	9.63	835.90**	972.41	1 022.87	755.02
<i>LL/WL</i>	df	2	23	4	16	48
	M. S.	0.000 7	0.062 2**	0.19	0.078	0.005 9
<i>NL</i>	df	2	23	4	16	48
	M. S.	0.025	20.77**	24.54	21.48	19.56
<i>LP</i>	df	2	23	4	16	48
	M. S.	1.18	36.74**	22.35	78.04*	30.01

注:标**表示 $P=0.01$ 的显著水平,标*表示 $P=0.05$ 的显著水平。下表同。
Note:** represent the $P=0.01$ significant level,* represent the $P=0.05$ significant level. The same as below.

表 4 供试杜仲亲本的一般配合力效应值

Table 4 Estimated values of GCA of each parent of *E. ulmoides* Oliver

性状 Trait	小叶 Xiaoye	大叶 Daye	大果 Daguo	闫雌 Yanci	华仲 2 号 Huazhong 2	秦仲 1 号 Qinzhong 1	秦仲 2 号 Qinzhong 2	洛超 3 号 Luochao 3	紫叶 Ziye	龙拐 Longguai
<i>H</i>	13.48	−7.99	−3.82	0.52	−2.09	7.60	1.00	−3.08	−2.63	−3.60
<i>D</i>	9.28	−5.56	−0.40	−0.36	−3.04	1.24	2.52	−0.36	−4.35	1.20
<i>S</i>	−1.56	0.16	2.25	−4.58	2.81	−7.59	5.33	8.81	−9.88	4.16
<i>LL</i>	5.47	−1.46	−1.59	−4.81	1.85	−4.35	0.34	4.09	−6.05	7.47
<i>WL</i>	−3.91	1.28	2.70	−1.22	0.90	−3.65	4.40	5.22	−4.75	−1.52
<i>LL/WL</i>	11.45	−3.18	−5.54	−3.32	−0.07	−1.30	−3.81	−0.86	−1.36	9.16
<i>NL</i>	3.30	−2.11	4.34	−0.55	−5.09	0.85	−0.84	1.38	−0.80	−0.74
<i>LP</i>	2.27	−2.17	−6.25	5.14	2.04	0.83	3.11	6.90	−2.49	−10.44

由表 4 可知,一般配合力效应在同一亲本不同性状间及同一性状不同亲本间存在明显差异,表明这些亲本的遗传特性均存在差别,即加性效应大小是不同的^[7]。母本“小叶”以及父本“秦仲 2 号”、“洛超 3 号”表现出较多的正值,尤以母本“小叶”的一般配合力效应最大。其中母本“小叶”的苗高、地径一般配合力效应均最大,因此,母本“小叶”是育种值较高的亲本,可以在今后杂交育种中使用。

对 24 个家系各性状的特殊配合力效应进行分析^[8-9],结果(表 5)表明,不同家系在各个性状上的差别较大,苗高、地径、叶面积、叶长、叶宽、叶长宽比、叶脉数目、叶柄长度的特殊配合力效应值变幅分别为-18.30~11.11,-19.54~13.50,-25.19~18.09,-12.42~10.09,-15.01~11.10,-4.31~3.56,-5.55~5.18 和 -10.88~7.91。

由表 5 还可知,21 号家系(“华仲 2 号”×“秦仲 1 号”)在苗高和地径上具有最大特殊配合力效应值 11.11 和 13.50;其次为 9 号家系(“大叶”×“紫

叶”),特殊配合力效应值分别为 10.73 和 6.49。1 号家系(“小叶”×“秦仲 1 号”)在叶面积和叶长上具有最大特殊配合力效应值 18.09 和 10.09;其次为 14 号家系(“大果”×“紫叶”),特殊配合力效应值分别为 17.73 和 7.69。14 号家系(“大果”×“紫叶”)在叶宽上具有最大特殊配合力效应值 11.10;其次为 1 号家系(“小叶”×“秦仲 1 号”),特殊配合力效应值为 9.70。24 号家系(“华仲 2 号”×“紫叶”)在叶长宽比上具有最大特殊配合力效应值 3.56;其次为 19 号家系(“闫雌”×“紫叶”),特殊配合力效应值为 3.04。25 号家系(“华仲 2 号”×“龙拐”)在叶脉数目上具有最大特殊配合力效应值 5.18,其次为 1 号家系(“小叶”×“秦仲 1 号”),特殊配合力效应值为 4.29。15 号家系(“大果”×“龙拐”)在叶柄长度上具有最大特殊配合力效应值 7.91,其次为 2 号家系(“小叶”×“秦仲 2 号”),特殊配合力效应值为 4.63。特殊配合力效应值越高,杂种优势越明显,可以为下一步的优良家系筛选提供依据。

表 5 杜仲不同家系各性状的特殊配合力效应值

Table 5 Estimated values of SCA in eight traits of the cross of <i>E. ulmoides</i> Oliver								
家系 Family	<i>H</i>	<i>D</i>	<i>S</i>	<i>LL</i>	<i>WL</i>	<i>LL/WL</i>	<i>NL</i>	<i>LP</i>
1	5.33	4.69	18.09	10.09	9.70	-0.43	4.29	2.32
2	5.39	6.04	-1.38	-0.28	-1.86	0.63	-3.54	4.63
3	-3.67	-4.17	-4.19	-0.39	-2.73	1.95	3.07	-0.20
4	-3.34	-3.30	-0.21	-1.50	1.11	-2.45	1.88	2.15
5	-2.99	-3.50	-13.15	-9.41	-5.91	-1.54	-5.55	-6.82
6	1.19	-0.19	-2.68	-0.50	-2.42	2.14	-0.96	0.12
7	-10.80	-8.91	-4.36	-2.74	-2.74	0.10	-0.99	-2.22
8	1.69	3.51	8.57	4.02	5.21	-1.07	2.32	1.04
9	10.73	6.49	1.93	0.99	1.32	-0.41	-0.08	3.33
10	-2.09	-1.14	-4.29	-3.26	-1.07	-2.60	-0.14	-0.18
11	-18.30	-19.54	-25.19	-12.42	-15.01	1.94	0.31	-8.55
12	2.09	0.04	-0.23	2.43	0.76	2.35	2.78	-2.12
13	6.79	6.08	2.67	-0.23	1.86	-1.52	-3.64	3.05
14	3.69	5.83	17.73	7.69	11.10	-3.08	0.62	1.80
15	6.44	7.36	4.19	1.03	1.59	-1.52	0.08	7.91
16	0.58	1.61	3.02	2.91	1.93	1.33	-2.87	0.69
17	0.00	1.12	6.61	4.53	2.70	1.52	4.20	-3.10
18	-6.51	-7.58	-8.69	-4.22	-5.30	1.44	-2.10	-8.51
19	3.06	5.81	2.39	2.76	-0.55	3.04	0.18	2.58
21	11.11	13.50	7.68	0.88	6.16	-4.31	-0.66	4.39
22	3.21	1.78	0.27	-2.98	1.49	-3.95	-2.34	1.78
23	1.59	2.24	2.55	1.79	1.31	-0.14	0.45	3.59
24	-14.23	-14.75	-20.92	-8.98	-12.63	3.56	-2.48	-10.88
25	-0.95	-3.01	9.59	7.79	3.98	3.00	5.18	3.21
最小值 Minimum value	-18.30	-19.54	-25.19	-12.42	-15.01	-4.31	-5.55	-10.88
最大值 Maximum value	11.11	13.50	18.09	10.09	11.10	3.56	5.18	7.91
标准差 Standard deviation	7.11	7.38	10.1	5.35	5.88	2.28	2.74	4.07

2.3 杜仲杂交子代各性状遗传力的估算

遗传力是表型变异受遗传因素影响的比例^[10]。

从表 6 可以看出,杜仲杂种苗在 2 年生时各性状的广义遗传力(H^2)较高,均在 50%以上。该群体各性

状的遗传潜力较大,从中进行选择不但是可行的,而且能够获得较大的遗传增益^[11]。

表 6 杜仲杂交子代各性状的遗传力

Table 6 Heritability of hybrid offspring traits in <i>E. ulmoides</i> Oliver		
性状 Trait	H^2	h^2
<i>H</i>	88.88	16.33
<i>D</i>	75.18	9.21
<i>S</i>	73.63	3.19
<i>LL</i>	61.08	28.56
<i>WL</i>	89.00	10.55
<i>LL/WL</i>	50.96	9.06
<i>NL</i>	96.60	6.26
<i>LP</i>	89.61	19.74

2.4 杜仲杂交子代各性状之间的相关性

林木表型性状间的相关系数反映了性状间的相关程度,它可为林木遗传育种方案和改良策略的制

定提供理论参考^[12]。对 2 年生杜仲杂种苗各性状进行相关分析,结果(表 7)表明,苗高与地径、叶柄长度间存在极显著正相关,相关系数分别为 0.893 4 和 0.506 8,而与其他性状的相关性不显著,说明苗高与地径、叶柄长密切相关。地径与叶面积、叶长存在极显著正相关,相关系数分别为 0.525 6 和 0.593 7,而与叶宽、叶长宽比、叶脉数目和叶柄长度的相关性不显著。在叶片性状方面,叶面积与叶长、叶宽相互之间存在极显著正相关,而叶长宽比与叶面积、叶宽、叶柄长度三者存在负相关。

因此,如果选择生长量高的优良无性系,可以根据苗高和地径联合选择;如果选择叶片产量高的优良无性系,根据叶面积、叶长和叶宽三者联合选择,可以取得较好的选择效果。

表 7 杜仲杂交子代各性状之间的相关系数

Table 7 Correlation coefficients between hybrid offspring traits of <i>E. ulmoides</i> Oliver								
性状 Trait	<i>H</i>	<i>D</i>	<i>S</i>	<i>LL</i>	<i>WL</i>	<i>LL/WL</i>	<i>NL</i>	<i>LP</i>
<i>H</i>	1							
<i>D</i>	0.893 4**	1						
<i>S</i>	0.222 5	0.525 6**	1					
<i>LL</i>	0.372 5	0.593 7**	0.826 9**	1				
<i>WL</i>	0.043 0	0.334 9	0.909 2**	0.529 9**	1			
<i>LL/WL</i>	0.336 0	0.272 7	−0.088 8	0.478 8	−0.485 8	1		
<i>NL</i>	0.272 8	0.303 8	0.211 0	0.305 0	0.141 4	0.147 5	1	
<i>LP</i>	0.506 8**	0.477 4	0.420 9	0.268 0	0.394 9	−0.147 9	0.005 6	1

3 结论与讨论

本试验测定了 2 年生杜仲杂种苗的 8 个表型性状并进行了遗传参数的估算,目的是为了研究杜仲杂交子代的遗传规律,为优良无性系的选育创造条件^[13]。杜仲杂交子代的苗高、地径、叶面积、叶长等在家系间和家系内均存在极显著差异,可以进行家系间和家系内的初步选择,从而为进一步遗传改良提供种质材料^[14]。在同一亲本不同性状间及同一性状不同亲本间,一般配合力效应存在明显差异,表明这些亲本的遗传特性均存在差异。不同家系不同性状的特殊配合力效应值差异显著,其中 1 号家系(“小叶”×“秦仲 1 号”)、2 号家系(“小叶”×“秦仲 2 号”)、9 号家系(“大叶”×“紫叶”)、21 号家系(“华仲 2 号”×“秦仲 1 号”)和 25 号家系(“华仲 2 号”×“龙拐”)各性状的特殊配合力相对较高,利用这 5 个组合进行杂交,可获得优良子代。遗传力分析显示,杜仲杂交子代的苗高、地径、叶面积、叶长等均具有较高的广义遗传力,表明亲本基因型对子代有很大

影响。

杜克兵等^[15]对黑杨派杨树杂交子代进行遗传分析发现,苗高、地径具有较高的广义遗传力,且一般配合力和特殊配合力均差异显著,与本研究结果相似,说明在林木遗传改良中,通过苗期选择,可以使杂交子代获得显著的遗传增益。何旭东等^[6]对桉树连续观察并进行遗传分析,用分子标记技术对子代的杂种优势进行预测,这为笔者下一步的研究提供了参考,即可以结合分子标记和连续多年观测数据进行分析,为杜仲杂种优势的研究与利用提供依据。

长期以来,育种工作者都是将 F₁ 代的选择作为育种主体,利用多群体、多世代改良提高杂交育种的预见性和效率^[16]。本研究杂交获得的后代一般配合力和特殊配合力较高,适合在大范围内选择。在以后的工作中,可以进一步扩大群体,进行 F₁ 代的选择。

由于本研究只是基于 2 年生杜仲杂种苗苗期表型性状的调查分析,考虑到早期性状的可靠性问题,因此有关结果还有待进一步观察研究。

[参考文献]

- [1] 张康健,杜仲 [M]. 北京:中国林业出版社,1990:3-4.
Zhang K J. *Eucommia ulmoides* Oliver [M]. China Forestry Press,1990:3-4. (in Chinese)
- [2] 王明麻. 林木遗传育种学 [M]. 北京:中国林业出版社,2001:6-12.
Wang M X. Forest tree genetics and breeding [M]. Beijing: China Forestry Press,2001:6-12. (in Chinese)
- [3] 张博勇,张康健,张 檀,等. 秦仲 1—4 号优良品种选育研究 [J]. 西北林学院学报,2004,19(3):18-20.
Zhang B Y,Zhang K J,Zhang T,et al. Reaserches on the selection and breeding of superior species of Qinzhong 1—4 [J]. Journal of Northwest Forestry University,2004,19(3):18-20. (in Chinese)
- [4] 杜红岩,张再元,刘本端,等. 华仲 1 号等 5 个杜仲优良无性系的选育 [J]. 西北林学院学报,1994,9(4):27-31.
Du H Y,Zhang Z Y,Liu B D,et al. Selection and breeding of five excellent clones of *Eucommia ulmoides* [J]. Journal of Northwest Forestry University,1994,9(4):27-31. (in Chinese)
- [5] 李 煜. 杜仲有性杂交与遗传作图群体的建立 [D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学,2009.
Li Y. Sexual cross breeding and establishment of mapping population in *Eucommia ulmoides* [D]. Yangling,Shaanxi:Northwest A&F University,2009. (in Chinese)
- [6] 何旭东. 桉树杂种优势及其分子标记辅助选择研究 [D]. 南京:南京林业大学,2010.
He X D. Heterosis on eucalyptus hybrids and molecular marker-assisted selection [D]. Nanjing:Nanjing Forestry University,2010. (in Chinese)
- [7] 李周岐,王章荣. 鹅掌楸属种间杂种苗期生长性状的遗传变异与优良遗传型选择 [J]. 西北林学院学报,2001,16(2):5-9.
Li Z Q,Wang Z R. Variation and selection of interspecific hybrid in *Liriodendron* [J]. Journal of Northwest Forestry University,2001,16(2):5-9. (in Chinese)
- [8] 王 成,滕文华,李开隆,等. 白桦 5×5 双列杂交子代生长性状的遗传效应分析 [J]. 北京林业大学学报,2011,33(3):14-20.
Wang C,Teng W H,Li K L,et al. Analysis of genetic effects on growth traits in a 5×5 diallel cross of *Betula platyphylla* [J]. Journal of Beijing Forestry University,2011,33(3):14-20. (in Chinese)
- [9] 栾启福,姜景民,张建忠,等. 火炬松×加勒比松 F₁ 代生长、树干通直度和基本密度遗传和配合力分析 [J]. 林业科学,2011,47(3):178-183.
Luan Q F,Jiang J M,Zhang J Z,et al. Estimation of heritability and combining ability for growth,stem-straightness and wood density of the F₁ generation of *Pinus taeda*×*P. caribaea* [J]. Forestry Science,2011,47(3):178-183. (in Chinese)
- [10] 李周岐,王章荣. 鹅掌楸属种间杂种苗期生长性状的亲本配合力分析 [J]. 西北林学院学报,2001,16(3):7-10.
Li Z Q,Wang Z R. Combining ability analysis of six parents diallel cross of *Liriodendron* [J]. Journal of Northwest Forestry University,2001,16(3):7-10. (in Chinese)
- [11] 马常耕,周天相,徐金良. 杉木无性系生长的遗传控制和早期选择初探 [J]. 林业科学,2000,396(1):62-69.
Ma C G,Zhou T X,Xu J L. A preliminary study on genetic control of grows traits of Chinese Fir(*Cunninghamia lanceolata* Hook) clones [J]. Forestry Science,2000,396(1):62-69. (in Chinese)
- [12] 李守勇,赵永军,孙明高. 11 个黑杨无性系叶片性状变异研究 [J]. 山东林业科技,2002(2):5-7.
Li S Y,Zhao Y J,Sun M G. Variation research of leaves traits in 11 Black Poplar clones [J]. Shandong Forestry Science and Technology,2002(2):5-7. (in Chinese)
- [13] 周素华,李周岐,李 煜. 杜仲优树自由授粉家系遗传变异及苗期初选 [J]. 西北林学院学报,2010,25(1):57-60.
Zhou S H,Li Z Q,Li Y. Variation of plus tree opening pollinated family of *Eucommia ulmoides* and primary selection of seedling [J]. Journal of Northwest Forestry University,2010,25(1):57-60. (in Chinese)
- [14] 李绍臣,高福玲,姜廷波,等. 白桦幼苗株高和地径的遗传分析 [J]. 农业生物技术学报,2008,16(1):134-137.
Li S C,Gao F L,Jiang T B,et al. Genetic analysis of plant height and diameter at ground level of Silver Birch (*Betula platyphylla*) seedling [J]. Journal of Agricultural Biotechnology,2008,16(1):134-137. (in Chinese)
- [15] 杜克兵,许 林,沈宝仙,等. 黑杨派杨树杂交子代的遗传分析及苗期选择 [J]. 华中农业大学学报,2009,28(5):624-630.
Du K B,Xu L,Shen B X,et al. Genetic analysis and seedling selection of the poplar progenies of Aigeiros section [J]. Journal of Huazhong Agricultural University,2009,28(5):624-630. (in Chinese)
- [16] 栾启福. 几种松树杂交选育及其遗传分析 [D]. 北京:中国林业科学研究院,2010.
Luan Q F. Hybridization of several Pines and their genetical analysis [D]. Beijing:Chinese Academy of Forestry,2010. (in Chinese)