

# 油茶 F1 代苗期叶表型性状遗传多样性研究

王东雪<sup>1</sup>,曾雯珺<sup>1</sup>,江泽鹏<sup>1</sup>,蔡 娅<sup>2</sup>,张乃燕<sup>1\*</sup>

(1. 广西壮族自治区林业科学研究院 广西特色经济林培育与利用重点实验室 广西油茶良种与栽培工程技术研究中心,广西 南宁 530002;  
2. 中南林业科技大学,湖南 长沙 410000)

**摘要:**探索油茶(*Camellia oleifera*)杂交 F1 代叶表型性状的遗传变异特征,为杂交后代早期选择提供依据,以“岑软 24 号×湘林 210”杂交 F1 代的 62 个单株为试验材料,对其叶表型性状多样性进行研究。结果表明:1)14 个性状的变异系数为 2.21%~37.50%,其中叶面积的变异系数最小,仅为 2.21%,而叶片鲜重、干重和饱和鲜重的变异系数均较大,分别为 35.42%、37.50% 和 36.84%;2)各性状均具有较好的连续性正态分布趋势;3)14 个性状在 F1 代的中亲优势率为 -16.60%~44.66%,超亲优势率为 -21.05%~38.06%,其中 10 个性状的中亲优势值为正值,且遗传传递力都超过 100%,叶面积、叶周长、叶长和叶片干物质含量这 4 个性状的超亲优势值为正值;4)91 对相关性分析中有 65 对达到极显著水平,8 对达到显著水平;5)系统聚类将 F1 代的 62 个单株分为 2 个类群、4 个亚类,聚类结果充分反映了各类群的特征。

**关键词:**油茶;F1 代;叶表型性状;杂种优势;遗传多样性

**中图分类号:**S794.4      **文献标志码:**A      **文章编号:**1001-7461(2019)01-0113-06

Genetic Diversity of leaf Phenotypic Traits in F1 Progeny of *Camellia oleifera*

WANG Dong-xue<sup>1</sup>, ZENG Wen-jun<sup>1</sup>, JIANG Ze-peng<sup>1</sup>, CAI Ya<sup>2</sup>, ZHANG Nai-yan<sup>1\*</sup>

(1. *Guangxi Forestry Research Institute, Guangxi Key Laboratory of Special Non-wood Forest Cultivation and Utilization, Improved Variety and Cultivation Engineering Research Center of Oil-tea Camellia in Guangxi, Nanning 530002, Guangxi, China;*  
2. *Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410000, Hunan, China*)

**Abstract:** In order to analyze the characteristics of genetic variation of leaf phenotypic traits of *Camellia oleifera* hybridized F1 generation and provide basis for early selection of hybrid offspring, the diversity of leaf phenotypic traits in 62 individual plants of hybridized F1 generation of “Cen soft 24, Xiang Lin 210” was studied. The results showed that the variation coefficients of 14 traits ranged from 2.21% to 37.50%, and the minimum one was the leaf area, only 2.21%; while the variation coefficients of fresh weight, dry weight and saturated fresh weight of the leaves were 35.42%, 37.50% and 36.84%, respectively. All the traits' variation trend preferably presented continuous normal distribution. The mid-parent heterosis ratio of the F1 generation's 14 traits were from -16.60% to 44.66%, and the suppor-parent heterosis ratio of those ranged from -21.05% to 38.06%. Among them, 10 traits' mid-parent heterosis ratio was positive, and whose inheritance of transfer ability exceeded 100%; 4 traits of leaf area, circumference, length and dry matter content, whose suppor-parent heterosis ratio were positive values. In all the 91 pairs, 65 pairs of them were in highly significant correlation with each other, and 8 pairs were in significant correlation. Sixty two individual plants of F1 generation were divided into 2 groups and 4 subclasses through system clustering, that fully reflected the characteristics of each group.

收稿日期:2018-04-15 修回日期:2018-06-29

基金项目:广西林业科技项目(桂林科研〔2015〕37号);“广西特色经济林开花生理研究”特聘专家岗位专项。

作者简介:王东雪,女,硕士,高级工程师,研究方向:油茶育种。E-mail:wangdongxue80@126.com

\* 通信作者:张乃燕,女,教授级高级工程师,研究方向:油茶育种与栽培。E-mail:zhangnaiyan333@163.com

**Key words:** *Camellia oleifera*; F1 progeny; leaf phenotypic traits; heterosis; genetic diversity

油茶(*Camellia oleifera*)是我国特有的木本食用油料植物,在我国已有2 000 多年的栽培历史,现有种植面积约426.7 万 hm<sup>2</sup>。油茶籽油是最典型的单不饱和油脂,茶油不饱和脂肪酸平均含量达到90%,长期食用有降低血清胆固醇、预防心血管疾病的作用,是联合国粮农组织重点推广的健康型食用油<sup>[1]</sup>。

叶片是构成植物的基本结构和功能单位,是植物进行光合作用的主要器官,决定植物的经济产量和果实质品<sup>[2-3]</sup>。叶片表型性状特征是植物栽培性状和生物学特征的重要反映,与植物的生长和光合特性密切相关,比如叶面积的增大能有效增加叶片的补光面积,提高植物的生长速率,叶面积的减小可降低叶片蒸腾作用,避免细胞水势和膨压的降低,提高叶片的水分利用效率;而叶厚度的增加不仅能提高叶片对光资源的利用效率,也能增加叶片对强光的保护作用<sup>[4-9]</sup>。研究叶片表型性状的遗传规律可以为杂交实生苗的早期鉴定和选择提供理论依据,是选育新品种的前提和基础。目前国内已有很多学者对核桃、苹果、海棠等物种杂交实生苗的叶片性状进行了研究<sup>[10-14]</sup>,但有关油茶杂交子代叶表型性状研究还未见报道。本研究对油茶杂交F1代叶片表型性状的遗传多样性进行分析,探明其遗传规律,为油茶杂交子代的鉴定和种质筛选以及下一步的改良利用提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试样品来自广西林科院油茶试验基地的岑软24号×湘林210杂交F1代的1年生苗单株,共62株,平均苗高32.43 cm,地径4.22 mm。

### 1.2 性状调查与测定

2017年12月,用钢卷尺测定各单株苗高,并在各单株上采集自基部数第7~9节位的成熟叶片3片。用游标卡尺测定叶片厚度、叶柄长度及基径,叶片厚度取叶片上、中、下3个部位厚度的均值。利用叶面积扫描仪(CL-203)扫描叶片,得到叶长、叶宽、叶面积、叶周长和叶形指数等参数。然后用电子天平(0.000 1 g)测定叶片鲜重,吸水24 h后测定叶片饱和鲜重,然后70℃恒温干燥恒重后测其干重,计算叶片干物质含量、比叶面积和叶片组织密度。叶片干物质含量/%=(叶片干重/叶片鲜重)×100、比叶面积/%=(叶面积/叶片干重)×100、叶片组织密

度/%=(叶片干重/叶片饱和鲜重)×100。

杂种优势计算参照刁松峰<sup>[3]</sup>等的方法,用中亲优势( $H_m$ )、中亲优势率( $RH_m$ ,%)、超亲优势( $H_b$ )、超亲优势率( $RH_b$ ,%)和遗传传递力( $T_a$ ,%)进行表述。杂交群体F1代某一性状的平均值( $F_m$ )与双亲平均值(中亲值,MPV)的差为这一性状的中亲优势,与双亲中较大亲本值(高亲值,BPV)的差为超亲优势。计算公式如下: $H_m = F_m - MPV$ , $H_b = F_m - BPV$ , $RH_m/\% = (H_m/MPV) \times 100$ , $RH_b/\% = (H_b/MPV) \times 100$ , $T_a/\% = (F_m/MPV) \times 100$ 。

### 1.3 数据分析

采用Excel2007和SPSS17.0软件进行数据整理,并进行频率分析、相关性分析和聚类分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 F1代叶片表型性状离散特征

由表1可知,杂交F1代14个叶片表型性状的变异幅度均较大,极大值与极小值的比值为2.42~9.08,具有较高的遗传多样性;各性状的变异系数为2.21%~37.50%,其中叶面积的变异系数最小,仅为2.21%,而其他13个性状的变异系数均>10%,尤其是叶片鲜重、干重和饱和鲜重的变异系数均>30%,分别为35.42%、37.50%和36.84%。从F1代叶片14个表型性状的频率分布图发现,各表型性状均具有较好的连续性正态分布趋势,符合多基因控制数量性状遗传特征(图1)。

### 2.2 F1代叶表型性状杂种优势表现

从表2可知,14个叶片表型性状在F1代的中亲优势率为-16.60%~44.66%,超亲优势率为-21.05%~38.06%。遗传传递力的高低说明亲本性状传给子代能力的大小,除叶形指数、叶片鲜重、叶片干重和比叶面积外,其他10个性状指标的中亲优势值为正值,遗传传递力都>100%。

另外,叶面积、叶周长、叶长和叶片干物质含量这4个性状的超亲优势值为正值,超亲优势率分别为8.60%、5.72%、7.45%和38.06%,遗传传递力分别为119.85%、108.85%、108.43%和144.66%,以叶片干物质含量最高。

### 2.3 F1代叶表型性状相关性分析

由表3可知,14个性状之间的相关性比较复杂,在产生的91对相关性分析中,极显著正相关50对、极显著负相关15对、显著正相关3对、显著负相关5对。

表1 叶表型性状在F1群体分离的特征值

Table 1 Phentotypic statistic values of quantitative of persimmon leaf in F1 progeny

性状	极小值	极大值	均值	标准差	变异系数/%
叶面积/cm <sup>2</sup>	4.27	25.92	13.10	0.29	2.21
叶片周长/cm	7.74	21.21	13.90	2.48	17.84
叶片长度/cm	2.79	8.46	5.53	1.16	20.98
叶片宽度/cm	1.87	4.53	3.20	0.52	16.25
叶形指数	0.88	2.55	1.74	0.32	18.39
叶柄长度/mm	1.66	10.48	5.85	1.59	27.18
叶柄基径/mm	0.66	4.57	1.81	0.31	17.13
叶片厚度/mm	0.17	0.52	0.38	0.06	15.79
叶片鲜重/g	0.13	0.98	0.48	0.17	35.42
叶片干重/g	0.05	0.31	0.16	0.06	37.50
叶片饱和鲜重/g	0.13	1.18	0.57	0.21	36.84
叶片干物质含量/%	12.22	79.99	34.26	5.12	14.94
比叶面积/(cm <sup>2</sup> ·g <sup>-1</sup> )	29.72	182.21	84.38	19.31	22.88
叶片组织密度/%	10.12	40.08	28.99	3.46	11.94

表2 群体叶片表型性状的杂种优势表现

Table 2 Heterosis of leaf traits in F1 progeny

性状	母本	父本	中亲值	中亲优势 /%	中亲 优势率 /%	高亲值	超亲 优势	超亲 优势率 /%	遗传 传递力 /%
叶面积/cm <sup>2</sup>	12.16±2.78	9.69±2.69	10.93	2.17	19.85	12.16	0.94	8.60	119.85
叶周长/cm	13.17±1.74	12.37±1.80	12.77	1.13	8.85	13.17	0.73	5.72	108.85
叶长/cm	5.05±0.92	5.15±0.87	5.10	0.43	8.43	5.15	0.38	7.45	108.43
叶宽/cm	3.20±0.47	2.49±0.42	2.85	0.35	12.28	3.2	0	0	112.28
叶形指数	1.61±0.34	2.10±0.34	1.86	-0.12	-6.45	2.1	-0.36	-19.35	93.55
叶柄长度/mm	5.64±5.33	5.87±1.15	5.76	0.09	1.56	5.87	-0.02	-0.35	101.56
叶柄基径/mm	1.97±5.19	1.46±0.18	1.72	0.09	5.23	1.97	-0.16	-9.30	105.23
叶片厚度/mm	0.30±0.05	0.40±0.07	0.35	0.03	8.57	0.40	-0.02	-5.71	108.57
叶片鲜重/g	0.51±0.13	0.50±0.17	0.51	-0.03	-5.88	0.51	-0.03	-5.88	94.12
叶片干重/g	0.20±0.05	0.18±0.06	0.19	-0.03	-15.79	0.20	-0.04	-21.05	84.21
叶片饱和鲜重/g	0.58±0.15	0.53±0.19	0.56	0.01	1.79	0.58	-0.01	-1.79	101.79
叶片干物质含量/%	62.18±11.23	54.47±12.27	58.33	26.05	44.66	62.18	22.2	38.06	144.66
比叶面积/(cm <sup>2</sup> ·g <sup>-1</sup> )	34.57±4.08	34.95±2.74	34.76	-5.77	-16.60	34.95	-5.96	-2.88	83.40

表3 Pearson相关性分析

Table 3 Pearson correlation analysis

性状	叶面积	叶周长	叶长	叶宽	叶形 指数	鲜重	饱和 鲜重	干重	干物质 含量	比叶 面积	叶片 组织 密度	叶片 厚度	叶柄 长度	叶柄 基径
叶面积	1													
叶周长	0.957**	1												
叶长	0.842**	0.922**	1											
叶宽	0.901**	0.798**	0.573**	1										
叶形指数	0.134	0.327**	0.625**	-0.268**	1									
鲜重	0.746**	0.724**	0.608**	0.679**	0.077	1								
饱和鲜重	0.767**	0.740**	0.610**	0.719**	0.043	0.967**	1							
干重	0.744**	0.736**	0.630**	0.678**	0.097	0.925**	0.935**	1						
干物质含量	-0.042	-0.028	0.007	-0.031	0.021	-0.294**	-0.145*	0.052	1					
比叶面积	0.174*	0.126	0.130	0.151*	0.009	-0.351**	-0.345**	-0.485**	-0.163*	1				
叶片组织密度	-0.243**	-0.198**	-0.091	-0.308**	0.170*	-0.341**	-0.418**	-0.115	0.537**	-0.162*	1			
叶片厚度	0.393**	0.417**	0.423**	0.263**	0.256**	0.642**	0.595**	0.579**	-0.205**	-0.316**	-0.206**	1		
叶柄长度	0.517**	0.524**	0.507**	0.386**	0.226**	0.617**	0.616**	0.580**	-0.142	-0.178*	-0.305**	0.408**	1	
叶柄基径	0.388**	0.379**	0.354**	0.380**	0.059	0.479**	0.475**	0.440**	-0.112	-0.175*	-0.222**	0.367**	0.324**	1

注: \* 表示显著相关, \*\* 表示极显著相关。

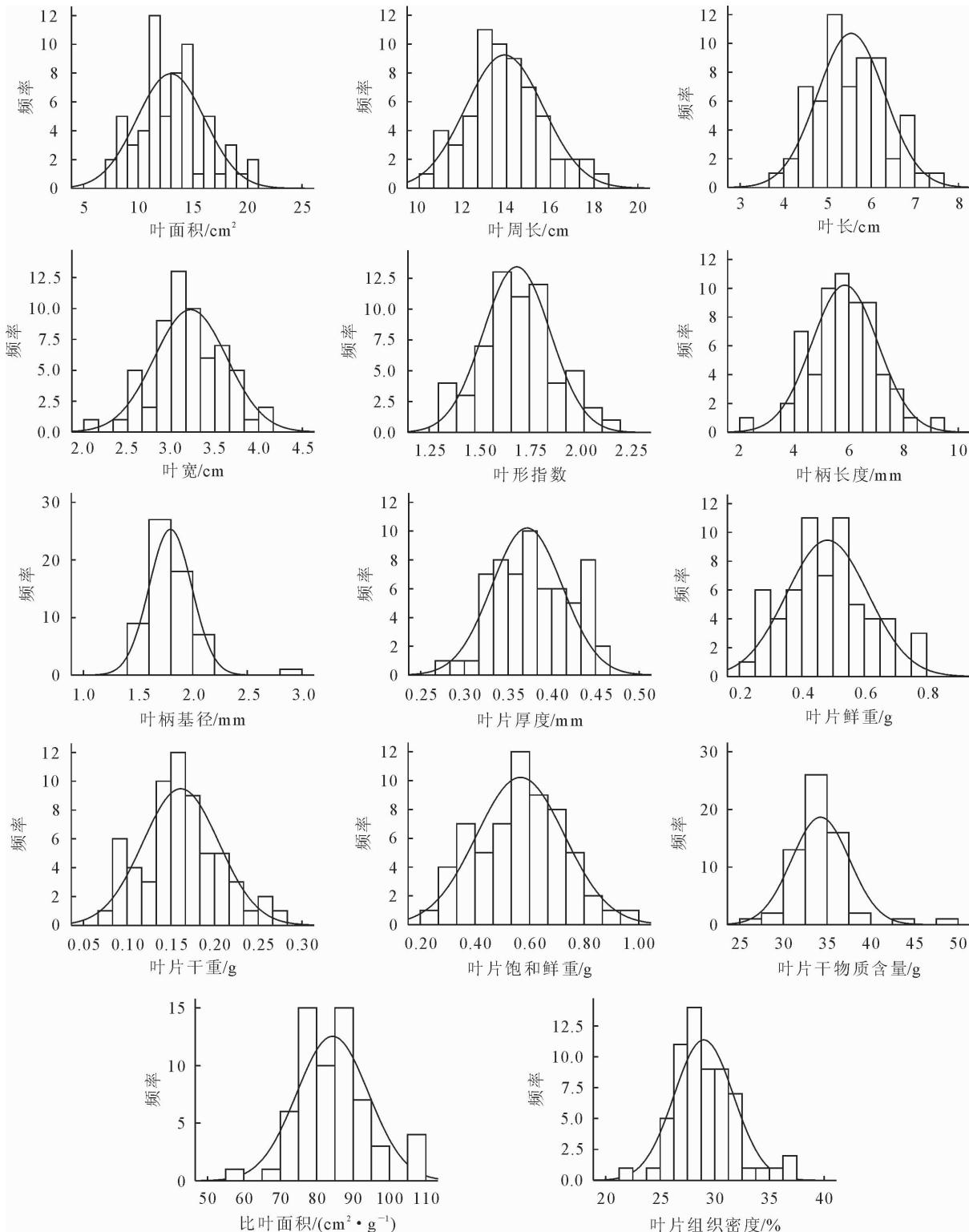


图 1 群体 14 个叶片表型性状的频率分布

Fig. 1 Frequency distribution of F1 groups' 14 leaf phenotypic traits

#### 2.4 F1 代叶表型性状遗传距离与聚类分析

系统聚类分析结果见图 2 和表 4。F1 代群体可划分为 2 个大类、4 个亚类。在遗传距离 24.5 处 62 株分为 I 和 II 2 个类群, 在遗传距离 16 处第 I 类群分为 2 个亚类, 在遗传距离 13 处第 II 类群分为 2 个亚类。第 I 类群仅包括 6 个单株, 占群体的

9.68%, 其中 a、b 2 个亚类分别有 4 株和 2 株; 第 II 类群包括 56 个单株, 占群体的 90.32%, a、b 2 个亚类分别有 14 株和 42 株。

第 I 类群在 14 个性状中, 除叶形指数与第 II 类群相当外, 其他可体现光合利用效率的 13 个性状均优于第 II 类群。在对各单株苗高进行测定后发现,

表4 F1代不同类群叶片表型性状

Table 4 Leaf phenotypic characters of different groups in F1 generation

性状	类群					
	I	II	I-a	I-b	II-a	II-b
叶面积/cm <sup>2</sup>	18.21	12.56	18.51	17.60	9.48	13.58
叶周长/cm	16.78	13.59	17.03	16.28	11.71	14.22
叶长/cm	6.58	5.42	6.71	6.31	4.61	5.68
叶宽/cm	3.82	3.14	3.86	3.72	2.77	3.26
叶形指数	1.73	1.74	1.74	1.72	1.69	1.76
叶柄长度/mm	7.68	5.65	8.07	6.90	4.76	5.95
叶柄基径/mm	2.03	1.78	1.83	2.43	1.65	1.83
叶片厚度/mm	0.42	0.38	0.41	0.43	0.33	0.39
叶片鲜重/g	0.70	0.46	0.68	0.72	0.31	0.50
叶片干重/g	0.24	0.15	0.25	0.20	0.11	0.17
叶片饱和鲜重/g	0.82	0.54	0.81	0.86	0.35	0.60
叶片干物质含量/%	35.71	34.11	39.01	29.10	34.67	33.92
比叶面积/(cm <sup>2</sup> ·g <sup>-1</sup> )	81.50	84.69	74.79	94.91	90.96	82.6
叶片组织密度/%	29.18	28.97	31.43	24.67	30.53	28.46

注:表中数据以各性状各类群均值表示。

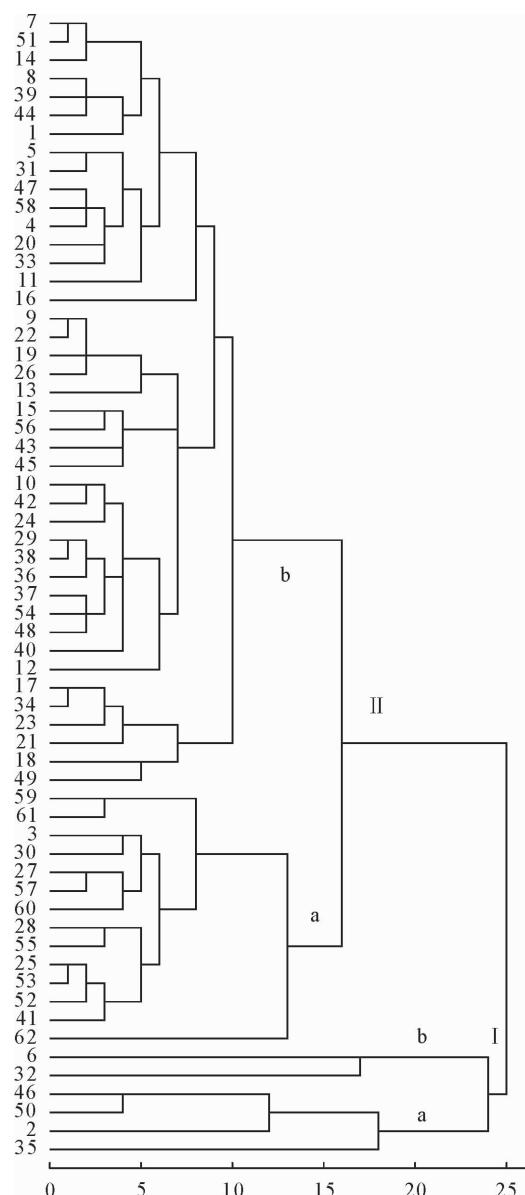


图2 油茶杂交F1单株的聚类图

Fig. 2 Cluster analysis of single trees of hybrids F1

第Ⅰ类群平均苗高为42.33 cm,比第Ⅱ类型平均苗高29.96 cm,高41.29%,说明第Ⅰ类群生长较快,可作为速生优良单株的候选材料,这与刁松峰<sup>[3]</sup>等对柿的研究结果一致。

### 3 结论与讨论

杂交是获得植物新类型和选育新品种的有效方法之一,多项研究表明,杂交后代不同单株间的叶片性状均出现明显的分离,而且性状的变异幅度较大<sup>[11-14]</sup>。F1代的杂种优势源于基因的异质性<sup>[3]</sup>,油茶基因组大、杂合度高,其杂交F1代必然存在广泛的分离,本研究也证明了这一结论。本研究中,各性状的变异幅度均较大,极大值与极小值的比值为2.42~9.08,各性状的变异系数为2.21%~37.50%,其中叶片鲜重、干重和饱和鲜重的变异系数分别达到35.42%、37.50%和36.84%,说明F1代叶片性状的离散程度较高,存在着丰富的表型多样性和变异水平,为下一步的优良个体选择提供了可能性。

本研究14个性状中,除叶形指数、叶片鲜重、叶片干重和比叶面积外,其他10个指标的中亲优势值均为正值,且遗传传递力都超过100%。尤其是叶面积、叶周长、叶长和叶片干物质含量这4个性状的超亲优势值为正值,具有明显的超高亲优势,超亲优势率分别为8.60%、5.72%、7.45%和38.06%,这也说明从F1代中选择优于双亲的、具有速生特点的优良单株是可行的。

通过系统聚类分析,将岑软24号×湘林210的F1代群体划分为2个大类、4个亚类。其中第Ⅰ类群仅包括6个单株,其明显特征是叶片大而厚、叶柄

稍长,是进一步挖掘油茶新的生产潜力、选育高光合效率和高含油新品种的基础资料,在今后的遗传测定和种质资源开发利用中要尤为重视。

表型性状差异是内部遗传物质与环境互作在外部形态上的反映<sup>[15-16]</sup>,本研究对油茶F1代叶片表型性状的遗传变异进行了分析,为油茶杂交子代鉴定和筛选提供了依据,为下一步改良利用和杂交育种综合评价体系建立奠定基础。

## 参考文献:

- [1] 江泽鹏,吴道念,王东雪,等.普通油茶优良家系杂交试验[J].广西林业科学,2014,43(4):409-413.
- [2] 朱振家,姜成英,史艳虎,等.库源比改变对油橄榄产量及源叶光合作用的调节[J].中国农业科学,2015,48(3):546-554.  
ZHU Z J,JIANG C Y,SHI Y H,*et al*. Response of yield and leaf photosynthesis to sink-source ratio altering demand in olive [J]. *Scientia Agricultura Scinica*, 2015, 48 (3): 546-554. (in Chinese)
- [3] 刁松峰,李芳东,段伟,等.柿杂交F1代叶表型遗传多样性研究[J].中国农业大学学报,2017,22(2):32-44.  
DIAO S F,LI F D,DUAN W,*et al*. Genetic diversity phenotypic traits of leaves in F1 progeny of persimmon[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2017, 22 (2): 32-44. (in Chinese)
- [4] 张晶,赵成章,李雪萍,等.嘉峪关草湖湿地芦苇净光合速率与叶面积和叶厚度的关系[J].生态学报,2018,38(17):1-8.  
ZHANG J,ZHAO C,LI X,*et al*. The relationship between the net photosynthetic rate and leaf area and thickness of *Phragmites australis* in the grass lake wetlands of Jiayuguan[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, 38(17):1-8. (in Chinese)
- [5] 丁曼,温仲明,郑颖.黄土丘陵区植物功能行写的尺度变化与依赖[J].生态学报,2014,34(9):2308-2315.
- [6] 段媛媛,宋丽娟,牛素旗,等.不同林龄刺槐叶功能性状差异及其土壤养分的关系[J].应用生态学报,2017,28(1):28-36.  
DUAN Y Y,SONG L J,NIU S Q,*et al*. Variation in leaf functional traits of different-aged *Robinia pseudoacacia* communities and relationships with soil nutrients[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2017, 28(1): 28-36. (in Chinese)
- [7] 罗璐,申国珍,谢宗强,等.神农架海拔梯度上4种典型森林的乔木叶片功能性状特征[J].生态学报,2011,31(21):6420-6428.
- [8] 王鸣聚,刘政礼,文翠萍,等.柱型苹果杂交后代不同株型枝叶及光合参数比较[J].青岛农业大学学报(自然科学版),2017,34(2):95-99.
- [9] 曾祥艳,陈金艳,廖健明,等.广西多穗柯叶片性状变异及幼苗生长量研究[J].广西植物,2015,35(6):885-890.  
ZENG X Y ,CHEN J Y,LIAO J M,*et al*. Variation of leaf traits and seedling growth of *Lithocarpus polystachyus* in Guangxi[J]. *Guighaia*, 2015, 35(6): 885-890. (in Chinese)
- [10] 赵爽,任俊杰,石鹤飞,等.早实核桃叶片性状遗传规律研究[J].植物遗传资源学报,2015,16(3):659-663.  
ZHAO S,REN J J,SHI H F,*et al*. Study on leaf traits genetic law of precocious walnut[J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2015, 16(3): 659-663. (in Chinese)
- [11] 张小猜,赵政阳,樊红科,等.苹果杂种F1代叶片性状分离及早期选择研究[J].西北农业学报,2009,18(5):228-331.  
ZHANG X C,ZHAO Z Y,FAN H K,*et al*. Study on the leaf trait segregation of apple hybrid seedlings and application in pre-selection[J]. *Acta Agriculturae Boreli-occidentalis Sinica*, 2009, 18(5): 228-331. (in Chinese)
- [12] 魏永成,李周岐,李煜,等.杜仲杂交子代苗期表型性状的遗传分析[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2012,40(8):137-143.  
WEI Y C,LI Z Q,LI Y,*et al*. Genetic analysis of morphological traits of *Eucommia ulmoides* oliver's hybrid offspring[J]. *Journal of Northwest A&F University: Nat. Sci. Ed.* , 2012, 40(8): 137-143. (in Chinese)
- [13] 李春明,严冬,夏辉,等.毛白杨种内杂交无性系苗期生长量及叶片性状变异研究[J].植物研究,2016,36(1):62-67.  
LI C M,YAN D,XIA H,*et al*. Variations of growth and leaf traits of intraspecific hybridization clones of *Populus tomentosa*[J]. *Bulletin of Botanical Research*, 2016, 36(1): 62-67. (in Chinese)
- [14] 王雷存,万怡震,高华,等.'富士×嘎拉'F1代杂种苗早期选择试验[J].西北林学院学报,2010,25(2):80-82.  
WANG L C,WAN Y Z,GAO H,*et al*. Preliminary survey on early selection in the seedlings of the apple 'Fuji × Gala' crosses[J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2010, 25(2): 80-82. (in Chinese)
- [15] 李海波,丁红梅,陈友吾,等.12个油茶品种的SSR特征指纹鉴别[J].中国粮油学报,2017,32(10):171-178.
- [16] 梁晓静,李开祥,梁文汇,等.不同品种肉桂叶表型性状分析[J].广西林业科学,2016,45(1):40-44.