



陆地棉配合力与杂种优势、遗传距离的相关性分析

杨代刚¹, 马雄风^{1*}, 周晓箭¹, 张先亮², 白凤虎³,
王海风¹, 孟清芹¹, 裴小雨¹, 喻树迅^{1**}

(1. 中国农业科学院棉花研究所 / 棉花生物学国家重点实验室, 河南 安阳 455000;

2. 开封市农林科学研究院 / 开封市农业生物育种重点实验室, 河南 开封 475141; 3. 河北省饶阳县农牧局 053900)

摘要: 采用 10 个陆地棉亲本进行不完全双列杂交, 共配置了 45 个组合, 计算亲本的一般配合力(GCA)、特殊配合力(SCA)、杂种优势, 并结合 SSR 标记研究了陆地棉亲本配合力与杂种优势、遗传距离之间的相关关系。配合力分析发现, 10 个亲本的一般配合力和特殊配合力存在显著或极显著差异。分析亲本配合力、杂种优势和遗传距离的相关性发现, 子棉产量、皮棉产量、衣分的一般配合力和杂种优势呈显著或极显著相关, 纤维长度、比强度、麦克隆值、株高、果枝数、单株铃数、铃重、子棉产量、皮棉产量、衣分的特殊配合力和杂种优势均呈极显著正相关, 而与遗传距离相关均不显著。单株铃数、铃重、子棉产量、皮棉产量、衣分的杂种优势与遗传距离均为正向显著或极显著相关。在育种实践中这些显著或极显著相关的性状可能具有较高的改良潜力。

关键词: 棉花; 一般配合力; 特殊配合力; 遗传距离; 杂种优势

中图分类号: S562.03 **文献标志码:** A

文章编号: 1002-7807(2012)03-0191-08

Correlation among Combining Ability, Heterosis and Genetic Distance in Upland Cotton

YANG Dai-gang¹, MA Xiong-feng^{1*}, ZHOU Xiao-jian¹, ZHANG Xian-liang², BAI Feng-hu³, WANG Hai-feng¹, MENG Qing-qin¹, PEI Xiao-yu¹, YU Shu-xun^{1**}

(1. Cotton Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences/ State Key Laboratory of Cotton Biology, Anyang, Henan 455000, China; 2. Kaifeng Research Academy of Agriculture and Forestry/ Key Laboratory of Agriculture Biological Breeding, Kaifeng, Henan 475141, China; 3. Raoyang Agriculture and Animal Husbandry, Raoyang, Hebei 053900, China)

Abstract: The general and specific combining ability of ten upland cotton strains for ten traits was assessed in 45 hybrids using an incomplete diallel analysis. The genetic distance between the ten upland cotton strains was estimated using molecular marker data. All ten parents contributed both additive and non-additive genetic effects to their offspring. The analyses of combining ability of the parents indicated that the ten parents showed significant general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA). Furthermore, correlation analyses showed that the GCAs of seed cotton yield, lint yield and lint percentage were significantly correlated with heterosis, as well as that between the SCAs of the fiber length, fiber strength, micronaire, plant height, number of fruit branch, boll number per plant, single boll weight, seed cotton yield, lint yield and lint percent characters and heterosis, while the correlations between SCAs of 10 characters and genetic distance (GD) were not. Heterosis of boll number per plant, single boll weight, seed cotton yield, lint yield and lint percent were significantly or highly significantly correlated with genetic distance. Therefore, all of the significant or highly significant traits could have a high potential for improvement in cotton breeding programs.

Key words: cotton; general combining ability; specific combining ability; genetic distance; heterosis

目前,多数作物杂交育种还主要靠随机的杂交试验。杂交试验不仅费时费力,还有很大的盲目性。为了提高选择亲本和配制组合的预见性,

进行杂种优势预测,是十分重要的。关于杂种优势的遗传机理,国内外学者提出了多种假说。多数学者认为,遗传差异是杂种优势的基础。前人

收稿日期: 2011-09-06 **作者简介:** 杨代刚(1965-),男,博士, yangdg@cricaas.com.cn;

* 并列第一作者, maxf_caas@163.com; ** 通讯作者, yu@cricaas.com.cn

基金项目: 863 强优势棉花杂交种的创制与应用(2009AA101104)

做了大量遗传差异和配合力方面的研究,迄今,在水稻^[1-5]、玉米^[6]、大豆^[7-8]等大田作物上已有很多杂种优势预测方面的报导。近年来,利用分子标记预测作物杂种优势的研究取得了一些进展,其中在玉米^[9]、水稻^[10-11]、棉花^[13]、油菜^[14]中进展较快。本文选取 10 个陆地棉亲本材料按不完全双列杂交进行设计,利用 SSR (Simple sequence repeats) 标记检测了 10 个陆地棉亲本之间的遗传距离,分析了陆地棉亲本一般配合力、特殊配合力和亲本间遗传距离与杂种优势的相关性,从多个角度对亲本杂交产生杂种优势的可能性进行了预测。利用不同研究方法预测杂种优势,旨在分析各方法之间的内在联系,比较不同研究方法的优势,为棉花杂种优势利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

本试验选取 10 个陆地棉亲本材料按双列杂交的第 2 种方案进行配组(包括 10 个亲本和 45 个正交 F_1)。10 个陆地棉亲本材料来自于长江流域的 4 个,即 9018、望江 2028 (WJ2028)、91-940 和 Y9,它们分别从鄂荆 1 号 \times 中 7263、鄂抗棉 3 号 \times 鄂棉 18 号、GK19 \times 鄂抗棉 3 号和美国 109 等优良组合的后代或品系中系统选育而成;来自于黄河流域的 4 个,即中棉所 41 (CCRI 41)、中棉所 45 (CCRI 45)、3392154-55 和 sGK958,其中 3392154-55 是由转基因品种邯郸 109 系统选育而成,sGK958 是从(锦科 970012 \times 锦科 19)杂交后代中选育出来的;来自于西北内陆棉区的 2 个,即中棉所 49 (CCRI 49)和新陆中 9 号 (XLZ-9)。所有亲本材料在配组前连续进行了 4 年自交。

1.2 田间试验设计

试验于 2008—2009 年在中国农业科学院棉花研究所皖南综合试验站(安徽望江)进行。按照双列杂交第 2 种方法进行试验设计,随机区组排列,2 行区,3 次重复,小区面积 8.52 m²,土壤为粘土,地力中等,田间管理一致。播种期为 4 月 18 日,密度为 2.16 万株 \cdot hm²。两年各种植了 55 个材料(10 个亲本和 45 个正交 F_1)。适时调查各供试材料的出苗期、现蕾期、开花期和吐絮期;9 月 15 日调查小区的株高、果枝数和单株铃数;10 月

10 日每小区收正常吐絮 25 个铃,进行室内考种,考查铃重、衣分、子指、子棉产量和皮棉产量,均以 11 月 20 日前收花量按小区计产;每小区随机取 20 g 皮棉送农业部棉花品质监督检验测试中心(HVICC)作纤维品质测试。

1.3 SSR 标记实验

实验室采用改良 CTAB (Cetyltrimethylammonium bromide)法提取总 DNA^[15],运用 SSR 标记技术对杂交棉亲本进行标记筛选,按非变性聚丙烯酰胺凝胶电泳及银染参照快速检测法进行^[16]。根据 PCR 扩增结果,在相同迁移位置以各个引物电泳扩增的主带为准,每个样品的扩增条带按有或无记录,扩增条带存在时赋值为 1,否则赋值为 0,若缺失则记为 9。

1.4 数据统计分析

田间数据的统计分析在 Excel2003 中进行,计算中亲杂种优势: $H=F_1-(P_1+P_2)/2$,各供试材料的一般配合力 (General combining ability, GCA)、特殊配合力 (Specific combining ability, SCA)按刘来福的方法计算^[17];分子标记数据在 NTSYS-pc 系统^[18]下进行运算,按 Nei 的方法计算品种间的相似系数(GS),遗传距离(GD)=1-GS,利用 GD 值按非加权组平均法(Unweighted pair-group method with arithmetic means, UPGMA)进行聚类分析。

2 结果

2.1 供试亲本材料的配合力表现

从表 1 看出,供试材料 10 个性状的一般配合力均有显著差异。从供试材料来看,Y9、91-940、中棉所 49、新陆中 9 号的纤维长度,91-940、sGK958、中棉所 49、新陆中 9 号的比强度,中棉所 41、sGK958、3392154-55 的麦克隆值,9018、sGK958、望江 2028 的株高,91-940 的果枝数,Y9、中棉所 45、91-940 的单株成铃数,9018、3392154-55、望江 2028、新陆中 9 号的铃重,9018、中棉所 41、sGK958、望江 2028 的衣分,中棉所 45、91-940、3392154-55 的子棉产量,9018、中棉所 41、中棉所 45、3392154-55、望江 2028 的皮棉产量与其他供试材料的差异均达正向显著或极显著。

从不完全双列杂交田间统计数据特殊配

表 1 各亲本一般配合力效应值

Table 1 The effect values of parental general combining ability

GCA	9018	Y9	CCRI 41	CCRI 45	91-940	sGK958	3392154-55	WJ2028	CCRI 49	XLZ-9
纤维长度 Fiber length	-0.49	0.46**	-0.20	0.13	0.38**	0.16	-0.65	-1.12	0.27*	1.06**
比强度 Fiber strength	-1.04	0.08	-1.05	-0.47	0.90**	0.62**	-0.88	-2.10	0.76**	3.18**
麦克隆值 Micronaire value	-0.38	0.01	0.16**	0.02	-0.22	0.25**	0.35**	0.06	-0.01	-0.25
株高 Plant height	6.54**	-5.89	1.42	-5.97	1.60	6.69**	-1.33	5.16**	-7.49	-0.74
果枝数 Number of fruit branch	0.17	0.13	-0.41	0.19	0.87**	0.38	-0.71	-0.51	0.00	-0.12
单株成铃数 Boll number per plant	-1.46	3.77**	0.65	5.23**	4.45**	0.01	-0.71	-2.78	-2.50	-6.66
铃重 Single boll weight	0.17**	-0.51	-0.14	-0.31	-0.42	0.01	0.26**	0.55**	-0.08	0.47**
衣分 Lint percent	2.14**	-0.41	1.16**	0.13	-0.23	0.93**	0.14	1.82**	-1.16	-4.51
子棉产量 Seed cotton yield	-3.75	3.81	2.33	17.14**	8.62**	-0.82	18.20**	2.10	-2.25	-45.39
皮棉产量 Lint yield	4.47**	0.02	4.10**	7.24**	2.56	1.97	7.66**	5.97**	-4.54	-29.45

注:**、* 分别表示 1%、5%显著性。Note:**、* indicate significance at 1% and 5% level of probability(2-tailed), respectively.

合力方差分析结果(表 2)来看,组合(Y9×新陆中 9 号)的纤维长度和比强度,(中棉所 41×中棉所 49)的麦克隆值,(中棉所 41×望江 2028)的株高,(9018×新陆中 9 号)的果枝数,(Y9×中棉所 45)的单株成铃数,(中棉所 41×sGK958)的铃重,(中棉所 45×新陆中 9 号)、(sGK958×新陆中 9 号)的铃重、衣分、子棉产量、皮棉产量,(3392154-55×新陆中 9 号)的铃重和子棉产量,(Y9×91-940)的衣分,(中棉所 45×望江 2028)的子棉产量、皮棉产量,(sGK958×3392154-55)的皮棉产量的特殊配合力与其他组合相比均达到了极显著差异;总的来说,产生特殊配合力的组合较广泛,产生杂种优势的潜力较大。

2.2 供试亲本材料间遗传距离的分析

本研究应用 287 对 SSR 引物对 10 个供试陆

地棉材料进行多态性筛选,从中选出 72 对具有多态性且扩增条带清晰的引物进行统计分析,结果显示 72 对 SSR 标记扩增出 148 个多态性位点,平均多态性位点 2.06 个。利用 SSR 标记多态性位点对 10 个供试陆地棉材料进行遗传距离计算,结果发现遗传距离变幅为 0.14~0.75,平均遗传距离为 0.45(表 3)。统计表明:45 个遗传距离中,有 23 个大于平均遗传距离,表明 10 个亲本间的遗传差异较大。总的来说,以最末端的基准材料 Y9 分类,把供试材料大致分成六类:9018,中棉所 41,望江 2028,中棉所 45、sGK958、91-940、中棉所 49,3392154-55,新陆中 9 号。利用 GD 值按 UPGMA 法进行聚类分析,结果见图 1。

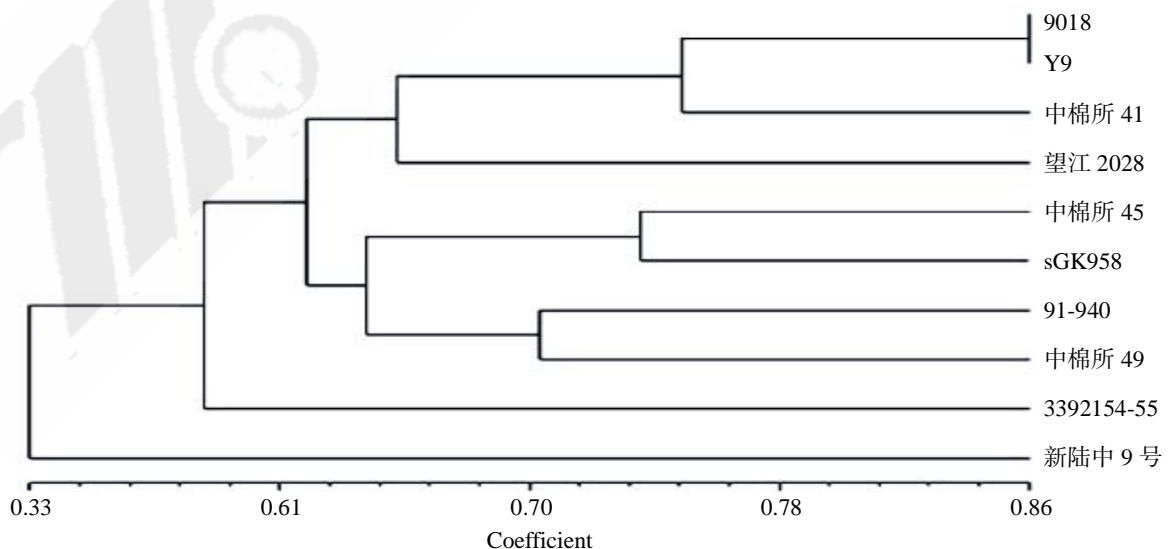


图 1 供试亲本材料 SSR 聚类分析树状图

Fig. 1 SSR dendrogram for parent materials tested

表 2 不完全双列杂交群体特殊配合力效应值

Table 2 Incomplete diallel cross population value of specific combining ability effects

杂交组合 Cross	长度 Fiber length	比强度 Fibre strength	麦克隆值 Micronire value	株高 Plant height	果枝数 Number of fruit branch	单株成铃 数 Boll number per plant	铃重 Single boll weight	衣分 Lint percent	子棉产量 Seed cotton yield	皮棉产量 Lint yield
9018×Y9	0.68	-0.15	-0.24	-4.15	-1.11	-0.38	-0.34	0.16	6.53	3.61
9018×CCRI 41	0.01	0.44	-0.25	-1.52	-0.84	-3.99	0.06	-0.26	8.14	3.01
9018×CCRI 45	0.04	-0.54	0.15	-3.87	-1.31	-4.44	0.01	-0.22	21.17*	8.95*
9018×91-940	-0.02	-0.01	0.23	1.02	0.68	2.34	0.33*	-0.27	9.29	3.84
9018×sGK958	0.40	0.53	-0.07	-0.53	0.04	-1.89	0.08	-0.64	-3.58	-3.30
9018×3392154-55	0.30	0.44	-0.04	-0.98	-0.28	-0.84	0.03	0.83*	4.69	5.40
9018×WJ2028	0.07	0.59	-0.24	-0.33	0.92	-0.89	0.20	-0.46	-5.27	-3.65
9018×CCRI 49	-0.03	0.43	0.05	0.38	-0.25	-0.71	0.19	0.12	5.00	2.42
9018×XLZ-9	0.52	-0.26	0.02	6.90*	2.20**	3.92	0.10	-0.04	-17.82	-9.28
Y9×CCRI 41	0.29	0.05	-0.25	-0.49	-1.20	-3.08	0.06	-0.50	0.04	-1.22
Y9×CCRI 45	-0.67	0.11	-0.16	4.83	-1.01	8.07**	0.07	-1.05	-17.20	-10.37
Y9×91-940	-0.49	0.30	0.12	0.52	1.58*	1.78	0.28	1.40**	-5.46	2.13
Y9×sGK958	0.17	0.11	0.23	-0.97	1.54*	-1.84	-0.07	0.75*	-9.92	-1.66
Y9×3392154-55	-0.10	-0.18	0.35*	-0.21	0.56	0.34	0.08	-0.38	4.40	0.67
Y9×WJ2028	0.28	0.77	-0.22	-3.63	0.09	-1.18	-0.03	0.28	19.06	9.48*
Y9×CCRI 49	0.39	0.48	-0.05	-2.05	-0.41	-1.80	0.08	0.55	26.66*	12.39*
Y9×XLZ-9	2.62**	4.87**	-0.24	-3.63	-0.04	-3.38	-0.04	-6.85	-32.50	-32.60
CCRI 41×CCRI 45	-0.23	-0.53	0.39*	-4.28	1.13	0.32	0.31*	0.20	9.40	5.52
CCRI 41×91-940	0.59	0.46	-0.20	5.15	0.12	-0.63	0.07	-0.17	26.53*	11.08*
CCRI 41×sGK958	-0.34	0.07	-0.09	0.79	0.15	1.34	0.45**	-0.33	19.19	7.88
CCRI 41×3392154-55	-0.13	0.18	0.04	-10.58	-0.03	3.52	0.33*	0.65	12.86	8.23
CCRI 41×WJ2028	-0.13	0.49	-0.06	8.53**	0.83	0.60	0.01	0.02	5.51	2.92
CCRI 41×CCRI 49	-0.42	-0.80	0.55**	-0.02	1.39*	3.65	0.30	0.11	1.59	0.84
CCRI 41×XLZ-9	0.50	-0.06	-0.03	-1.17	0.18	2.61	-0.82	0.60	27.63*	10.56*
CCRI 45×91-940	0.06	-0.15	-0.05	1.00	0.52	2.26	0.16	-0.13	15.02	6.01
CCRI 45×sGK958	0.60	0.50	-0.03	1.38	0.61	0.96	-0.22	0.91*	5.59	5.92
CCRI 45×3392154-55	0.05	1.10	0.13	2.07	0.23	1.81	0.30	-0.58	-5.48	-4.32
CCRI 45×WJ2028	0.08	-0.78	0.11	-3.29	0.29	1.96	-0.05	0.60	38.20**	19.43**
CCRI 45×CCRI 49	0.64	-0.74	0.09	1.89	-0.08	0.21	-0.31	0.75*	1.72	2.88
CCRI 45×XLZ-9	-0.08	0.50	-0.22	1.81	-0.10	-2.37	0.65**	1.05**	50.51**	20.17**
91-940×sGK958	-0.29	-1.15	-0.16	1.20	-0.33	-1.13	0.13	-0.33	-8.64	-4.41
91-940×3392154-55	0.83*	1.09	-0.14	3.89	0.48	-1.01	0.10	0.70*	0.04	2.52
91-940×WJ2028	-0.15	-0.86	-0.13	-1.33	-0.45	-2.80	-0.14	-1.21	-15.98	-10.22
91-940×CCRI 49	-0.39	0.08	0.05	-1.08	-0.82	1.38	-0.16	-0.12	1.07	-0.28
91-940×XLZ-9	-0.60	-0.91	0.30*	-4.16	-0.64	0.81	-0.09	0.57	-1.79	-0.88
sGK958×3392154-55	-0.57	-1.03	0.18	1.07	-0.42	-2.51	-0.21	0.08	28.58*	13.19**
sGK958×WJ2028	0.86*	0.89	-0.41	-4.82	-1.02	-1.23	0.00	-0.93	11.33	2.35
sGK958×CCRI 49	-0.29	-0.01	-0.04	0.30	0.94	1.56	0.10	0.10	27.30*	11.62*
sGK958×XLZ-9	0.44	1.47*	-0.11	-3.72	-1.15	1.58	0.45**	1.35**	42.28**	18.60**
3392154-55×WJ2028	0.46	0.56	0.24	2.27	0.73	4.09	-0.28	0.64	-7.68	-0.80
3392154-55×CCRI 49	0.16	-0.80	0.07	0.05	-0.58	-2.66	0.04	1.47**	19.38	12.61*
3392154-55×XLZ-9	-0.50	0.28	-0.04	3.70	0.94	2.17	0.66**	-0.40	40.21**	11.71*
WJ2028×CCRI 49	-0.23	0.08	-0.27	8.10*	0.95	1.48	0.04	-0.41	-11.38	-6.17
WJ2028×XLZ-9	0.37	0.39	-0.08	-2.78	-0.46	-2.36	0.44*	0.84*	12.09	4.93
CCRI 49×XLZ-9	0.36	1.17*	-0.07	-5.33	-0.30	-1.64	0.24	-0.18	-9.71	-4.99

注: **、* 分别表示 1%、5% 显著。Note: **、* indicate significance at 1% and 5% level(2-tailed) of probability, respectively.

2.3 特殊配合力、杂种优势与遗传距离间相关性

通过对供试材料配合力、杂种优势与遗传距离进行相关性分析(表 4)发现: 只有子棉产量的一般配合力和杂种优势相关达到极显著, 相关系

数为 0.49; 衣分、皮棉产量与杂种优势相关显著, 相关系数分别为 0.37 和 0.32。表明, 从子棉产量、皮棉产量和衣分杂种优势较强的后代中, 也可能选出高产、高衣分的类型(品系或材料)。其他性

表 3 供试材料遗传距离分析

Table 3 Analysis of genetic distance for the test materials

遗传距离 GD	9018	Y9	CCRI 41	CCRI 45	91-940	sGK958	3392154-55	WJ2028	CCRI 49	XLZ-9
9018	0.00									
Y9	0.14	0.00								
CCRI 41	0.22	0.30	0.00							
CCRI 45	0.53	0.43	0.54	0.00						
91-940	0.58	0.58	0.50	0.46	0.00					
sGK958	0.32	0.46	0.36	0.29	0.48	0.00				
3392154-55	0.44	0.52	0.46	0.43	0.56	0.35	0.00			
WJ2028	0.36	0.38	0.45	0.55	0.43	0.39	0.51	0.00		
CCRI 49	0.38	0.46	0.27	0.43	0.35	0.32	0.43	0.40	0.00	
XLZ-9	0.56	0.45	0.75	0.69	0.58	0.69	0.60	0.55	0.56	0.00

状则与杂种优势相关均不显著。各性状的特殊配合力与杂种优势均极显著相关, 相关系数极高。而遗传距离与单株成铃数、衣分、子棉产量、皮棉产量的一般配合力正向显著或极显著相关, 相关

系数分别为: 0.33、0.40、0.50、0.50, 表明在一定范围内, 选择单株成铃数、衣分、子棉产量、皮棉产量遗传距离较大的亲本进行杂交, 其后代也容易选出这些性状高的类型(品系或材料)。

表 4 不完全双列杂交群体与杂种优势、遗传距离的相关关系

Table 4 The correlation of between incomplete diallel populations and heterosis, genetic distance

相关系数 Correlation coefficient	杂种优势 Heterosis		遗传距离 Genetic distance		杂种优势 Heterosis
	一般配合力	特殊配合力	一般配合力	特殊配合力	遗传距离
	GCA	SCA	GCA	SCA	GD
纤维长度 Fiber length	-0.10	0.76**	-0.25	0.00	-0.01
比强度 Fiber strength	-0.06	0.58**	-0.38**	0.06	0.11
麦克隆值 Micronaire value	0.07	0.86**	0.45**	0.18	0.18
株高 Plant height	-0.04	0.94**	-0.16	0.03	0.08
果枝数 Number of fruit branch	-0.28	0.95**	-0.10	0.17	0.17
单株成铃数 Boll number per plant	0.21	0.87**	0.33*	0.17	0.34*
铃重 Single boll weight	0.02	0.91**	-0.32*	0.21	0.41**
衣分 Lint percent	0.37*	0.50**	0.40**	0.19	0.45**
子棉产量 Seed cotton yield	0.49**	0.78**	0.50**	0.28	0.40**
皮棉产量 Lint yield	0.32*	0.71**	0.50**	0.22	0.32*

注: **、* 分别表示 1%、5% 显著性。Note: **、* indicate significance at 1% and 5% level of probability(2-tailed), respectively.

3 讨论

3.1 配合力差异对性状决定及改良作用的分析

从亲本材料的纤维长度来看, 新陆中 9 号一般配合力最高, 其次是 Y9, 再次是 91-940, 其后是中棉所 49, 所以在 45 个杂交组合中, 最终纤维长度占据优势、排在前 8 位的组合中均有这几个亲本出现, 它们依次是: (Y9×新陆中 9 号)、(中棉所 49×新陆中 9 号)、(sGK958×新陆中 9 号)、(中棉所 41×新陆中 9 号)、(Y9×中棉所 49)、(中棉所 45×新陆中 9 号)、(9018×新陆中 9 号)、(中棉所 45×中棉所 49)。但双列杂交组合中, 这些组合的亲本并不都是特殊配合力较高, 特殊配合力较高且具有显著差异的组合有: (Y9×新陆中 9 号)、

(91-940×3392154-55)、(sGK958×望江 2028)、(Y9×新陆中 9 号) 的两亲本具有较高的一般配合力, 且具有极显著的特殊配合力, 所以排在所有双列杂交组合中的第 1 位。(中棉所 49×新陆中 9 号)、(sGK958×新陆中 9 号)、(中棉所 41×新陆中 9 号)、(Y9×中棉所 49)、(中棉所 45×新陆中 9 号)、(9018×新陆中 9 号)、(中棉所 45×中棉所 49) 的亲本的一般配合力优势突出, 在特殊配合力不显著的情况下, 仍然名列前茅。

从子棉产量性状来看, 亲本材料一般配合力依次为: 3392154-55、中棉所 45、91-940、Y9。在 45 个杂交组合中, 排在前 13 位的组合依次是: (中棉所 45×望江 2028)、(sGK958×3392154-55)、(中棉所 45×91-940)、(中棉所 41×91-940)、(3392154-

55×中棉所 49)、(9018×中棉所 45)、(中棉所 41×3392154-55)、(中棉所 45×3392154-55)、(中棉所 41×中棉所 45)、(Y9×中棉所 49)、(91-940×3392154-55)、(Y9×3392154-55)、(Y9×望江 2028),在这些组合里至少包含一个一般配合力较高的亲本材料。在 45 个杂交组合中,特殊配合力达显著或极显著水平的组合有:(中棉所 45×新陆中 9 号)、(sGK958×新陆中 9 号)、(3392154-55×新陆中 9 号)、(中棉所 45×望江 2028)、(sGK958×3392154-55)、(中棉所 41×新陆中 9 号)、(sGK958×中棉所 49)、(Y9×中棉所 49)、(中棉所 41×91-940)、(9018×中棉所 45)。但大多数特殊配合力达到显著、极显著水平的组合并未排在前 13 个子棉产量优势组合中,只有 3 个组合:(中棉所 45×望江 2028)、(sGK958×3392154-55)、(中棉所 41×91-940)排在前 4 位,其他排名均不在前 13 强之列。

其他性状的分析结果与上述两性状的分析结果大致相同。我们认为在实际育种过程中,决定性状优劣的基础性指标是一般配合力,而在一般配合力较高的基础上,对性状改良具有利用价值的因素为亲本材料的特殊配合力。所以在实际选择育种中,重点把握亲本材料的一般配合力是关键,要兼顾特殊配合力,进一步改良农艺性状。

3.2 亲本配合力、杂种优势与遗传距离间的相关

许多学者研究了亲本配合力与杂种优势的关系认为,父、母本间的一般配合力均方值均达显著或极显著水平,特殊配合力均方值除子、皮棉产量性状外,其余均不显著。在 F_1 性状的遗传中,各性状的加性效应起主导作用; F_1 的性状表型值与父、母本的一般配合力呈高度正相关,并达显著水平^[19]。子棉产量、皮棉产量、单株铃数和铃重具极显著的特殊配合力方差,衣分的一般配合力和特殊配合力方差均极显著,纤维长度、比强度和麦克隆值具极显著的一般配合力方差^[20]。对本试验亲本的配合力、杂种优势、遗传距离的相关性分析发现,杂种优势与 10 个性状的特殊配合力均极显著相关,与少数性状(衣分、子棉产量、皮棉产量)的一般配合力显著或极显著相关,这与邢朝柱、张正圣等的观点^[19-21]基本相同;另外,本试验所测得的遗传距离则与 10 个性状的

特殊配合力相关均不显著,与大多数性状(比强度、麦克隆值、单株成铃数、铃重、衣分、子棉产量、皮棉产量)的一般配合力显著或极显著相关。通过对配合力、杂种优势、遗传距离相关关系的比较可知,杂种优势和遗传距离对配合力关系的选择方式是不完全相同的,遗传距离可反映多数性状的一般配合力和产量及其构成因子的杂种优势。分析遗传距离对指导选择亲本选育丰产优质棉新品种和利用产量性状的杂种优势,是有重要参考价值的。

杂交亲本间遗传距离与组合优势关系十分复杂^[22],有的学者认为亲本遗传距离与杂种产量优势有显著或极显著的抛物线回归关系^[23]。从本试验获得的结果来看,杂种优势和遗传距离的相关关系,二者虽然在亲本组配的育种选择中所代表的成分不同,但二者之间仍然存在一定的相关关系,且在某些性状(单株成铃数、铃重、衣分、子棉产量、皮棉产量)中相关显著或极显著^[24],亲本和组合各性状指标的实际排名结果也证实,达到显著或极显著相关的性状在育种实践中具有较高的改造潜力,主要受显性、超显性基因控制;相关不显著的性状则主要受加性、加性上位性遗传为主,变异程度较小^[25-26]。

参考文献:

- [1] 龚光明,周国锋,尹楚球,等. 籼型两用核不育系主要农艺性状的配合力分析[J]. 中国水稻科学,1993,7(3):137-142.
GONG Guang-ming, Zhou Guo-feng, Yin Chu-qiu, et al. Analysis on the combining ability of main agronomic traits of *Indica* double-functional genic male-sterile lines[J]. Chinese Journal of Rice Science, 1993, 7(3): 137-142.
- [2] 廖伏明,周坤炉,阳和华,等. 杂交水稻亲本遗传差异及其与杂种优势关系[J]. 中国水稻科学,1998,12(4):193-199.
LIAO Fu-ming, Zhou Kun-lu, Yang He-hua, et al. Genetic difference of parents and its relation to heterosis in hybrid rice[J]. Chinese Journal of Rice Science, 1998, 12(4): 193-199.
- [3] 齐绍武,盛孝邦. 籼型两系杂交水稻主要农艺性状配合力及遗传力分析[J]. 杂交水稻,2000,15(3):38-41.
QI Shao-wu, Sheng Xiao-bang. Analysis on combining ability and heritability of major agronomic characters in two-line *Indica* hybrid rice[J]. Hybrid Rice, 2000, 15(3): 38-41.
- [4] 赵庆勇,朱镇,张亚东,等. 12 个粳稻新不育系的配合力及利用价值评价[J]. 中国水稻科学,2008,22(1):57-64.

- ZHAO Qing-yong, Zhu Zhen, Zhang Ya-dong, et al. Combining ability and utilization of twelve new male sterile lines in *Japonica* hybrid rice[J]. Chinese Journal of Rice Science, 2008, 22(1): 57-64.
- [5] 张 玲, 杨国涛, 谢崇华, 等. 几个籼型杂交水稻光合特性的配合力研究[J]. 南京农业大学学报, 2009, 32(2): 5-9.
- ZHANG Ling, Yang Guo-tao, Xie Chong-hua, et al. Combining ability analysis for photosynthetic characters with NC II genetic mating design in *indica* rice (*Oryza sativa* L.)[J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2009, 32(2): 5-9.
- [6] 马燕斌, 荣廷昭, 杨克诚, 等. 6 个玉米人工合成群体的育种潜能分析[J]. 中国农业科学, 2007, 40(8): 1594-1601.
- MA Yan-bin, Rong Ting-zhao, Yang Ke-cheng, et al. Breeding potential analysis of six synthetic maize populations[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2007, 40(8): 1594-1601.
- [7] 梁慧珍, 李卫东, 方宣钧, 等. 大豆异黄酮及其组分含量的配合力和杂种优势[J]. 中国农业科学, 2005, 38(10): 2147-2152.
- LIANG Hui-zhen, Li Wei-dong, Fang Xuan-jun, et al. Genetic analysis of combining abilities and heterosis in contents of soybean isoflavone and its components among the soybean varieties [*Glycine max* (L.) Merr.][J]. Scientia Agricultura Sinica, 2005, 38(10): 2147-2152.
- [8] 杨加银, 盖钧镒. 大豆杂种产量和品质性状早世代优势和亲本配合力分析[J]. 中国农业科学, 2009, 42(7): 2280-2290.
- YANG Jia-yin, Gai Jun-yi. Studies on hybrid heterosis and parental combining ability of yield and quality traits in early generations of soybean[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2009, 42(7): 2280-2290.
- [9] 袁力行, 傅骏骅, 刘新芝, 等. 利用分子标记预测玉米杂种优势的研究[J]. 中国农业科学, 2000, 33(6): 6-12.
- YUAN Li-xing, Fu Jun-hua, Liu Xin-zhi, et al. Study on prediction of heterosis in maize (*Zea mays* L.) using the molecular markers[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2000, 33(6): 6-12.
- [10] 张 涛, 倪先林, 蒋开锋, 等. 水稻功能基因标记遗传距离与杂种优势的相关性研究[J]. 中国水稻科学, 2009, 23(6): 567-572.
- ZHANG Tao, Ni Xian-lin, Jiang Kai-feng, et al. Correlation between genetic distance based on molecular makers of functional genes and heterosis in rice[J]. Chinese Journal of Rice Science, 2009, 23(6): 567-572.
- [11] 徐美兰, 金正勋, 李晓光, 等. 7 个粳稻 SSR 和 SRAP 分子标记遗传距离比较及其与产量性状杂种优势的关系[J]. 分子植物育种, 2009, 7(6): 1084-1092.
- XU Mei-lan, Jin Zheng-xun, Li Xiao-guang, et al. Comparison of genetic distance among seven cultivars of *Japonica* rice based on SSR and SRAP and its relationship with heterosis of yield traits[J]. Molecular Plant Breeding, 2009, 7(6): 1084-1092.
- [12] 梁 奎, 黄殿成, 赵凯铭, 等. 杂交粳稻亲本产量性状优异配合力的标记基因型筛选[J]. 作物学报, 2010, 36(8): 1270-1279.
- LIANG Kui, Huang Dian-cheng, Zhao Kai-ming, et al. Screening marker genotypes with elite combining ability for yield traits in parents of hybrid *japonica* rice (*Oryza sativa* L.)[J]. Acta Agronomica Sinica, 2010, 36(8): 1270-1279.
- [13] 张先亮, 刘 方, 王 为, 等. 陆地棉 QTG 对杂种优势贡献的初步分析[J]. 科学通报, 2010, 55(20): 1993-2002.
- ZHANG Xian-liang, Liu Fang, Wang Wei, et al. Primary analysis of QTG contribution to heterosis in upland cotton[J]. Chinese Sci Bull, 2010, 55(26): 2956-2965.
- [14] 朱宗河, 郑文寅, 张学昆. 甘蓝型油菜种子贮藏蛋白遗传距离与杂种优势关系研究[J]. 中国油料作物学报, 2009, 31(4): 413-420.
- ZHU Zong-he, Zheng Wen-yin, Zhang Xue-kun. Relationships between heterosis of rapeseed (*Brassica napus* L.) and genetic distance based on seed storage protein[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2009, 31(4): 413-420.
- [15] 宋国立, 崔荣霞, 王坤波, 等. 改良 CTAB 法快速提取棉花 DNA[J]. 棉花学报, 1998, 10(5): 273-275.
- SONG Guo-li, Cui Rong-xia, Wang Kun-bo, et al. A rapid improved CTAB method for extraction of cotton genomic DNA [J]. Cotton Science, 1998, 10(5): 273-275.
- [16] 张 军, 武耀廷, 郭旺珍, 等. 棉花微卫星标记的 PAGE/银染快速检测[J]. 棉花学报, 2000, 12(5): 267-269.
- ZHANG Jun, Wu Yao-ting, Guo Wang-zhen, et al. Fast screening of microsatellite markers in cotton with PAGE/silver staining[J]. Cotton Science, 2000, 12(5): 267-269.
- [17] 刘来福, 毛盛贤, 黄远樟. 作物数量遗传[M]. 北京: 农业出版社, 1984: 206-284.
- LIU Lai-fu, Mao Sheng-xian, Huang Yuan-zhang. Crops quantitative genetic[M]. Beijing: Agriculture Press, 1984: 206-284.
- [18] ROHLF F J. NTSYSpc: Numerical taxonomy and multivariate analysis system version 2.0 user guide[M]. New York: Biostatistics Inc, 1993.
- [19] 邢朝柱, 靖深蓉, 郭立平, 等. 转 Bt 基因棉杂种优势及性状配合力研究[J]. 棉花学报, 2000, 12(1): 6-11.
- XING Chao-zhu, Jing Shen-rong, Guo Li-ping, et al. Study on heterosis and combining ability of transgenic Bt (*Bacillus thuringiensis*) cotton[J]. Cotton Science, 2000, 12(1): 6-11.
- [20] 张正圣, 李先碧, 刘大军, 等. 陆地棉高强度纤维供试材料 Bt 基因抗虫棉的配合力与杂种优势研究[J]. 中国农业科学, 2002, 35(12): 1450-1455.
- ZHANG Zheng-sheng, Li Xian-bi, Liu Da-jun, et al. Study on combining ability and heterosis between high strength lines and Bt (*Bacillus thuringiensis*) bollworm-resistant lines in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.)[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2002, 35(12): 1450-1455.
- [21] 纪家华, 王恩德, 李朝晖, 等. 陆地棉优异种质间的杂种优势

- 和配合力分析[J]. 棉花学报, 2002, 14(2): 104-107.
- JI Jia-hua, Wang En-de, Li Zhao-hui, et al. Analysis on the heterosis and combining ability among some cotton germplasms (*Gossypium hirsutum* L.)[J]. Cotton Science, 2002, 14(2): 104-107.
- [22] 游俊, 刘金兰, 孙济中. 陆地棉品种与陆地棉族系种质系间杂种优势及其组成分析[J]. 作物学报, 1998, 24(6): 834-839.
- YOU Jun, Liu Jin-lan, Sun Ji-zhong. Analysis of heterosis and its components in intraspecific crosses between upland cotton and breeding lines developed from primitive race stocks (*Gossypium hirsutum* L.) [J]. Acta Agronomica Sinica, 1998, 24(6): 834-839.
- [23] 王学德, 潘家驹. 棉花亲本遗传距离与杂种优势间的相关性研究[J]. 作物学报, 1990, 10(1): 32-38.
- WANG Xue-de, Pan Jia-ju. Studies on relationship between genetic distance of parents and yield heterosis in hybrid cotton[J]. Acta Agronomica Sinica, 1990, 10(1): 32-38.
- [24] 范术丽, 喻树迅, 张朝军, 等. 短季棉常用亲本早熟性状的遗传及配合力研究[J]. 棉花学报, 2004, 16(4): 211-215.
- FAN Shu-li, Yu Shu-xun, Zhang Chao-jun, et al. Study on heredity and combining ability of earliness of short season cotton[J]. Cotton Science, 2004, 16(4): 211-215.
- [25] 袁有禄, 张天真, 郭旺珍, 等. 棉花优异纤维品质性状的双列杂交分析[J]. 遗传学报, 2005, 32(1): 79-85.
- YUAN You-lu, Zhang Tian-zhen, Guo Wang-zhen, et al. Diallel analysis of superior fiber quality properties in selected upland cottons[J]. Acta Genetica Sinica, 2005, 32(1): 79-85.
- [26] 杨六六, 刘惠民, 曹美莲, 等. 棉花产量和纤维品质性状的遗传研究[J]. 棉花学报, 2009, 21(3): 179-183.
- YANG Liu-liu, Liu Hui-min, Cao Mei-lian, et al. The inheritance of cotton yield and fiber quality characters[J]. Cotton Science, 2009, 21(3): 179-183. ●