

## 16 个新选玉米自交系主要性状的配合力分析

秦燕, 杨洪, 赵永康, 李兰, 杨进 (成都市农林科学院, 四川成都 611130)

**摘要** 采用不完全双列杂交设计, 对新选育的 16 个玉米自交系进行配合力及遗传参数分析。配合力分析结果表明, 自交系  $W_3$ 、 $W_7$ 、 $Q_4$ 、 $Q_6$ 、 $Q_7$  在降低株高、穗位高表现较好;  $W_1$ 、 $W_4$ 、 $Q_1$  在增加穗长、减少秃尖长表现较好;  $W_4$ 、 $W_8$ 、 $Q_4$ 、 $Q_8$  在增加籽粒深度方面表现较好;  $W_1$ 、 $Q_8$  在增加穗行数和行粒数方面表现较好;  $W_1$ 、 $W_4$ 、 $W_6$ 、 $Q_1$ 、 $Q_3$  在增加出籽率方面表现较好;  $W_1$ 、 $W_4$ 、 $W_5$ 、 $Q_1$ 、 $Q_4$  等在增加百粒重方面表现较好;  $W_1$ 、 $W_4$ 、 $W_5$ 、 $Q_1$ 、 $Q_4$ 、 $Q_8$  在增加产量方面表现较好。遗传参数分析结果表明, 穗长、秃尖长、穗行数宜在早代进行选择; 株高、穗位高、出籽率、百粒重、单株产量适宜在晚代进行选择。

**关键词** 玉米; 自交系; 配合力

**中图分类号** S513 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)31-0031-03

## Combining Ability of Main Agronomic Traits in 16 New Maize Inbred Lines

QIN Yan, YANG Hong, ZHAO Yong-kang et al (Chengdu Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Chengdu, Sichuan 611130)

**Abstract** The combining ability and genetic parameters of 16 new maize inbred lines were analyzed by incomplete diallel cross design. The results of combining ability showed that the inbred lines  $W_3$ ,  $W_7$ ,  $Q_4$ ,  $Q_6$  and  $Q_7$  were better in reducing the plant height and ear height.  $W_1$ ,  $W_4$  and  $Q_1$  were better in increasing the ear length and reducing the sterile length.  $W_4$ ,  $W_8$ ,  $Q_4$  and  $Q_8$  were better in increasing the kernel depth.  $W_1$  and  $Q_8$  were better in increasing the row per ear and kernels per row.  $W_1$ ,  $W_4$ ,  $W_6$ ,  $Q_1$  and  $Q_3$  were better in increasing the seeding rate.  $W_1$ ,  $W_4$ ,  $W_5$ ,  $Q_1$  and  $Q_4$  were better in increasing the 100-kernel weight.  $W_1$ ,  $W_4$ ,  $W_5$ ,  $Q_1$ ,  $Q_4$  and  $Q_8$  were better in increasing the yield. The results of genetic parameters showed that ear length, sterile length, and row per ear should be selected in earlier generation. Plant height, ear height, seeding rate, 100-kernel weight and yield per plant should be selected in later generation.

**Key words** Maize; Inbred lines; Combining ability

玉米育种难在选系,重在组配,中心是配合力问题,配合力是自交系选育和杂交种组配的核心<sup>[1]</sup>。通过完全或不完全双列杂交设计,分析各个供试自交系各性状的一般配合力和特殊配合力,并对其遗传参数进行分析,进而对各参试自交系的利用价值和潜力做出综合评价,以便在种质资源的改良,以及多抗、优质、高产的自交系选育等方面加以利用。贾亚涛等<sup>[2]</sup>、崔超等<sup>[3]</sup>、付忠军等<sup>[4]</sup>分别对各自选育的自交系进行配合力分析,表明配合力的研究对自交系的利用具有重要意义。

为了拓宽种质资源,成都市农林科学院 2007—2008 年合成了群体  $P_1$ 、 $P_2$ , 每个群体均为 10 个单交组合经 2 次隔离重组合成的遗传平衡群体<sup>[5]</sup>, 经过多年的选择, 育成了 8 个自交系  $Q_1 \sim Q_8$ , 同时利用参加省区试的杂交组合选育了 8 个二环系  $W_1 \sim W_8$ 。该试验采用不完全双列杂交设计对 16 个新选玉米自交系进行配合力研究, 旨在测定新选自交系主要性状的配合力, 并对其遗传参数进行分析, 为自交系的合理应用提供依据。

## 1 材料与方法

**1.1 试验材料** 2015 年秋季选用 8 个玉米自交系  $W_1$ 、 $W_2$ 、 $W_3$ 、 $W_4$ 、 $W_5$ 、 $W_6$ 、 $W_7$ 、 $W_8$  作为父本, 8 个玉米自交系  $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$ 、 $Q_4$ 、 $Q_5$ 、 $Q_6$ 、 $Q_7$ 、 $Q_8$  作为母本, 采用不完全双列杂交配制 64 个杂交组合。父本系为使用往年参加省区试的组合选育的二环系, 母本系则是从人工合成群体  $P_1$ 、 $P_2$  中选育的自交系。2016 年春季在崇州羊马科技试验园区进行 64 个组合的

田间试验。试验采用随机区组设计, 3 次重复, 单行区, 行距 0.85 m, 窝距 0.40 m, 双株种植, 每行 12 株, 对照品种为渝单 8 号, 田间管理同大田生产。取中间 10 株调查获取数据资料。

**1.2 考察性状** 田间调查株高、穗高, 室内考察穗长、秃尖长、籽粒深度、穗行数、行粒数、出籽率、百粒重、单株产量等。

**1.3 统计分析** 以小区均数为单位, 利用 DPS 软件, 将数据进行方差分析; 对组间差异显著的性状, 按明道绪等<sup>[6]</sup>、高之仁<sup>[7]</sup>的不完全双列杂交模型作配合力分析。

## 2 结果与分析

**2.1 各性状方差分析** 对 64 个杂交组合 10 个农艺性状、经济性状进行配合力方差分析(表 1), 可以看出, 10 个性状组间差异均达极显著水平, 表明这些性状在各杂交组间遗传差异真实存在。10 个性状的 GCA 和 SCA 差异均达显著或极显著水平, 表明这些性状的 GCA 和 SCA 在亲本和组合间存在真实的差异。

**2.2 一般配合力分析** 一般配合力是指某一亲本的性状对杂交组合影响的平均表现, 它主要决定于基因的加性效应, 是可以遗传的部分<sup>[7]</sup>。从表 2 可以看出, 不同自交系同一性状的 GCA 相对效应值有很大差异, 同一自交系不同性状的 GCA 相对效应值也有很大差异。

父本系中  $W_3$ 、 $W_7$  及母本系中  $Q_4$ 、 $Q_6$ 、 $Q_7$  株高、穗位高的 GCA 值均为负, 利用它们有可能降低所配组合的株高、穗位高。父本系中  $W_1$ 、 $W_4$  及母本系中的  $Q_1$  的穗长 GCA 为正, 秃尖长 GCA 为负, 利用它们有可能提高所配组合的穗长, 降低秃尖长。父本系中  $W_8$ 、 $W_4$ , 母本系中  $Q_4$ 、 $Q_8$  籽粒深度 GCA 为正, 利用这些自交系有可能组配出籽粒较深的组合。父本系中  $W_1$ , 母本系中  $Q_8$  穗行数、行粒数 GCA 均为正, 利用这些自交系有可能组配出较高穗行数和行粒数的组合。

**基金项目** 2016 年成都市科技局“粮油新材料新品种和高效集成技术研发与应用”。

**作者简介** 秦燕(1981—), 女, 四川隆昌人, 农艺师, 硕士, 从事玉米育种研究。

**收稿日期** 2017-08-11

父本系中  $W_1$ 、 $W_4$ 、 $W_8$ ，母本系中  $Q_1$ 、 $Q_3$  出籽率 GCA 为正，利用这些自交系有可能组配出出籽率较高的组合。父本系中  $W_1$ 、 $W_4$ 、 $W_5$ ，母本系中  $Q_1$ 、 $Q_4$  百粒重 GCA 为正，利用这些自交系有可能增加所配组合的百粒重。父本系中  $W_1$ 、 $W_4$ 、 $W_5$ ，母本系中  $Q_1$ 、 $Q_4$ 、 $Q_8$  产量 GCA 均为正，利用这些自交系有可能组配出高产组合。

分析产量 GCA 相对效应值较高的 6 个自交系的其余性状可知， $W_1$  可增加所配组合的株高、穗位高、穗长、籽粒深度、穗行数、行粒数、出籽率、百粒重等性状，减少秃尖长。 $W_4$  可增加所配组合的株高、穗长、籽粒深度、行粒数、出籽率、百粒重等性状，降低或减少穗位高、秃尖长、穗行数。 $W_5$  可增

加株高、穗位高、穗长、行粒数、出籽率、单株产量等性状，降低或减少秃尖长、籽粒深度、穗行数。 $Q_1$  可增加穗位高、穗长、籽粒深度、行粒数、出籽率、百粒重等性状，降低或减少株高、秃尖长、穗行数。 $Q_4$  可增加籽粒深度、穗行数、行粒数、出籽率、百粒重，降低或减少株高、穗位高、穗长、秃尖长。 $Q_8$  可增加株高、穗位高、穗长、秃尖长、籽粒深度、穗行数、行粒数、百粒重，可降低出籽率。结果表明  $W_1$ 、 $W_4$ 、 $W_5$ 、 $Q_1$ 、 $Q_4$ 、 $Q_8$  多数性状 GCA 效应值为正，但也有少数性状 GCA 效应值为负，表明一个优良的自交系不是每个性状都很好，主要在目标或某性状上表现出较高的配合力，根据育种目标进行合适的组配，以期获得在某一个或某几个目标性状较优良的杂交组合。

表 1 各性状方差分析结果(F 值)

Table 1 Analysis result of variance for different traits (F value)

变异来源 Source of variation	自由度 Df	株高 Plant height	穗位高 Ear height	穗长 Ear length	秃尖长 Sterile length	籽粒深度 Kernel depth	穗行数 Row per ear	行粒数 Kernels per row	出籽率 Seeding rate	百粒重 100-kernel weight	单株产量 Yield per plant
区组 Blocks	2	1.23	1.33	0.52	0.82	0.70	0.89	0.17	0.003	1.29	1.13
组合 Crosses	63	1.08**	3.23**	2.27**	1.48**	2.12**	17.03**	6.14**	5.63**	5.62**	4.42**
GCA W	7	3.32**	4.23**	3.65**	3.24**	2.34**	8.55**	9.27**	5.23**	3.53**	5.12**
GCA Q	7	2.49*	2.85*	3.24**	3.56**	4.73**	3.22*	4.45**	6.35**	4.52**	5.23**
SCA W × Q	49	1.89**	2.37**	2.42**	3.84**	2.54**	8.72**	2.83**	5.19**	5.23**	4.25**
误差 Error	146	5.84	1.50	2.42	0.54	0.01	0.23	4.24	0.000 2	4.32	2.14

注：\*，\*\* 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上差异显著

Note: \* and \*\* indicate significant difference at 0.05 and 0.01 level, respectively

表 2 各自交系主要农艺、经济性状的 GCA 相对效应值

Table 2 GCA effect of primary agriculture practical characters in inbred lines

序号 Code	自交系 Inbred line	株高 Plant height	穗位高 Ear height	穗长 Ear length	秃尖长 Sterile length	籽粒深度 Kernel depth	穗行数 Row per ear	行粒数 Kernels per row	出籽率 Seeding rate	百粒重 100-kernel weight	单株产量 Yield per plant
1	$W_1$	8.5	7.1	11.3	-1.9	1.7	8.2	9.8	3.1	9.9	11.2
2	$W_2$	-5.2	2.1	-4.3	0.2	-0.2	3.3	-8.6	-4.3	-3.2	-13.2
3	$W_3$	-4.3	-4.4	-8.4	2.1	-4.1	-1.5	-2.4	-0.8	-8.3	-5.4
4	$W_4$	3.6	-4.5	5.9	-1.5	4.2	-8.3	3.8	2.5	0.9	4.5
5	$W_5$	5.3	4.0	5.0	-2.5	-9.1	-2.9	7.9	1.8	4.6	8.9
6	$W_6$	-6.2	3.5	-7.9	-2.4	-2.1	3.1	-3.3	-1.6	-4.1	-3.7
7	$W_7$	-4.7	-4.7	0.8	7.4	-0.4	-6.2	-2.9	-3.3	-4.0	0.5
8	$W_8$	3.1	-3.2	-2.5	-1.4	10.1	4.2	-4.3	2.6	4.3	-2.7
9	$Q_1$	-1.1	6.3	6.5	-4.3	1.4	-1.7	9.9	2.5	4.2	5.1
10	$Q_2$	-3.5	0.2	-5.2	3.5	-2.6	0.4	-3.6	-3.2	-0.7	-6.2
11	$Q_3$	9.3	9.4	1.1	-2.2	0.3	-8.7	1.0	3.6	-4.3	0.4
12	$Q_4$	-4.7	-2.9	-1.8	-7.8	8.6	6.8	1.5	0.2	9.5	7.7
13	$Q_5$	3.5	-8.3	-2.1	6.4	-3.4	-5.4	-4.9	-2.7	-2.5	-10.3
14	$Q_6$	-8.4	-4.1	-9.5	3.5	-9.7	-3.7	-5.8	-0.9	-10.5	-6.2
15	$Q_7$	-2.9	-6.1	0.6	-1.7	-1.0	7.3	-1.8	1.3	0.2	-3.1
16	$Q_8$	7.8	5.4	10.3	2.6	6.3	5.1	3.5	-0.8	4.1	12.6

**2.3 特殊配合力分析** 特殊配合力是杂交组合与双亲一般配合力预期结果的偏差，它的高低决定于亲本基因型的非加性基因效应，不能稳定遗传<sup>[7]</sup>。将 SCA 效应值按正向、负向进行组合归类(表 3)。可见各性状 SCA 效应值为正向和负向的杂交组合个数相当，正向、负向效应值变幅较大。效应值最大(株高、穗位高、秃尖长按负向最大的计)的组合中， $W_5$  在穗长、穗行数、百粒重等 3 个性状中出现， $W_5$  的这 3 个性状 GCA 效应值依次为 5.0、-2.9、4.6，由此可见，SCA 高

的组合，其亲本 GCA 未必高，反之 GCA 高的亲本组配的组合 SCA 未必一定高，这与吴宏亮等<sup>[8]</sup>的研究结果基本一致。 $W_4 \times Q_8$  是产量性状 SCA 表现最好的组合， $W_6 \times Q_6$  是产量性状 SCA 表现较差的组合，由表 2 可知， $W_4$  和  $Q_8$  的产量 GCA 相对效应值均为正， $W_6$  和  $Q_6$  的 GCA 相对效应值均为负，表明 SCA 高的组合，其双亲或者 1 个亲本的 GCA 也较高，SCA 低的组合，其双亲或者 1 个亲本的 GCA 也较低。因此，新选自交系的利用，在 GCA 选择基础上还应注重 SCA 选择。

表 3 各性状 SCA 效应值达显著或极显著水平的杂交组合数、效应值变幅及正向、负向效应值最大的组合

Table 3 Positively or negatively significant hybrids, ranges and hybrid name for SCA effect of different traits

性状 Trait	正向组合数 Positively significant hybrids	负向组合数 Negatively significant hybrids	效应值变幅 Range of SCA effect	正向效应值最大的杂交组合 Hybrid with maQ. positive SCA effect	负向效应值最大的杂交组合 Hybrid with maQ. negative SCA effect
株高 Plant height	31	33	-9.86 ~ 10.45	W <sub>4</sub> × Q <sub>7</sub>	W <sub>3</sub> × Q <sub>1</sub>
穗位高 Ear height	30	34	-10.69 ~ 11.97	W <sub>5</sub> × Q <sub>8</sub>	W <sub>8</sub> × Q <sub>2</sub>
穗长 Ear length	32	32	-8.02 ~ 10.25	W <sub>5</sub> × Q <sub>3</sub>	W <sub>3</sub> × Q <sub>4</sub>
秃尖长 Sterile length	33	31	-12.00 ~ 15.16	W <sub>3</sub> × Q <sub>8</sub>	W <sub>6</sub> × Q <sub>7</sub>
籽粒深度 Kernel depth	31	33	-9.24 ~ 11.54	W <sub>8</sub> × Q <sub>4</sub>	W <sub>5</sub> × Q <sub>3</sub>
穗行数 Row per ear	33	31	-8.48 ~ 12.57	W <sub>5</sub> × Q <sub>7</sub>	W <sub>4</sub> × Q <sub>6</sub>
行粒数 Kernels per row	32	32	-8.05 ~ 10.54	W <sub>6</sub> × Q <sub>3</sub>	W <sub>2</sub> × Q <sub>7</sub>
出籽率 Seeding rate	33	31	-4.52 ~ 3.26	W <sub>8</sub> × Q <sub>1</sub>	W <sub>2</sub> × Q <sub>6</sub>
百粒重 100-kernel weight	34	30	-9.54 ~ 12.44	W <sub>5</sub> × Q <sub>4</sub>	W <sub>2</sub> × Q <sub>7</sub>
单株产量 Yield per plant	32	32	-8.64 ~ 8.65	W <sub>4</sub> × Q <sub>8</sub>	W <sub>6</sub> × Q <sub>6</sub>

**2.4 遗传参数分析** 由表 4 可知,穗长、秃尖长、穗行数的 GCA 方差远大于 SCA 方差,说明这些性状受加性基因影响。行粒数的 GCA 方差略大于 SCA 方差,该性状同时受加性基因和非加性基因影响,加性基因影响略大于非加性基因。株高、穗位高、出籽率、百粒重、单株产量的 GCA 方差远小于 SCA 方差,表明这些性状主要受非加性基因影响。籽粒深度的 GCA 方差略小于 SCA 方差,表明该性状同时受加性基因

和非加性基因影响,加性基因影响略小于非加性基因。穗长、秃尖长、穗行数等性状的广义遗传力和狭义遗传力都较高,且主要受加性基因影响,宜在早代进行选择。株高、穗位高、出籽率、百粒重、单株产量的广义遗传力较高,而狭义遗传力偏低,且主要受非加性基因影响,适宜在晚代进行选择。这与苟才明等<sup>[9]</sup>的研究结果大体一致。

表 4 各性状遗传参数估值

Table 4 Genetic parameters for different characters

遗传参数 Genetic parameter	株高 Plant height	穗位高 Ear height	穗长 Ear length	秃尖长 Sterile length	籽粒深度 Kernel depth	穗行数 Row per ear	行粒数 Kernels per row	出籽率 Seeding rate	百粒重 100-kernel weight	单株产量 Yield per plant
GCA 方差 GCA variance	41.25	35.47	76.38	62.53	45.56	65.46	54.29	11.23	29.59	33.25
SCA 方差 SCA variance	58.75	64.53	23.62	37.47	54.44	34.54	45.71	88.77	70.41	66.75
广义遗传力(%) Heritability(B)	64.21	58.24	44.62	52.12	50.24	52.36	46.23	63.65	65.21	52.35
狭义遗传力(%) Heritability(N)	31.24	21.74	41.25	31.45	41.45	38.24	26.89	15.67	20.37	26.61

### 3 结论与讨论

配合力是自交系的一种内在特性,它不是通过自交系自身的农艺、经济性状表现可以确定的,而是由其所配杂交组合各性状表现来体现<sup>[10]</sup>。一般配合力分析表明,自交系 W<sub>3</sub>、W<sub>7</sub>、Q<sub>4</sub>、Q<sub>6</sub>、Q<sub>7</sub> 在降低株高、穗位高方面表现较好。W<sub>1</sub>、W<sub>4</sub>、Q<sub>1</sub> 在增加穗长、减少秃尖长方面表现较好。Q<sub>4</sub>、Q<sub>6</sub> 在增加穗粗、降低轴粗方面表现较好。W<sub>8</sub>、W<sub>4</sub>、Q<sub>4</sub>、Q<sub>8</sub> 在增加籽粒深度方面表现较好。W<sub>1</sub>、Q<sub>8</sub> 在增加穗行数和行粒数方面表现较好。W<sub>1</sub>、W<sub>4</sub>、W<sub>8</sub>、Q<sub>1</sub>、Q<sub>3</sub> 在增加出籽率方面表现较好。W<sub>1</sub>、W<sub>4</sub>、W<sub>5</sub>、Q<sub>1</sub>、Q<sub>4</sub> 等在增加百粒重方面表现较好。W<sub>1</sub>、W<sub>4</sub>、W<sub>5</sub>、Q<sub>1</sub>、Q<sub>4</sub>、Q<sub>8</sub> 在增加产量方面表现较好。因而对新选自交系的利用,首先应测定其配合力,再根据测定结果有针对性地配置组合或改良自交系,在一般配合力选择的基础上强调特殊配合力的选择。

### 参考文献

- [1] 盖钧镒. 作物育种学各论[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 128.
- [2] 贾亚涛, 纪志芳, 苏冰倩, 等. 9 个玉米自交系配合力和遗传参数分析[J]. 山西农业科学, 2015, 43(2): 127-130.
- [3] 崔超, 高聚林, 于晓芳, 等. 18 个玉米自交系氮效率相关性状的配合力分析[J]. 作物学报, 2014, 40(5): 838-849.
- [4] 付忠军, 杨华, 祁志云, 等. 6 份 CIMMYT 玉米自交系穗部性状配合力分析[J]. 湖北农业科学, 2014, 53(14): 3241-3243.
- [5] 秦燕, 郭泓盛, 杨新梅, 等. 两个玉米人工合成群体选系的配合力分析[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(20): 82-84, 102.
- [6] 明道绪, 黄玉碧. 不完全双列杂交单株资料的配合力分析[J]. 西南农业学报, 1994, 7(3): 102-107.
- [7] 高之仁. 数量遗传学[M]. 成都: 四川大学出版社, 1986: 413-433.
- [8] 吴宏亮, 康建宏, 张立杰, 等. 8 个玉米自交系穗部性状配合力分析[J]. 山东农业科学, 2013, 45(10): 20-23.
- [9] 苟才明, 杨克诚. 5 个玉米人工合成群体选系的配合力分析[J]. 华北农学报, 2008, 23(2): 62-67.
- [10] 敖君. 几个玉米自交系主要数量性状配合力分析[J]. 玉米科学, 1999, 7(1): 41-42.