



姚玉波,赵东升,刘继忠,等. 13 份玉米自选系配合力分析[J]. 黑龙江农业科学,2022(8):91-95.

13 份玉米自选系配合力分析

姚玉波^{1,2},赵东升²,刘继忠²,郭永利²,张树权²

(1. 黑龙江省农业科学院 博士后科研工作站,黑龙江 哈尔滨 150086;2. 黑龙江省农业科学院 经济作物研究所,黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:为在育种过程中高效利用玉米自交系,以 13 个选育的玉米自交系为材料,利用 NCII 设计组配 40 个杂交组合,对 12 个性状进行一般配合力(GCA)和特殊配合力(SCA)分析。结果表明,株高、穗位和茎粗 GCA 表现较好的 F25 可作为亲本改良后代的抗倒伏能力;M136、M118、F175 和 F10 的单株产量 GCA 较高,可作为高产育种材料的候选亲本;单株产量 SCA 较高的杂交组合有 M135×F147、M136×F10、M136×F175、M27×F25、M33×F175,可进一步鉴定密度、适应性、稳产性、抗性等。

关键词:玉米;自交系;一般配合力;特殊配合力

自 2013 年以来,玉米已经成为我国最大的谷类粮食作物,占全球玉米产量的 21%^[1-2]。由于其高能量值和高转化效率,玉米是关键的饲料和生物原料^[3-4]。玉米是我国重要的粮食作物,提高玉米产量在保障国家粮食安全方面发挥了关键作用^[5]。张雪梅^[6]分析表明,1991—1996 年中国玉米良种播种面积的比重对玉米单产提高的贡献率是 19.77%,刘世梦倪等^[7]以 2001—2018 年 14 个玉米主产省份数据为样本分析认为,依靠新品种改良对玉米单产的贡献率为 42.18%,可见玉米品种改良在保障粮食安全中的重要地位。

一般配合力(GCA)是指一个亲本在其所有杂交组合中表现的平均配合效应,是由亲本基因型的加性效应基因决定的,是可遗传的部分。特殊配合力(SCA)是指在特定组合内,两亲本自交系各自贡献给杂交种的基因通过互作而表现的非加性基因效应^[8]。在选配组合时,同时选择 GCA 和 SCA 均较高的组合更易取得较好的效果。优良玉米品种的选育基础是自交系,不同自交系间的组合能力不同,使子代表现出较大的差异,因此配合力是评价自交系的重要指标,为育种工作提供理论基础,提高育种效率^[9]。在选育出配合力较高的自交系基础上,选育杂种优势群形成杂种优势模式^[10],提高育成强优势杂交种的概率,为

种质资源的改良提供坚实的理论基础^[11-12]。本研究以 13 个玉米自交系为试验材料,采用不完全双列杂交设计,对株高、穗位、穗长、穗粗等 12 个性状,进行配合力分析,以期自交系在育种过程中的高效、合理利用提供材料基础和理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

本研究选用的材料为团队近年来以美系材料为基础选育的 13 份自交系,其中母本材料 8 份(SS):M2、M27、M33、M56、M57、M118、M135 和 M136,父本材料 5 份(NSS):F4、F10、F25、F147 和 F175。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 2020 年按不完全双列杂交(NCII)设计组配 40 份杂交组合,2021 年在黑龙江省农业科学院经济作物研究所康金试验基地进行田间种植,采用随机区组设计,3 行区,行长 5 m,株距 0.25 m,行距 0.65 m,3 次重复,田间管理同大田。

1.2.2 测定项目及方法 植株农艺性状的调查是在成熟期取中间行 10 穗玉米,测量其株高(cm)、穗位(cm)、茎粗(cm)、穗长(cm)、穗粗(cm)、穗行数(行)、行粒数(粒)、秃尖(cm)、出籽率(%)、百粒重(g)、单株产重(g)和籽粒深(cm),均取平均值。

一般配合力和特殊配合力的计算根据刘来福等^[13]、莫惠栋^[14]的方法计算。

1.2.3 数据分析 利用 Excel 2017 和 DPS v7.05 软件对数据进行统计分析。

收稿日期:2022-06-02

基金项目:黑龙江省农业科学院“农业科技创新跨越工程”玉米科技创新专项(HNK2019CX03);黑龙江半湿润区春玉米全程机械化丰产增效技术体系集成与示范(2018YFD0300102)。

第一作者:姚玉波(1984—),女,博士,助理研究员,从事作物育种和栽培研究。E-mail:yaoyubo2009@aliyun.com。

2 结果与分析

2.1 农艺性状与产量的方差分析

由表 1 可知,组合间及父本×母本的 12 个性

状和产量性状均达到极显著差异水平,说明不同组合间这些性状存在遗传差异,可以进一步开展一般配合力和特殊配合力效应分析。

表 1 12 个农艺性状和产量性状方差分析(F 值)

变异来源	自由度	株高	穗位	茎粗	穗长	穗粗	穗行数	行粒数	秃尖	出籽率	百粒重	籽粒深	单株产量
组合	39	156.78**	382.05**	397.88**	24.58**	9.68**	3.40**	5.72**	7.42**	940.18**	61.30**	16.30**	174.91**
父本	4	1.00	0.66	1.98	2.08	1.12	0.35	0.61	1.04	0.61	1.33	0.15	5.63**
母本	7	0.65	0.73	0.80	1.71	0.26	0.51	1.66	0.91	0.75	0.42	0.65	1.42
父本×母本	28	167.41**	416.95**	374.13**	19.85**	11.01**	4.02**	5.30**	7.50**	1028.41**	65.96**	19.20**	112.79**

注:**表示在P≤1%水平差异显著。

2.2 一般配合力效应分析

一般配合力(GCA)主要是由基因的加性效应决定的,GCA 越高则该自交系的有利基因位点越多,组配出优良杂交组合的概率会更高^[15-16]。

由表 2 可知,13 份自交系各性状的 GCA 效应值均存在差异。株高和穗位的 GCA 效应值分别为-25.17~24.15 和-9.38~15.30,其中负向 GCA 效应值均较高的自交系有 M33、F25、

M56 和 M135,说明以这些材料作为亲本可以降低后代的株高和穗位。茎粗的 GCA 效应值为-0.18~0.22,最高的是 M136,最低的是 M33,综合株高、穗位和茎粗的 GCA 效应值,F25 作亲本有利于提高后代的抗倒伏能力。

秃尖的 GCA 效应值为-0.33~0.52,其中负向效应值较高的有 M27、M118、M136、M56 和 F147,可利用这些材料对秃尖较严重的材料进行改良。

表 2 不同自交系各性状一般配合力效应值

自交系	株高	穗位	茎粗	穗长	穗粗	穗行数	行粒数	秃尖	出籽率	百粒重	籽粒深	单株产量
M2	-1.21	-7.58	0.02	0.96	-0.02	0.42	0.88	0.44	-0.73	-1.29	-0.06	-6.97
M27	10.87	7.15	-0.07	-0.77	-0.03	0.15	0.42	-0.33	1.61	-1.00	0.04	-4.67
M33	-25.17	-5.35	-0.18	-1.49	-0.38	-0.92	-1.98	-0.03	0.75	-2.19	-0.01	-22.13
M56	-9.23	-2.24	-0.06	-1.03	0.25	0.55	-0.98	-0.21	-1.25	1.24	0.02	-7.13
M57	12.27	10.40	0.11	0.02	-0.01	0.15	0.55	0.05	0.23	-3.06	0.01	-11.37
M118	-3.10	-8.27	-0.01	-0.30	0.09	-0.38	-0.85	-0.23	0.28	2.71	0.03	17.17
M135	-8.42	-3.61	-0.03	1.19	-0.03	-0.65	-0.45	0.52	-0.50	0.31	-0.03	-5.67
M136	23.99	9.49	0.22	1.43	0.14	0.68	2.42	-0.22	-0.39	3.28	0.00	40.77
F4	-4.19	-0.53	0.07	0.10	-0.13	-0.75	1.62	-0.05	0.50	-1.23	-0.02	-11.40
F10	-11.71	-0.75	-0.03	-0.20	0.02	0.00	-1.30	0.27	-1.25	-0.69	0.01	5.24
F25	-8.96	-4.65	0.02	0.22	-0.08	0.00	0.66	0.06	1.17	-2.35	-0.02	-4.98
F147	0.70	-9.38	-0.11	-0.07	0.05	-0.33	-0.97	-0.20	-1.34	3.38	-0.05	-4.88
F175	24.15	15.30	0.05	-0.06	0.14	1.08	-0.01	-0.09	0.92	0.88	0.08	16.02

各产量性状,穗长、穗粗、穗行数和行粒数的 GCA 效应值分别为-1.49~1.43、-0.38~0.25、-0.92~1.08 和-1.98~2.42,GCA 效应值最低的均是 M33。出籽率的 GCA 效应值为-1.34~1.61,其中正向效应由高到低依次为 M27、F25、F175、M33、F4、M118 和 M57。百粒重的 GCA 效应值为-3.06~3.38,其中正向效应由高到低依次为 F147、M136、M118、M56、F175

和 M135,最低的是 M57。籽粒深的 GCA 效应值变化较小为-0.06~0.08,其中正向效应由高到低依次为 F175、M27、M118、M56、M57 和 F10,最低的是 M2。单株产量的 GCA 效应值变化较大,变化范围是-22.13~40.77,其中正向效应由高到低依次为 M136、M118、F175 和 F10,最低的是 M33。

2.3 特殊配合力效应分析

特殊配合力(SCA)是受基因的显性、上位性以及基因与环境相互作用的影响^[17]。不同组合各性状的 SCA 值存在明显差异。

由表 3 可知,组配的 40 个杂交组合,株高为正向效应的有 16 个组合,其中较高的有 M135×F25、M57×F175、M2×F4 等。穗位为正向效应的有 18 个组合,其中较高的有 M57×F175、M2×F4、M135×F25 等。茎粗为正向效应有 18 个组合,其中较高的有 M2×F175、M136×F4、M135×F25 等。穗长为正向效应的有 19 个组合,其中较高的有 M33×F175、M2×F10、M135×F25 等。穗粗为正向效应的有 23 个组合,其中较高的有 M33×F4、M136×F25、M2×F175 等。穗行数为正向效应的有 18 个组合,其

中较高的有 M2×F10、M56×F10、M118×F4 等。行粒数为正向效应的有 18 个组合,其中较高的有 M33×F147、M33×F175、M136×F10 等。秃尖为负向效应的有 22 个组合,其中较高的有 M135×F4、M57×F10、M135×F147 等。出籽率为正向效应的有 20 个组合,其中较高的有 M56×F175、M33×F4、M56×F25 等。百粒重为正向效应的有 22 个组合,其中较高的有 M2×F147、M56×F147、M136×F10 等。籽粒深为正向效应的有 17 个组合,其中较高的有 M33×F175、M2×F175、M27×F25 等。单株产量为正向效应的有 20 个组合,其中较高的有 M135×F147、M136×F10、M136×F175、M27×F25、M33×F175 等。

表 3 不同自交系杂交组合各性状特殊配合力效应值

杂交组合	株高	穗位	茎粗	穗长	穗粗	穗行数	行粒数	秃尖	出籽率	百粒重	籽粒深	单株产重
M2×F4	25.52	21.18	-0.21	-1.10	-0.10	-1.25	-1.88	0.05	0.94	1.82	-0.02	-4.96
M27×F4	-26.96	-17.86	-0.12	0.84	0.11	-0.32	0.92	0.01	-0.49	3.25	0.03	6.81
M33×F4	3.57	11.04	0.18	1.49	0.29	0.08	3.32	-0.02	1.90	2.87	0.04	18.82
M56×F4	14.33	5.10	-0.14	0.93	-0.04	-0.05	1.65	-0.11	-1.35	-1.41	-0.03	9.44
M57×F4	-2.66	-0.74	0.05	-0.19	-0.28	-0.32	-0.55	0.94	-0.70	2.52	0.02	8.79
M118×F4	-14.19	-19.24	0.07	-0.07	0.12	1.55	-1.82	-0.09	0.05	-0.86	-0.01	-6.74
M135×F4	-5.17	-2.69	-0.11	-1.02	-0.26	-0.85	1.45	-0.83	1.08	-2.63	0.00	-9.14
M136×F4	5.55	3.20	0.28	-0.87	0.17	1.15	-3.08	0.04	-1.43	-5.56	-0.03	-23.02
M2×F10	-6.99	15.50	-0.20	2.16	0.12	2.00	2.03	-0.36	-0.42	-3.79	-0.07	2.38
M27×F10	-6.24	-6.70	0.04	0.43	0.26	0.27	1.83	-0.14	1.19	2.90	0.00	10.98
M33×F10	-18.91	-12.17	-0.17	-4.58	-0.56	-0.67	-12.43	0.63	-1.22	-5.36	-0.14	-23.68
M56×F10	-9.65	-12.08	0.20	-1.04	0.08	1.87	-0.10	0.34	1.25	-2.76	0.05	-4.24
M57×F10	2.96	-2.42	-0.02	-0.09	0.07	0.27	0.03	-0.68	1.09	2.13	0.03	-18.65
M118×F10	19.23	17.28	-0.02	1.06	-0.02	-2.53	3.10	-0.20	0.32	2.12	0.01	9.91
M135×F10	-5.12	-17.50	-0.02	0.91	-0.04	-0.93	1.70	0.66	-2.01	0.99	0.05	-5.61
M136×F10	24.71	18.09	0.19	1.16	0.09	-0.27	3.83	-0.24	-0.20	3.76	0.05	28.91
M2×F25	-6.94	1.23	-0.10	0.84	-0.35	0.00	0.41	0.71	-1.35	-3.68	-0.04	-7.74
M27×F25	-3.05	-1.04	-0.07	-0.52	0.26	0.93	1.21	-0.10	0.21	-0.96	0.07	27.01
M33×F25	-6.78	1.39	-0.16	-0.94	0.14	0.00	-0.39	-0.23	-0.53	1.26	0.04	-24.52
M56×F25	-5.96	-10.81	-0.11	-0.13	-0.05	-0.13	-1.06	-0.22	1.87	1.36	0.04	18.95
M57×F25	-11.18	-13.45	0.00	-0.65	0.00	-1.07	2.74	-0.37	-0.46	0.57	0.00	10.32
M118×F25	6.35	7.15	0.18	0.50	-0.19	0.13	-0.19	-0.10	0.07	0.91	-0.03	8.94
M135×F25	35.50	18.66	0.27	1.98	-0.11	0.40	-0.93	0.10	-0.59	-0.27	-0.06	1.50
M136×F25	-7.94	-3.11	-0.01	-1.10	0.29	-0.27	-1.79	0.20	0.78	0.82	-0.02	-34.46

表 3(续)

杂交组合	株高	穗位	茎粗	穗长	穗粗	穗行数	行粒数	秃尖	出籽率	百粒重	籽粒深	单株产重
M2×F147	-5.87	-19.64	0.16	-0.50	0.05	-1.00	-0.30	-0.13	-0.54	6.95	0.04	-0.42
M27×F147	19.28	16.06	0.13	-0.30	-0.31	-0.07	-0.50	0.16	1.73	-6.17	-0.03	-16.71
M33×F147	16.02	1.03	0.09	1.42	0.04	1.00	5.23	-0.14	-0.61	-1.97	-0.03	5.05
M56×F147	10.68	15.79	0.17	0.06	0.01	-1.13	-0.77	0.04	-3.80	4.36	-0.01	-9.38
M57×F147	-16.82	-13.99	-0.06	0.54	0.07	0.60	-1.63	0.09	0.76	-2.69	-0.03	-4.40
M118×F147	-12.42	-3.22	-0.06	-0.64	0.01	1.13	-0.90	0.43	-0.07	-3.56	-0.01	-4.41
M135×F147	-7.56	11.19	-0.24	-1.16	0.19	0.73	-1.30	-0.51	0.91	2.51	0.06	28.96
M136×F147	-3.30	-7.21	-0.19	0.59	-0.05	-1.27	0.17	0.06	1.62	0.56	0.03	1.32
M2×F175	-5.72	-18.26	0.35	-1.41	0.29	0.25	-0.26	-0.27	1.37	-1.30	0.09	10.75
M27×F175	16.97	9.54	0.02	-0.44	-0.33	-0.82	-3.46	0.06	-2.64	0.98	-0.08	-28.08
M33×F175	6.10	-1.29	0.06	2.61	0.09	-0.42	4.28	-0.24	0.46	3.20	0.09	24.34
M56×F175	-9.41	2.00	-0.12	0.18	-0.01	-0.55	0.27	-0.06	2.03	-1.56	-0.06	-14.77
M57×F175	27.70	30.60	0.03	0.40	0.15	0.52	-0.59	0.02	-0.68	-2.53	-0.02	3.95
M118×F175	1.03	-1.97	-0.17	-0.85	0.09	-0.28	-0.19	-0.04	-0.38	1.39	0.04	-7.70
M135×F175	-17.65	-9.66	0.10	-0.70	0.23	0.65	-0.93	0.59	0.61	-0.60	-0.04	-15.71
M136×F175	-19.02	-10.96	-0.28	0.22	-0.50	0.65	0.87	-0.05	-0.77	0.42	-0.02	27.23

3 讨论

利用杂种优势的核心是选配强优势组合,关键是亲本自交系的选择^[18],配合力作为评价玉米自交系优劣的重要指标,是杂种优势利用的依据,因此国内外学者进行大量研究取得了一系列的研究成果。在配制杂交组合时,要同时考虑 GCA 和 SCA 的表现,才有利于选出强优势的杂交组合^[19]。本研究以选育的 13 份玉米自交系为试验材料,对株高、穗位、茎粗、穗长、穗粗、穗行数、行粒数、秃尖、出籽率、百粒重、籽粒深和单株产量进行 GCA 和 SCA 分析,结果表明株高和穗位的负向 GCA 效应值较高的材料为 M33、F25、M56 和 M135,结合茎粗的正向 GCA 效应值,筛选出 F25 可用于抗倒伏能力的改良;秃尖直接影响玉米产量,负向 GCA 效应值较高的材料有 M27、M118、M136、M56 和 F147 可用于对秃尖性状的改良;不同自交系材料的各产量性状的 GCA 存在较大差异,单株产量表现突出的材料有 M136、M118、F175 和 F10,可作为组配高产杂交组合的亲本材料。玉米株高与生物量相关,相关研究发现,生物量的差异是导致玉米产量差异的主要原因,我国玉米生物量增加对产量的贡献率为 73.71%,不同生态区有所差异,其中北方地区生物量的贡献率为 64.46%^[5]。本研究发现,有些材料单株产

量和株高的 GCA 效应值呈正相关,如 M33 株高的效应值最低,单株产量的效应值也最低,M136 的单株产量效应值最高,株高的效应值也很高。如何平衡产量、株高和抗倒伏能力的关系,对自交系加以改良和利用,有待开展进一步的研究。龙凤等^[16]研究发现,自交系 GCA 和其在杂交组合中表现的 SCA 并不一定同步。本研究分析发现,单株产量 GCA 效应值较高的材料 M136、M118、F175 和 F10,组配的杂交组合 M136×F10、M136×F175、M33×F175 的单株产量 SCA 均较高,杂交组合 M135×F147 的单株产量最高,两个亲本自交系的单株产量 GCA 效应值均为负向效应,但 M135 的穗长和 F147 百粒重的 SCA 较高,可能造成 M135×F147 组合的 GCA 有较好的表现。因此,要利用好杂种优势,要综合考虑亲本多个性状的 GCA 和组合的 SCA,对表现较好的杂交组合,进一步进行密度、适应性、稳产性、抗性鉴定工作。

4 结论

F25 可作为候选亲本改良后代的抗倒伏能力;单株产量 GCA 较高的材料 4 份,分别为 M136、M118、F175 和 F10,可作为高产育种材料的候选亲本;单株产量 SCA 较高的杂交组合 5 个,分别为 M135×F147、M136×F10、M136×F175、M27×F25 和 M33×F175。

参考文献:

[1] FAOFAOSTAT-Agriculture database [DB/OL]. <http://Faostat.fao.org/>, 2016.

[2] LIU B, CHEN X, MENG Q, et al. Estimating maize yield potential and yield gap with agro-climatic zones in China—Distinguish irrigated and rainfed conditions[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2017, 239: 108-117.

[3] LORENZ A J, GUSTAFSON T J, COORS J G, et al. Breeding maize for a bioeconomy: A literature survey examining harvest index and stover yield and their relationship to grain yield[J]. Crop Science, 2010, 50: 1-12.

[4] WANG Y H, WANG K R, ZHAO R L, et al. Relationship between the source and sink of spring maize with high yield [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2013, 7: 949-955.

[5] LIU W M, HOU P, LIU G Z, et al. Contribution of total dry matter and harvest index to maize grain yield—A multi-source data analysis[J]. Food and Energy Security, 2020, 9: e256.

[6] 张雪梅. 我国玉米生产增长因素的分析[J]. 农业技术经济, 1999(2): 33-36.

[7] 刘世梦倪, 宋敏. 品种改良对玉米单产的贡献率分析[J]. 河南农业大学学报, 2021, 55(2): 364-371.

[8] 张天真. 作物育种学总论[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.

[9] 高之仁. 数量遗传学[M]. 成都: 四川大学出版社, 1986.

[10] 刘志新, 姜敏, 王金君, 等. 国内几个主要玉米群体材料配合力分析及利用价值评价[J]. 杂粮作物, 2005, 25(3): 125-128.

[11] 李新海, 袁力行, 李晓辉, 等. 利用 SSR 标记划分 70 份我国玉米自交系的杂种优势群[J]. 中国农业科学, 2003, 36(6): 622-627.

[12] 卢庆善. 农作物杂种优势[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2001.

[13] 刘来福, 毛盛贤, 黄远樟. 作物数量遗传[M]. 北京: 农业出版社, 1984: 206-250.

[14] 莫惠栋. 农业试验统计[M]. 2 版. 上海: 上海科学技术出版社, 1992.

[15] 于阳雪, 刘珈玲, 贾琳, 等. 玉米自交系适机收相关性状配合力分析[J]. 玉米科学, 2018, 26(3): 22-27.

[16] 龙凤, 李承波, 彭忠华. 6 个新选玉米自交系的配合力分析[J]. 种子, 2021, 40(8): 111-115.

[17] 宋小霞. 12 个玉米自交系主要数量性状配合力分析[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2012.

[18] 王梅英. 玉米黄改系杂种优势表现及遗传特性研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2008.

[19] 张向群. 玉米自交系两种配合力在杂种一代的表现[J]. 作物学报, 1987, 13(2): 135-142.

Combining Ability Analysis of 13 Maize Inbred Lines

YAO Yu-bo^{1,2}, ZHAO Dong-sheng², LIU Ji-zhong², GUO Yong-li², ZHANG Shu-quan²

(1. Postdoctoral Programme of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China; 2. Institute of Industrial Crops, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

Abstract: In order to make efficient use of maize inbred lines in the breeding process, 13 selected maize inbred lines were used as tested materials, 40 maize crosses were obtained based on NCII genetic mating design, and 12 traits were analyzed for general combining ability and specific combining ability. The results showed that F25 with higher GCA performance in plant height, ear height and stem diameter which could be used as a parent to improve the lodging resistance; M136, M118, F175 and F10 had higher GCA of per plant yield and could be used as parents for high-yielding breeding materials. The hybrid combinations with higher SCA of yield per plant include M135 × F147, M136 × F10, M136 × F175, M27 × F25 and M33 × F175, which can be further identified for other characteristics, such as density, adaptability, stable yield and resistance.

Keywords: maize; inbred lines; general combining ability; special combining ability

著作权使用声明

本刊已许可中国知网、维普网、万方数据等知识服务平台以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。本刊支付的稿酬已包含著作权使用费, 所有署名作者向本刊提交文章发表之行为视为同意上述声明。

黑龙江农业科学编辑部