

优良玉米自交系植株性状配合力 及其利用价值分析

苏玉杰 鹿红卫 杨美丽 程建梅 赵树政 张素芬 李宝峰

李九勤 刘桂海 程 翠 吴 勇 张晓春 秦贵文

(河南省鹤壁市农业科学院, 鹤壁 458030)

摘要: 选用综合性状较好的 12 个母本和 6 个父本自交系, 按照 NCII 遗传交配设计, 组配了 72 个杂交组合, 对单株产量及相关农艺性状的配合力、杂种优势等效应进行分析。结果表明, 杂交组合的 6 个相关性状在一般配合力(GCA)、特殊配合力(SCA)上差异极显著。B2 等母本自交系和 A1 等父本自交系的雄穗主轴长、雄穗分枝数的 GCA 相对效应值为较高负值或正值, 且杂交组合的 SCA 相对效应值为较高正值, 以上自交系进行组配, 更利于减少雄穗养分竞争, 保证完全授粉。A5 等自交系可以显著降低杂交组合的株高, B3 等自交系可以显著降低杂交种的穗位高, B1 等自交系可以增加杂交组合的茎粗, 利用以上自交系进行组配更利于选育出株高适中、茎秆粗壮、低穗位、抗倒伏能力较强的杂交组合。单株产量比对照增产较高的两个组合 B6×A5、B6×A6 综合性状均较好, 无明显的缺点, 且符合当前中高秆品种的选育目标, 可以作为优势杂交组合进一步研究利用。

关键词: 玉米; 单株产量; 配合力; 杂种优势

在种植面积稳定的基础上, 只有提高玉米单产才能解决日益增长的消费需求。要提高玉米单产, 一是增加种植密度, 通过耐密性品种的群体效应提高产量; 二是通过提高单株产量来获得群体的高产, 无论是哪种方式都需要较高的单株产量作为保障。玉米单株产量受多个农艺性状的影响, 且各性状之间存在不同的相关性。研究玉米农艺性状的变化, 分析其对产量构成因素的影响对新品种选育有着重要的意义。玉米品种选育要有大的突破, 种质资源要具备丰富的遗传多样性和最佳的杂种优势模式。因此, 玉米种质资源的改良与利用是产量增加、抗性增强和农艺性状改善的重要途径。育种过程中对种质的利用最终归结为对性状配合力的选择, 产量配合力是决定自交系优劣的一个重要标准, 选用配合力高的自交系, 经过合理的组配, 才能挖掘出最优的杂交种, 以减少杂交组合组配的盲目性, 从而提高育种工作的效率。

对玉米产量相关性状配合力已有较多的研究, 张前进等^[1]研究表明产量性状配合力效应与穗粗、

百粒重等性状的配合力效应一致, 通过产量特殊配合力效应值, 可以初步确定优势群体, 有助于选出优势组合。赵星凯等^[2]按 Griffing 方法 IV 组配 210 个杂交组合, 分析产量配合力和杂种优势表现, 选育出具有较好育种潜力的玉米自交系。隋冬华等^[3]采用 NCII 遗传交配设计, 对 12 个主要农艺性状的配合力及遗传参数进行分析, 最终选出产量性状配合力和杂种优势特殊配合力最优的育种材料。本研究选用综合性状较好的 18 个玉米自交系, 按照 NCII 遗传交配设计, 组配了 72 个杂交组合, 研究单株产量及相关农艺性状配合力及杂种优势表现, 以期选出单株产量等相关性状一般配合力和特殊配合力均较高的自交系材料, 为自交系的利用与改良提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 试验材料为鹤壁市农业科学院选育的 18 份玉米自交系, 以 12 份血缘 SS 类群自交系为测验系, 以对立血缘 NSS 类群自交系为被测系。母本自交系分别为 X1132X 和郑 58 改良系, 编号依次为 B1~B12; 父本分别是迪卡和黄改系组成, 编号依次为 A1~A6。双亲遗传基础见表 1。

基金项目: 河南省科技攻关计划项目(182102110069)

通信作者: 鹿红卫

表1 供试材料名称及其遗传基础

母本	遗传基础	父本	遗传基础
B1	X1132X/0240	A1	迪卡 26 × 4CV
B2	X1132X/0246	A2	黄四群
B3	浚 313 × 郑 58	A3	昌 72 × H21
B4	(9810 × C50) × 中 72	A4	M119 × 浚 9262
B5	X1132X × 省 4000 ①	A5	从 DK517 基础群体中选择变异单株
B6	X1132X × 省 4000 ②	A6	从 DK517 基础群体中选择变异单株
B7	X1132X × 省 4000 ③		
B8	6WC × 省 4000 ①		
B9	(X1132X × 省 4000 ① 2-22232) -1121		
B10	(X1132X × 省 4000 ① 2-22232) -1211		
B11	郑 58 改良		
B12	JS1 号 × DH618		

1.2 试验方法 2019 年冬在海南南繁基地进行播种,并采用 NCII 遗传交配设计,进行杂交,组配成 72 份杂交组合。2020 年将 72 个杂交组合在鹤壁市农业科学院玉米遗传育种试验地,按随机区组排列设计进行播种,种植密度 7.5 万株/hm²。4 行区,行长 4m,3 次重复,行距 0.66m。成熟时先收获第 2 行中间位置 10 株的果穗进行室内考种,然后收获中间 2 行的其他果穗测量小区产量。

1.3 调查性状 在成熟期进行田间调查,调查性状包括雄穗主轴长、雄穗分枝数、茎粗、株高、穗位高。其中雄穗主轴长、株高、穗位高用卷尺测量,茎粗用游标卡尺测量,数出每个材料的雄穗分枝数。成熟后小区全部收获测产,取 10 穗用于室内考种测定单株产量。

1.4 数据统计与分析 按照 NCII 遗传设计原理和

方法进行配合力分析,并估算群体遗传参数;使用 Excel 2010 对试验数据进行初步处理分析,DPS 7.05 进行配合力方差分析等。

2 结果与分析

2.1 植株和籽粒性状基本统计量分析 对 5 个植株性状以及单株产量进行统计分析,结果表明(表 2),雄穗主轴长的变幅为 29.75~47.50cm,雄穗分枝数的变幅为 4.00~22.50 个,茎粗的变幅为 19.92~28.96mm,株高的变幅为 226.00~345.00cm,穗位高的变幅为 83.00~153.00cm,单株产量的变幅为 179.50~279.20g。不同性状变异系数差别较大,株高、茎粗的变异系数较小,分别为 7.12%、7.76%,表明这些性状稳定性较好;雄穗分枝数的变异系数较大,达 31.78%,表明该性状表现很不稳定。

表2 植株和籽粒性状的基本统计量

性状	雄穗主轴长(cm)	雄穗分枝数	茎粗(mm)	株高(cm)	穗位高(cm)	单株产量(g)
最大值	47.50	22.50	28.96	345.00	153.00	279.20
最小值	29.75	4.00	19.92	226.00	83.00	179.50
标准差	3.92	3.80	1.88	20.68	12.97	27.09
平均值	38.52	11.96	24.19	290.52	118.70	228.29
变异系数(%)	10.17	31.78	7.76	7.12	10.93	11.83

2.2 各性状配合力方差分析 由表 3 可知,各性状组合间差异极显著,说明这些性状在各组合间存在很大的差异性。这种遗传的差异性是由被测系、

测验种的加性效应和非加性效应共同作用的结果,所以组合间的方差又可以分解成被测系、测验种的一般配合力(GCA)方差和杂交组合的特殊配合力

(SCA)方差。除父本单株产量外,其他性状被测系和测验系的一般配合力和特殊配合力方差均存在极显著差异,5个植株性状的一般配合力方差大于特

殊配合力方差,说明这些性状主要受加性遗传效应控制;单株产量的特殊配合力大于一般配合力,说明单株产量受群体、外界环境等因素影响较大。

表3 植株和籽粒性状配合力方差分析表(F值)

变异来源	自由度	雄穗主轴长	雄穗分枝数	茎粗	株高	穗位高	单株产量
区组	2	2.77	1.28	0.13	0.93	2.72	5.76**
组合	71	14.66**	27.65**	4.77**	35.37**	6.32**	112.35**
父本(被测系)	5	34.16**	30.98**	3.96**	18.73**	8.85**	3.13*
母本(测验系)	11	13.09**	10.31**	6.69**	18.01**	5.52**	3.93**
父本×母本	55	2.81**	6.07**	2.28**	7.24**	2.80**	70.05**

*和**分别表示在 $P<0.05$ 和 $P<0.01$ 水平上差异显著

2.3 一般配合力(GCA)相对效应值分析 一般配合力(GCA)越高表示自交系所含的有效遗传位点越多,是育种选择的重要指标之一。通过自交系一般配合力的测定可以预测后代杂交种的表现。由表4可知,同一亲本各性状间及同一性状各亲本间存在明显的不同,说明不同亲本在同一性状和同一亲本在不同性状上的加性效应大小不同。父本自交系A1、A2雄穗主轴长的GCA相对效应值为较大正值,母本自交系B2、B11、B12雄穗主轴长的GCA相对效应值为较大负值;雄穗分枝数的GCA相对效应值自交系B1、B2、B8为较大负值,自交系A2、A3

为较高正值,因此可以优先利用以上自交系组配优势组合。B1、B6、B11、A3茎粗的GCA相对效应值较高,特别是B11和A3进行组配在增加组合的茎粗上有一定的正向促进作用。从株高的GCA相对效应值来看,自交系B1、A1为较高正值,自交系B3、A5为较高负值;穗位高的GCA相对效应值自交系B3、B5、A6为较高负值,说明以上自交系可在改良株高性状、降低穗位高上加以利用;自交系B4、B6、B11、B12、A5单株产量的GCA相对效应值为较大正值,说明其在单株产量方面具有较大的应用价值。

表4 自交系相关性状一般配合力(GCA)相对效应值

自交系	雄穗主轴长	雄穗分枝数	茎粗	株高	穗位高	单株产量
B1	-1.7940	-24.5210	3.2141	5.8644	7.2273	-9.1814
B2	-6.7184	-17.0892	-8.1825	4.5449	2.7809	-11.5507
B3	0.7966	26.1080	1.2392	-12.1303	-9.2476	-7.7488
B4	2.1005	23.0888	-1.8125	-5.6476	1.1428	10.6234
B5	-0.8997	13.3346	-2.6553	-2.1481	-9.0136	-5.7910
B6	11.6436	-11.5154	11.0444	3.5314	-3.4440	5.6079
B7	6.8187	4.0449	-1.2545	3.5314	-4.2864	2.6098
B8	3.9843	-21.2696	-0.3980	3.3975	-0.4953	1.4066
B9	2.0587	-8.7285	-3.2592	0.0892	-3.5376	0.9961
B10	0.0393	-11.2831	-3.4521	5.5010	5.8700	-3.6994
B11	-7.8479	-1.2967	3.2554	-3.7162	3.5766	10.2462
B12	-10.1817	29.1272	2.2611	-2.8174	9.4270	6.4815
A1	5.9641	-36.3654	-2.4188	4.9656	0.3939	-4.6251
A2	8.9499	19.3729	-2.3476	1.9250	-2.1335	4.2086
A3	-6.8007	26.3402	3.4230	-2.0047	5.1211	-1.1239
A4	-9.3300	-2.8063	-1.5163	3.3114	6.6890	-6.2087
A5	0.2398	8.3414	2.8914	-4.5289	-1.7122	5.3677
A6	0.9769	-14.8829	-0.0318	-3.6684	-8.3584	2.3815

2.4 特殊配合力(SCA)的相对效应值分析 由表5可知,SCA相对效应值的变化范围雄穗主轴长为-7.1093~8.1219,雄穗分枝数为-28.7788~47.8614,茎粗为-7.9375~9.8806,株高为-5.2811~6.3934,穗位高为-13.3586~13.7642,单株产量为-26.8127~14.3511。在所有性状选出的优势组合中,母本自交系B11出现3次,B6、B10均出现2次,父本自交系A1出现4次,A6和A5均出现3次,这些自交系在目标

性状选育过程中可以优先利用。单株产量是影响产量的主要因素,在组配的72个杂交组合中,单株产量SCA相对效应值最高的组合是B3×A8,而在GCA效应值中亲本A3效应值为负值;有较高单株产量GCA效应值的自交系B4、B6、B11、B12与A5组配组合的SCA相对效应值均不高。由此可见SCA高的组合,其亲本GCA效应值未必高,反之GCA效应值高的亲本组配的组合SCA效应值未必一定高。

表5 各性状SCA相对效应值

项目	雄穗主轴长	雄穗分枝数	茎粗	株高	穗位高	单株产量
最高组合	B3×A4	B4×A7	B6×A2	B2×A10	B4×A4	B3×A8
SCA相对效应值	8.1219	47.8614	9.8806	6.3934	13.7642	14.3511
最低组合	B2×A4	B4×A10	B2×A4	B4×A8	B2×A4	B2×A8
SCA相对效应值	-7.1093	-28.7788	-7.9375	-5.2811	-13.3586	-26.8127
优势组合	B11×A1	B8×A6	B11×A5	B1×A1	B3×A6	B6×A2
	B12×A1		B11×A3	B10×A1	B5×A6	B6×A5
				B10×A5		
SCA相对效应值	-4.3009	-23.4372	4.5853	3.9074	-7.133	8.8327
	-6.554		1.6465	-4.4493	-2.8745	7.6152
				-4.4779		
效应值变幅	-7.1093~8.1219	-28.7788~47.8614	-7.9375~9.8806	-5.2811~6.3934	-13.3586~13.7642	-26.8127~14.3511

2.5 单株产量较高组合杂种优势分析 为分析本试验中高产组合的杂种优势,将比对照郑单958增产大于5%的组合列于表6。由表6可知,有9个杂交组

合比对照郑单958增产10%以上,有8个杂交组合比对照增产5%~10%之间。较对照增产5%以上组合的父本群中,A2出现了6次,A5、A6均出现了4

表6 单株产量比对照增产>5%的杂交组合

杂交组合	单株产量(g)	比对照增产(%)	雄穗主轴长(cm)	雄穗分枝数	茎粗(mm)	株高(cm)	穗位高(cm)
B7×A2	274.17	14.38	45.62	12.33	23.85	302.33	100.00
B4×A2	270.97	13.05	40.03	17.50	21.27	266.00	101.67
B6×A2	270.87	13.01	42.33	11.50	25.89	302.00	110.33
B6×A5	270.73	12.95	44.42	11.00	27.11	289.33	108.33
B4×A6	270.07	12.67	40.58	12.33	24.51	278.67	122.67
B11×A4	270.03	12.66	32.42	11.00	24.51	284.67	128.67
B4×A5	268.13	11.87	37.40	16.00	23.71	249.00	108.67
B11×A6	266.83	11.32	35.88	11.50	25.72	273.00	114.33
B11×A5	264.17	10.21	37.58	12.67	26.79	253.67	112.67
B8×A3	261.70	9.18	37.98	14.67	25.73	286.33	117.67
B12×A1	261.17	8.96	34.37	10.17	24.81	293.67	140.67
B6×A6	259.60	8.31	43.17	8.17	28.43	281.00	97.67
B8×A6	256.83	7.15	40.42	4.83	23.52	300.33	115.33
B7×A5	255.77	6.71	40.28	13.00	25.58	290.00	122.00
B11×A2	253.13	5.61	38.25	13.33	23.40	295.67	126.00
B9×A2	252.83	5.48	41.38	12.67	21.89	295.33	112.33
B12×A2	252.63	5.40	40.33	19.17	25.23	291.00	134.33
郑单958(CK)	239.69	-	44.31	18.39	24.43	274.00	111.00

次,其余父本各出现1次;高产组合的母本测验群中,B11出现4次,B4和B6均出现3次,B7、B8、B12各出现2次,B9出现1次。由以上分析结果可知,B7×A2是单株产量杂种优势表现最好的杂交组合,自交系B11、B4、B6具有较大育种潜力,且与自交系A2、A5、A6组配杂种优势比较明显。综合分析单株产量较高组合的其他性状表现,B6与A5、B6与A6杂交组合的综合表现较好,B7与A2杂交组合除茎粗稍低外,其余性状均表现优秀,B6与A2杂交组合除株高、穗位高外,其余性状表现良好。

3 结论与讨论

研究表明较小的雄穗和较少的雄穗分枝数有利于产量的提高,而作父本的亲本植株需要较为发达的雄穗主轴长,以保证充足的花粉量和授粉时长,利于提高制种产量。代资举等^[4]研究表明,雄穗分枝数与产量呈显著负相关,因此应在满足授粉的前提下,尽量减少雄穗分枝数,以避免分枝过多而造成的遮光和养分消耗,从而提高净光合产物比率来提高产量。本研究中,雄穗主轴长的一般配合力(GCA)相对效应值母本自交系B2、B11、B12为较大负值,父本自交系A1、A2为较高正值,且B11×A1、B12×A1的SCA相对效应值为较高负值;雄穗分枝数的GCA相对效应值母本自交系B1、B2、B8为较大负值,父本自交系A2、A3为较高正值,同时B8×A6的SCA相对效应值为较高负值,因此可以优先利用以上自交系进行组配,以减少雄穗养分竞争,保证完全授粉。

玉米的株高和穗位高不仅是玉米株型结构的重要构成因素,也是影响产量的重要因素。玉米植株越高,穗位着生节位和重心就越高,容易在极端的天气发生倒伏倒折,因此在利用中秆或中高秆这一有利性状的前提条件下,降低穗位高可以较好地提高玉米品种的抗倒性。从本研究结果看,株高的GCA相对效应值自交系B1、A1为较高正值,自交系B3、A5为较高负值,B1×A1、B10×A5的SCA相对效应值分别为较高正值和较高负值,因此上述自交系可以作为改良品种株高性状的重要种质。自交系B3、B5、A6穗位高的GCA相对效应值为较高负值,组合B12×A1穗位高SCA相对效应值为较大负值,因此它们是降低品种穗位高、增强品种抗倒伏能力的首选育种材料。本研究中,自交系B1、B6、B11、A3茎粗的GCA相对效应值为较高正值,组合B11×A3、

B11×A5茎粗SCA相对效应值为较大正值,所以利用以上自交系进行组配利于增加组合的茎粗。

朱宇光等^[5]、金振国等^[6]的研究均表明,亲本的一般配合力与特殊配合力之间关系并不密切,在育种过程中,重视GCA、SCA效应来评估玉米自交系应用潜力是非常必要的。本研究中,自交系B4、B6、A11、B12、A5单株产量的GCA相对效应值较大,B6×A2、B6×A5、B6×A6等组合不仅单株产量较对照优势较大,同时它们的SCA相对效应值也较高,这正是综合了一般配合力和特殊配合力效应才表现最优。同时,它们的雄穗主轴长适中,雄穗分枝数、茎粗与对照相比差别明显,穗位高比对照稍低,而株高则符合当前中高秆品种的选育目标,因此组合B6×A2、B6×A5、B6×A6、B7×A2植株综合性状较好,优势明显,无明显的缺点,可以作为优势杂交组合进一步研究利用。

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性状表现可以确定的,而是通过亲本所配杂交组合各性状表现来体现,杂交组合杂种优势的高低是亲本GCA和SCA共同作用的结果。本研究分析单株产量及相关农艺性状配合力和杂种优势表现,从而筛选出单株产量高且相关农艺性状最优的杂交组合和亲本自交系,可以作为优势杂交组合进行更深入的研究,同时为优良亲本自交系的改良与利用提供依据。

参考文献

- [1] 张前进,鲁晓民,李明顺,王育红,魏峰,张桂阁,魏昕,曹丽茹,郭金生,郭书磊,张新,王振华. 12份外引玉米种质主要农艺性状的配合力及杂种优势分析. 玉米科学, 2020, 28(6): 8-17
- [2] 赵星凯,石海春,余学杰,赵殊,赵长云,夏伟,柯永培. 十三份玉米新自交系的育种潜势分析. 浙江农业学报, 2020, 32(12): 2119-2127
- [3] 隋冬华,唐贵,武新娟,张冬雪,高佳缘,孙晶,刘金江,王江. 19个早熟玉米自交系改良德美亚3号主要农艺性状的配合力分析. 黑龙江农业科学, 2020(9): 27-30
- [4] 代资举,王新涛,杨青,张富才,杨保全. 玉米雄穗分枝数分化发育基因研究进展. 农学报, 2018, 8(10): 7-12
- [5] 朱宇光,韩托,豆丹丹,王会涛,库丽霞,陈彦惠. 玉米子粒机收后期脱水速率的配合力分析. 玉米科学, 2017, 25(2): 18-23, 30
- [6] 金振国,高利,孙艳杰,石运强,邵勇,魏国才,南元涛,邵珊珊,史淑春. 七个玉米群体主要农艺性状配合力分析. 黑龙江农业科学, 2018(8): 1-7

(收稿日期: 2021-07-14)