

文章编号: 1005-0906(2009)03-0037-05

不同耐冷型玉米种质的配合力及聚类分析

扈光辉^{1,2}, 王天宇², 苏俊¹, 李春霞¹, 龚士琛¹,
宋锡章¹, 闫淑琴¹, 李国良¹, 王明泉¹

(1. 黑龙江省农业科学院玉米研究所, 哈尔滨 150086; 2. 中国农业科学院作物所, 北京 100081)

摘要: 选择不同耐冷玉米种质 8 份, 按 Griffing II 的设计组配, 对自交系的主要农艺性状进行配合力分析。结果表明: 株高、穗位高、叶片数、穗长、行粒数、单株产量、2 粒宽、容重 8 个性状的一般配合力(GCA)、特殊配合力(SCA)方差极显著。HR6 × 2001-F32、FR1454 × 2001-F32、Mo17 × FR1454、HR6 × HR295 组合具有较高产量; 依据产量 SCA 的效应值聚类, 发现耐冷自交系分属不同类群, 因此通过有效的改良方法可以提高玉米种质的耐冷性。

关键词: 玉米; 耐冷性; 农艺性状; 配合力分析; 聚类分析

中图分类号: S513.03

文献标识码: A

Combining Ability and Cluster Analysis on the Different types of Cold-resistant Maize Germplasm

HU Guang-hui^{1,2}, WANG Tian-yu², SU Jun¹, LI Chun-xia¹, et.al

(1. Institute of Maize Research, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086;

2. Institute of Crop Science; Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 10081, China)

Abstract: Eight different cold-resistant inbred lines that were chosen to analyze the combining ability of main agronomy characters on inbred lines, according to Griffing II design. The results showed that GCA and SCA variance of plant height, ear height, leaf numbers, ear length, kernels per row, yield per plant, 2 kernels width and volume weight were extremely significant. The combinations of HR6 × 2001-F32, FR1454 × 2001-F32, Mo17 × FR1454 and HR6 × HR295 had high yield; Cluster analysis according to the yield of SCA indicated cold-resistant inbred lines belonged to different germplasm groups, so the cold-resistant maize germplasm could be improved through methods of effective improvement.

Key words: Maize; Cold resistance; Agronomy characters; Combining ability; Cluster analysis

早春低温冷害是影响我国北方春玉米区玉米生产的主要灾害之一, 直接导致玉米出苗延迟和种子活力降低, 影响玉米产量。选育和创造耐低温种质是减少低温危害的有效途径之一。

本研究在对我国北方早熟春玉米区玉米自交系耐冷性资源鉴定和研究的基础上, 选用不同耐冷类型玉米自交系, 通过完全双列杂交设计, 对 8 份玉米自交系主要农艺性状的配合力分析, 探讨自交系间的配合力差异, 为耐冷玉米种质创新、杂交种选育提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料来自黑龙江省农科院玉米研究所。选用发芽期耐冷自交系 3 份、低温敏感自交系 5 份(表 1), 按 Griffing II 配置双列杂交组合, 获得 28 个杂交种和 8 份自交系。

1.2 试验设计及调查项目

2006 年春在黑龙江省农科院玉米所试验地播种。试验采取随机区组排列, 3 次重复。杂交组合、对照与亲本材料分别设置, 独立排列。试验材料 2 行区, 行长 6 m, 行距 70 cm, 株距 30 cm, 田间管理同常规大田。田间调查项目有出苗期、抽丝期、成熟期、株高、穗位高、小区产量; 室内考种项目有穗长、穗粗、

收稿日期: 2008-07-09

作者简介: 扈光辉(1975-), 男, 助理研究员, 主要从事玉米育种工作。E-mail: gh_h@tom.com

穗行数、行粒数、百粒重、容重。田间调查及室内考种方法参考《中国玉米栽培学》。

表 1 8 份供试玉米自交系的概况

亲本代号	自交系名称	耐冷类型	系谱来源
Parents code	Name of inbred lines	Cold-resistant types	Pedigree origin
P1	HR6	低温敏感	法国杂交种直接选系
P2	Mo17	低温敏感	Lancaster
P3	3004	低温敏感	塘四平头
P4	HL3	低温敏感	法国杂交种直接选系
P5	2001-F11	低温敏感	FR239(法国种质) × K10
P6	HR295	耐冷	Mo17 × 安 441B
P7	FR1454	耐冷	法国自交系
P8	2001-F32	耐冷	Lancaster 窄基因群体

表 2 植株与产量性状的方差分析
Table 2 ANOVA for plant and yield traits

变异来源	自由度	株 高		穗位高		叶片数		穗 长		穗行数	
		Plant height		Ear height		Leaf numbers		Ear length		Row numbers	
		MS	F	MS	F	MS	F	MS	F	MS	F
区 组	2	1 191.58	7.57	479.82	9.50	3.19	1.87	1.65	0.62	0.16	0.10
处 理	35	4 477.83	28.43**	1 302.53	25.79**	20.26	11.87**	40.83	15.38**	8.61	5.58**
误 差	70	157.49		50.51		1.71		2.65		1.54	

变异来源	自由度	行粒数		单株产量		2 粒宽		10 粒厚		容 重	
		Row kernels		Yield per plant		2-kernel width		10-kernel thickness		Bulk density	
		MS	F	MS	F	MS	F	MS	F	MS	F
区 组	2	11.97	0.73	1 333.06	1.61	0.06	3.32	4.54	1.06	1 019.70	3.08
处 理	35	216.11	13.13**	11 248.31	13.57**	0.14	7.20**	6.43	1.49*	1 481.53	4.48**
误 差	70	16.47		829.10		0.02		4.29		330.93	

注:* 为 0.05 水平差异显著,** 为 0.01 水平差异显著。下表同。
Note: * indicates the significant difference at 0.05 levels; ** indicates the significant difference at 0.01 levels. The same as the following tables.

2.2 植株与产量性状的配合力分析

2.2.1 植株与产量性状的配合力方差分析

表 3 分析表明,植株与产量性状的 GCA 方差均达显著水平,说明 GCA 所反映的加性基因效应对杂种各性状的表达有重要影响。除 10 粒厚、穗行数 2 个性状的 SCA 方差分析表现不显著外,其他各性状的 SCA 方差均表现为差异极显著,表明非加性基因效应在这些性状上对后代的遗传表达有重要的作用。

2.2.2 植株与产量性状的 GCA 效应

对表 4 中植株与产量性状的 GCA 效应分析表明,各亲本植株与产量性状的 GCA 效应多数表现出了正向和负向两类效应,说明 GCA 在某一性状上都能发挥各自的独特作用。

1.3 统计分析

按 Griffing II 方法分析各耐冷性状的一般配合力(GCA)效应和特殊配合力(SCA)效应,并估算遗传参数,中亲优势值的计算、相关分析参照孔繁玲的《植物数量遗传学》。

以上计算过程均在 DPS V8.01 数据分析软件系统进行。

2 结果与分析

2.1 遗传差异性测验

经方差分析表明,表 2 中所列出的植株和产量性状均达到显著性差异,说明供试材料间的遗传基础存在差异,有必要进行配合力分析。

从植株性状来看,P2、P3 的株高和穗位高的 GCA 效应为较高的正向效应,组合 23 表现为“高秆高位”。P1、P4、P8 株高和穗位高的 GCA 效应表现为较低的负向效应,P4 的 GCA 效应为 8 个亲本中最低。以 P1、P4 和 P8 作为双亲配制的杂交种 14、18、48 表现为“株高、穗位中等偏下”。组合 12、13、24、34、28、38 的亲本的 GCA 效应为一正一负,表现为“株高、穗位适中”,可见选用株高和穗位高 GCA 异向的亲本组配,容易出现两者适中的组合。利用 P1、P4、P8 为亲本组配的杂交种可以有效地降低穗位高度。

从产量性状来看,P2 和 P3、P6 的 GCA 效应值均为正向,以它们为亲本配制的组合 23、36、26 单株

产量较高。P1、P4、P5、P7、P8 的产量性状的 GCA 效应值全部为负向,以它们为亲本配制的组合 14、15、17、18、47、48、57、58、78 的单株产量较低。可见,双亲都具有较高的 GCA 是获得玉米高产的一个主要因素。分析还表明,穗长、穗行数、行粒数和 2 粒宽的 GCA 选配与产量性状基本一致。

表 3 植株与产量性状的配合力方差分析

Table 3 ANOVA for combining ability plant and yield traits

项 目 Item	自由度 DF	株 高 Plant height		穗位高 Ear height		叶片数 Leaf numbers		穗 长 Ear length		穗行数 Row numbers	
		MS	F	MS	F	MS	F	MS	F	MS	F
GCA	7	2 474.01	47.13**	1 112.53	66.08**	8.96	47.27**	24.29	27.45**	12.19	23.68**
SCA	28	1 247.26	23.76**	264.59	15.71**	0.57	3.02**	10.94	12.37**	0.54	1.05
误 差	70	52.50		16.84		0.19		0.88		0.51	

项 目 Item	自由度 DF	行粒数 Row kernels		单株产量 Yield per plant		2 粒宽 2-kernel width		10 粒厚 10-kernel thickness		容 重 Bulk density	
		MS	F	MS	F	MS	F	MS	F	MS	F
GCA	2	108.19	19.71**	6 494.70	23.50**	0.15	23.57**	1.12	2.34*	1 184.85	10.74**
SCA	35	62.99	11.48**	3 063.12	11.08**	0.02	3.11**	0.61	1.29	321.09	2.91**
误 差	70	5.49		276.37		0.006 4		0.48		110.31	

表 4 植株与产量性状的 GCA 效应

Table 4 GCA effects of plant and yield traits

亲 本 Parents	株 高 Plant height	穗位高 Ear height	叶片数 Leaf numbers	穗 长 Ear length	穗行数 Row numbers	行粒数 Row kernels	单株产量 Yield per plant	2 粒宽 2-kernel width	10 粒厚 10-kernel thickness	容 重 Volume weight
P1	-2.65	-7.99	-0.16	-0.98	-0.02	-3.09	-16.62	-0.03	-0.37	-2.60
P2	18.94	13.21	1.16	0.99	0.65	2.90	49.66	0.16	-0.09	5.77
P3	16.76	7.53	-0.20	3.05	-1.30	5.28	24.39	0.06	0.77	6.10
P4	-29.50	-20.26	-1.15	-2.27	2.34	-4.76	-24.94	-0.22	0.02	19.07
P5	-2.22	-0.18	0.24	-0.14	-0.69	1.21	-12.99	-0.05	-0.09	-0.47
P6	6.99	7.08	1.05	-0.16	-0.44	1.14	5.85	0.15	-0.10	-13.67
P7	3.79	3.69	0.53	0.22	-0.55	-0.67	-7.07	-0.02	-0.16	9.10E-14
P8	-12.10	-3.07	-1.45	-0.72	0.01	-2.02	-18.28	-0.05	0.02	-14.20

2.2.3 植株与产量性状的 SCA 效应

表 5 植株与产量性状的 SCA 效应

Table 5 SCA effects of plant and yield traits

组 合 Combination	株 高 Plant height	穗位高 Ear height	叶片数 Leaf numbers	穗 长 Ear length	行粒数 Row kernels	单株产量 Yield per plant	2 粒宽 2-kernel width	容 重 Bulk density	产量中亲优势(%) Yield heterosis of mid-parent
12	20.97	4.73	0.76	1.89	4.35	32.55	0.08	19.43	140.42
13	23.15	7.63	0.12	1.67	0.86	13.97	0.03	11.09	130.57
14	20.53	11.20	0.18	0.48	4.23	6.89	0.00	11.79	56.77
15	10.81	4.57	-0.09	2.58	5.15	19.23	0.11	-3.67	111.41
16	19.04	0.19	-0.13	2.04	4.88	43.56	0.14	12.19	142.89
17	-4.43	0.24	-0.16	-0.83	-1.20	-12.06	-0.02	16.19	53.32
18	38.13	21.34	0.71	4.44	9.05	53.03	0.11	0.06	177.65
23	26.01	13.54	1.02	2.53	6.65	77.95	0.14	-5.27	202.17

续表 5 Continued 5

组 合	株 高	穗位高	叶片数	穗 长	行粒数	单株产量	2 粒宽	容 重	产量中亲优势(%)
Combination	Plant height	Ear height	Leaf numbers	Ear length	Row kernels	Yield per plant	2-kernel width	Bulk density	Yield heterosis of mid-parent
24	11.16	-2.56	0.42	0.74	0.35	33.24	-0.01	16.43	111.10
25	1.66	3.37	-0.64	1.28	5.16	37.40	0.17	15.96	144.01
26	15.23	16.77	0.88	0.29	0.56	5.94	0.00	-14.51	107.00
27	19.54	10.04	1.41	3.86	7.04	58.80	0.10	7.49	154.74
28	15.99	7.48	-1.39	0.69	1.17	11.19	0.06	0.36	119.73
34	7.23	-4.99	-0.12	1.62	3.53	14.52	-0.01	-4.24	96.43
35	9.40	7.16	0.27	1.50	8.23	37.52	0.06	7.29	160.79
36	22.41	17.44	0.80	1.35	7.07	27.71	0.11	-3.51	141.09
37	15.05	5.06	0.10	-0.25	-0.01	19.97	0.02	21.83	123.48
38	13.72	3.71	-0.26	1.52	6.90	25.67	-0.03	-17.97	153.13
45	6.11	1.28	-0.55	0.15	1.26	-5.23	-0.11	14.33	39.83
46	6.45	-4.99	0.75	-0.06	-0.78	-0.38	0.05	9.53	52.43
47	15.76	7.51	-0.39	2.51	3.47	19.65	0.04	17.53	66.95
48	19.99	7.39	0.47	1.45	2.16	13.72	0.16	13.06	70.21
56	25.29	9.38	0.36	0.76	0.58	33.24	0.14	-8.94	128.16
57	24.04	17.43	0.77	0.88	2.28	2.52	0.06	8.06	75.33
58	2.15	2.87	-0.03	1.22	1.19	15.53	-0.02	2.59	112.53
67	22.05	9.94	-0.26	2.06	5.46	19.50	0.06	6.93	97.42
68	11.83	-0.29	0.27	2.56	3.37	9.76	-0.02	-14.21	100.10
78	27.25	12.66	0.24	1.41	3.29	43.93	0.18	0.79	140.06

从表 5 可见,株高性状的 SCA 效应值居前 5 位的为 18、78、23、56、57 组合,组合 18 的 SCA 效应值最大,但它的双亲 GCA 效应值都为负值,其余组合双亲的 GCA 则至少有一个为正向效应,即其双亲的 GCA 为一高一低,说明在株高性状的选择上应重视 SCA 的作用。

穗位高性状的 SCA 效应值最高的为组合 18,组合 34、46 的 SCA 效应值最小,亲本 P3、P6 的 GCA 效应值为正向,P4 的 GCA 效应值为负向,可见 GCA 在穗位高性状中表现没有 SCA 突出。

从产量性状来看,SCA 呈负效应的组合有 17、45、46,其双亲的 GCA 均为负。SCA 效应值居前 5 位的是 23、27、18、78、16,单株产量和中亲优势均较高,说明 SCA 在高产育种中发挥着主要作用。分析还表明穗长、穗行数、行粒数和 2 粒宽的 SCA 表现与产量基本一致。产量性状的中亲优势值显示,杂交组合均表现出超中亲优势,亲本之一为耐冷种质的 16、18、26、27、28、36、37、38、56、58、68、78 组合有较高的中亲优势值,单株产量较高。

2.3 植株与产量性状的遗传参数

表 6 植株与产量性状的遗传参数
Table 6 Genetic parameters of plant and yield traits

性状 Traits	V_A	V_D	V_G	V_E	V_P	$h^2_B(\%)$	$h^2_A(\%)$	$V_A/V_d(\%)$	$V_B/V_d(\%)$
株 高	245.35	1 194.77	1 440.12	157.49	1 474.93	97.63	16.63	17.04	82.96
穗位高	69.59	247.75	417.34	50.51	434.18	96.13	16.03	16.68	59.37
叶片数	1.69	0.38	2.06	1.71	2.93	70.38	57.30	82.04	18.45
穗 长	2.67	10.06	12.72	2.65	14.04	90.75	19.01	20.99	79.09
穗行数	2.33	0.03	2.36	1.54	2.74	86.14	85.13	98.73	1.27
行粒数	9.04	57.51	66.55	16.47	78.49	84.78	11.51	13.58	86.42
单株产量	686.32	2 786.75	3 473.07	829.09	3 959.01	87.73	17.34	19.76	80.24
2 粒宽	0.03	0.01	0.04	0.02	0.05	86.53	57.15	75.00	25.00
容 重	172.75	210.78	383.53	330.93	628.09	60.99	27.50	45.04	54.96

遗传参数分析表明:加性基因方差占遗传方差的比例高低次序为穗行数>叶片数>2粒宽>容重>穗长>产量>穗位高>株高(表6)。叶片数、穗行数和粒宽的加性基因方差(均占70%以上)明显大于非加性基因方差(均占30%以下),证明三者的杂种优势表达主要是加性基因起作用;容重的加性基因方差和非加性基因方差均接近50%,说明杂种优势的表达加性基因和非加性基因都起重要作用;株高、穗长、穗位高、行粒数、单株产量的非加性基因方差(均占60%以上)明显大于加性基因方差(均占40%以下),说明这些性状的杂种优势表达主要是非加性基因起作用。株高、穗位高、穗长、穗行数、行粒数、单株产量、2粒宽的广义遗传力(h^2_b)均超过或接近90%,说明它们受环境的影响很小。狭义遗传力(h^2_s)的高低次序为穗行数>叶片数>2粒宽>容重>穗长>单株产量>株高>穗位高>行粒数。其中前3者均超过50%,说明这些性状可在早代进行选择;其余性状均低于50%,适宜在中晚代进行选择。

2.4 聚类分析与自交系的遗传关系分析

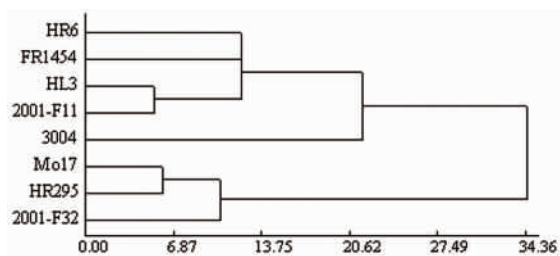


图1 玉米自交系聚类分析图

Fig.1 The cluster analysis diagram of maize inbred lines

以产量性状的SCA效应值作聚类分析,结果分为3类:第1类为HR6、FR1454、HL3、2001-F11,第2类为3004,第3类为2001-F32、Mo17、HR295(图1)。从自交系系谱来源上看,该结果具有一定的合理性。第1类中HR6和HL3均来自于同一法国杂交种,FR1454是法国种质,2001-F11是法国自交系FR239与K10杂交选系,该类种质普遍表现为植株清秀,叶片狭长,熟期较早;第2类中的3004为黄早四群体选系,该种质株型收敛,叶片宽大,子粒为偏硬粒型;第3类中Mo17属于Lancaster群中的代表系,

HR295选自Mo17×安441B,2001-F32选自Lancaster(合344、KL4、Mo17等)近缘窄基因群体。

结果表明:耐冷自交系分属不同类群。玉米种质的耐冷性与其所属种质类群无必然联系,而与其遗传改良的基础有关。通过有效的改良方法可以提高玉米种质的耐冷性。

3 讨论

耐冷玉米育种的主要目的是在低温冷凉地区实现玉米产量与品质双赢,避免低温冷害导致出苗率下降、成熟期延迟等因素造成的产量与品质降低。前人研究认为,玉米耐冷性是由多基因控制的数量性状,不同的种质耐冷性有显著差异,且在不同生长阶段受不同基因控制,因此在以产量为评价指标时无法明确其苗期的耐冷程度。本研究利用聚类分析的方法,以产量SCA的效应值聚类,结果分为3类。从系谱来源看,第1类主要是来自于欧美等国的种质,第2类是国内的塘四平头群,第3类属于Lancaster群。同一类群中存在不同耐冷类型的自交系,玉米种质的耐冷性与其所属种质类群无必然联系,而与其遗传改良的基础有关。Landi等(1992)曾用轮回选择方法从抗寒性多个指标均不存在差异的两个自交系的后代群体中,筛选到比亲本自交系抗寒性更强和更弱的自交系,表明利用合适的育种方法能有效地改良玉米的抗寒性。

参考文献:

- [1] 孔繁玲. 植物数量遗传学[M]. 北京:中国农业大学出版社,2006.
- [2] 刘纪麟. 玉米育种学[M]. 北京:中国农业出版社,2002.
- [3] 刘来福,毛盛贤,黄远璋. 作物数量遗传[M]. 北京:农业出版社,1984.
- [4] 山东省农业科学院. 中国玉米栽培学[M]. 上海:上海科学技术出版社,2004.
- [5] 谭振波,刘昕,曹鸣庆. 玉米抗寒性的研究进展[J]. 玉米科学,2002,10(2):56-60.
- [6] 唐启义,冯明光. 实用统计分析及其DPS数据处理系统[M]. 北京:科学出版社,2002.
- [7] Hodges D M, Andrews C J, Johnson D A, et al. Sensitivity of maize hybrids to chilling and their combining abilities at two developmental stages[J]. Crop Science, 1997, 37: 850-856.

(责任编辑:尹航)