

50 个常用玉米自交系配合力的聚类分析

刘新芝 彭泽斌 思 扬 张洪哲

(中国农业科学院作物育种栽培研究所, 北京 100081)

Cluster Analysis Method of Combining Ability in Fifty Main Maize Inbred Lines

Liu Xinzhi Peng Zebin Shi Yang Zhang Hongzhe

(Institute of Crop Breeding and Cultivation, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract: Fifty maize (*Zea mays* L.) inbred lines and their crosses mated with four testing lines were evaluated in 1989 in Beijing. Classification of the inbred lines was done by using the general combining ability and the specific combining ability. 50 lines were divided into 13 groups according to the combining ability. Every group had its own characteristic on the combining ability and the specific combining ability. Such as, group A had high specific combining ability if it crossed with lines that came from BSSS. Group B had high specific combining ability if it mated with lines that came from Syn3 or BSSS. Group C had high specific ability if it crossed with lines that came from 5003 or BSSS and had high general ability. So we thought classification of inbred by using the combining ability was very helpful to predicting heterosis.

Key Words: Maize; Cluster analysis; Cluster analysis method of combining ability.

摘要 对 50 个玉米自交系, 4 个测验种中的 NC—1 交配组合进行了试验。以 50 个自交系的一般配合力及特殊配合力为指标, 采用系统聚类法进行聚类分析。结果表明, 利用配合力为指标将 50 个自交系分为 13 类, 这 13 类在一般配合力和特殊配合力方面各具特点。A 类的特点是, 与 BSSS 遗传背景有较高的特殊配合力; B 类的特点是, 与 Syn3 和 BSSS 二种遗传背景均有较高的特殊配合力; C 类的特点是, 与 5003、BSSS 二种遗传背景具有较高的特殊配合力, 并具较高的一般配合力。因此, 认为此法在杂种优势预测及利用方面较通常所用的表型聚类法更可靠实用。

关键词 玉米自交系 配合力 聚类分析

几十年来, 国内外许多学者试图从亲缘关系、生态学分类、数量遗传、生理生化指标(同功酶)、分子标记等方面探索预测玉米杂种优势的可能及合理选配亲本的方法。例如, 美国 R. Nucca 和 C. Soave^[9], J. S. C. Smith, M. M. Goodman^[10] 曾报道了用同功酶酶谱分析资料进行主成分和聚类分析, 进而推测

自交系的谱系关系和遗传差异, 预测杂种优势。J. W. Dudley^[11], O. S. Smith 和 T. S. Smith^[12] 应用 RFLP 等分子标记技术, 依据不同的探针和酶组合(PEC)检测到的不同基因型自交系的 RFLP 标记, 计算和分析自交系间的遗传距离(MRD)。

国内汪茂华等^[2], 曾就生产上常用的 24

个玉米自交系进行主成分分析和遗传距离测定。黄清阳等^[3]曾研究了玉米自交系间遗传距离与产量杂种优势、杂种产量的关系。但是用玉米自交系配合力数据进行聚类分析尚未见报道。玉米自交系的配合力最能反映和表达玉米杂种优势大小和水平。本文目的是采用 NC-Ⅰ 交配设计,估算我国玉米生产上常用的 50 个亲本自交系的一般配合力(GCA)和特殊配合力(SCA),利用这些配合力数值进行聚类分析,以克服用表型值进行聚类分析的不准确性,为玉米育种工作者提出切实可行的选配亲本的依据,提高选育优良杂交种的效率。

1 材料和方法

1.1 材料和交配设计

本试验利用 50 个常用玉米自交系为母

表 1 供试自交系名称及编号

自交系编号	自交系名称	自交系编号	自交系名称
01	吉 63	26	MS142
02	英 64	27	YaBC5
03	吉 69	28	中黄 05
04	铁 84	29	中黄 64
05	M14A	30	多黄 3
06	三团	31	多黄 17
07	系 14	32	综系 140
08	黄早四	33	旅 28
09	C333	34	E28
10	冀 7	35	旅 9 宽
11	Mo17	36	丹 340
12	C103	37	意 70104
13	C103R	38	苏 80
14	Oh43	39	掖 107
15	自 330	40	原武 02
16	关 17	41	金 03
17	RB37	42	5003
18	Va35	43	忻 305
19	N6	44	HZ1
20	150-4	45	二南 24
21	B64	46	许 052
22	B77	47	唐四平头
23	B84	48	埃及 205
24	"52"	49	白鹤 43
25	朝 23	50	获白

本(表 1),用辽轮 814、5003、Syn3 三个自交系为父本。此外,为扩大父本的遗传基础,更好地估计一般配合力,在父本中增加一个美国坚秆综合种 BSSS。1986 年采用 NC-Ⅰ 设计,配制了 200 个杂交组合。从 4 个父本材料来源看,辽轮 814、Syn3 分别选自改良群体和综合种,5003 选自美国杂交种,BSSS 坚秆综合种是 16 个美国自交系合成的综合种,各自具有不同的遗传背景,所以它们与 50 个自交系间的特殊配合力,代表了 4 个不同的遗传背景与 50 个自交系间的特殊配合力,由此可以根据某些系与具有某一遗传背景的材料配合力效应值的大小,来推断这些系间的遗传差异和亲缘关系。因为配合力的高低,反映了它们之间的基因型差异大小。

1.2 杂交种比较试验

1987 年春在本所昌平试验基地,对上述 200 个杂交组合进行了比较试验。田间采用随机区组设计,重复 4 次。每小区单行,行长 5 米,行距 0.7 米,株距 0.35 米。每个组合在第一行内抽取 5 株(边株除外)测单株籽粒产量,以小区单株产量的平均值为基础计算配合力。

1.3 配合力效应估计及聚类分析

1.3.1 NC-Ⅰ 设计的配合力效应估计公式如下:

母本一般配合力效应的估计:

$$g_i = T_i \cdot /rm - T \cdot \cdot /mfr \cdots \cdots (1)$$

m 为母本数=50; f 为父本数=4; r 为重复数=4

父本一般配合力效应的估计:

$$g_j = T \cdot j /rf - T \cdot \cdot /mfr \cdots \cdots (2)$$

(母本×父本)特殊配合力效应的估计:

$$g_{ij} = T_i \cdot /rm - T \cdot j /rf + T \cdot \cdot mfr \cdots \cdots (3)$$

其中: $i=1,2,\cdots,m;j=1,2,\cdots,f$

$$T_i \cdot = \sum_{j=1}^f \sum_{k=1}^r X_{ijk}$$

$$T \cdot j = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^r X_{ijk}$$

$$T \cdot \cdot = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^r X_{ijk}$$

此外 X_{ijk} 为第 i 个母本与第 j 个父本在第 k 次重复的 F_1 杂种观察值。

1.3.2 配合力聚类分析程序如下^[3]：

对第 i 个和第 j 个母本,根据公式(1)、(2)可以获得其一般配合力和特殊配合力效应的估计,写成向量形式为：

$(g_{i1}, g_{i2}, g_{i3}, g_{i4}, g_{i \cdot})$ 和 $(g_{j1}, g_{j2}, g_{j3}, g_{j4}, g_{j \cdot})$, 为表示方便,用 $y_{i1} \cdots y_{i5}$ 和 $y_{j1} \cdots y_{j5}$ 分别代表上述向量中的特殊配分力和一般配合力分量。

$$Y_i = (y_{i1}, y_{i2}, y_{i3}, y_{i4}, y_{i5})$$

$$Y_j = (y_{j1}, y_{j2}, y_{j3}, y_{j4}, y_{j5})$$

根据欧氏距离公式,可以计算第 i 个母本与父本距离 d_{ij} 为：

$$d_{ij} = [\sum_{k=1}^5 (y_{ik} - y_{jk})^2]^{1/2} \cdots \cdots (4)$$

实际计算中,公式(4)中的变量 y_{ik}, y_{jk} , 经过标准化变换,以消除量纲或数据取值范围不同对欧氏距离的影响。

本文采用系统聚类法,即:先将 50 个母本自交系各自看成一类,计算其类间距离,然后合并距离较短的两个类组成一新类,再计算新类与其它类间的距离再将距离近的合并,如此反复,每次减少一类。直到 50 个母本自交系都归为一类为止。类间距离的计算采用目前经常用的类平均法。

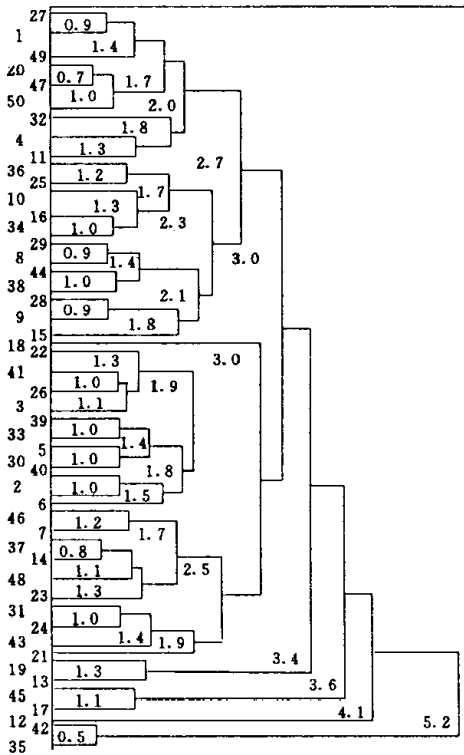
2 试验结果

50 个自交系的特殊配合力和一般配合力效应值列入表 2,表 2 右边的一列为 50 个母本自交系的一般配合力,最末一行为父本的一般配合力,利用表 2 的配合力数据,采用系统聚类法,获得聚类图。图的横坐标为 50 个自交系的编号,纵坐标为类间的距离,类间距离取 1.9 时,可将 50 个自交系分成 A、B、C、D、E、F、G、H、I、J、K、L、M13 个类,每一类内再定义亚类距离为 1.3,可将主类分成若干个亚类。聚类结果列于表 3。表中特殊配

表 2 50 个常用自交系一般配合力 和特殊配合力估值

项 目	特殊配合力估值				母本一般配合力估值	
	辽 轮 814	5005	Syn3	BSSS		
吉 63	1.83	-9.23	7.36	0.08	10.15	
英 64	7.29	15.94	-1.93	-21.29	-33.34	
吉 69	2.83	-10.34	11.80	-4.29	-19.91	
铁 84	-15.23	-14.50	24.94	4.79	-13.72	
M14A	-8.54	14.56	0.24	-6.26	-22.31	
三团	2.73	6.98	-0.31	-9.39	-45.68	
系 14	-8.63	3.72	19.12	-14.21	5.99	
黄早四	-2.62	10.56	-2.54	-5.40	14.61	
C333	5.81	9.37	-30.46	15.28	20.51	
冀 7	-24.96	11.10	-9.58	23.44	12.07	
Mol7	-23.52	-23.06	34.49	12.09	4.07	
C103	25.20	-1.02	-40.01	15.83	-41.60	
C103R	-28.26	25.04	-15.90	19.22	-31.87	
Oh43	10.36	-1.77	4.61	-13.10	16.59	
自 330	21.22	18.56	-44.37	4.58	28.61	
关 17	-18.18	26.75	-21.20	12.62	11.01	
RB37	-20.13	-6.06	36.94	-10.75	15.99	
Va35	18.73	34.89	-22.80	-30.83	-8.47	
N6	-14.91	17.13	-8.57	6.34	-35.22	
150-4	-18.35	11.47	-4.06	10.93	-1.53	
B64	32.19	-29.63	-8.67	5.80	-8.47	
B77	1.38	-0.76	18.99	-19.62	-20.47	
BB84	20.41	-5.17	8.08	-23.32	12.77	
"52"	18.50	0.28	-12.33	-6.44	13.69	
早 23	-6.86	6.83	-24.27	24.31	6.60	
MS142	19.89	-17.53	6.84	-9.20	-13.63	
YaBC5	3.48	-18.72	6.04	9.21	-0.73	
中黄 05	4.91	-1.82	-16.31	13.22	25.33	
中黄 64	-7.81	3.62	-1.42	5.61	16.04	
多黄 3	0.29	6.19	0.10	-6.58	-8.73	
多黄 17	20.74	1.09	-24.10	2.27	6.48	
综系 140	-15.23	-14.50	24.94	4.79	-13.72	
旅 28	-0.74	24.53	-5.21	18.58	-17.13	
E28	-28.28	31.30	-9.44	6.41	11.70	
旅 9 宽	15.24	-32.51	41.88	25.29	7.47	
丹 340	15.49	23.99	-35.69	27.18	14.70	
意 70104	10.04	-13.13	9.88	-6.79	13.05	
苏 80	-5.77	31.41	-18.03	-7.62	13.69	
掖 107	7.24	22.23	-11.37	-18.09	-2.14	
原武 02	18.97	3.28	-4.48	-21.78	24.65	
金 03	8.62	-7.36	12.29	-13.56	-7.16	
5003	20.19	-84.00	38.68	25.13	-0.33*	
忻 305	18.71	-1.08	-10.73	-6.90	-12.20	
HZ1	6.39	17.65	-16.64	-7.40	19.56	
二南 24	-32.00	4.58	45.70	-17.38	18.85	
许 052	-5.65	-8.28	18.81	-4.88	20.75	
唐四平头	-17.59	7.60	4.87	5.12	-9.34	
埃及 205	11.52	-20.24	21.62	-12.90	25.78	
白鹤 43	-2.33	-14.20	-3.14	19.67	-8.94	
获白	-11.75	-0.96	9.66	3.06	1.47	
父本一般配合力估值 (g·j)	-3.57	-9.49	15.03	-1.98		

注:1.* 四个数字说明,-84.00 为 5003×5005 的特殊配合力数值,因 5003 和 5005 为姊妹系,才导致特殊配合力数值极低,-0.33 为 5003 的一般配合力,因受 5003×5005 这一组合特殊配合力值-84.00 的影响,也偏低,32.51 为旅 9 宽×5003 的特殊配合力数值,因这一杂交组合是在海南补配的,种子成熟度不好,出苗极差,补苗后生长势很弱,未反映出正常的配合力水平,-9.49 为测验种 5005 的一般配合力,因受上述两个组合特殊配合力的异常数值的影响,也表现出偏低情况。
2. 昌平农场试验地的不均匀性,对试验结果有一定的影响。



50个自交系的聚类图

合力和一般配合力是各类和亚类所含自交系相应配合力的平均值。

2.1 A类含有3个亚类,共包含有6个自交系(编号47、50、27、1、49、20),该类的特点是与BSSS遗传背景有较高的特殊配合力,值为3.01,达0.05显著水平。

2.2 B类含3个自交系(编号为32、4、11),其特点是与SYn3和BSSS二种遗传背景均有较高的SCA,但以亚类I与BSSS,亚类II与SYn3的SCA为最高,效应值分别为19.16和29.71,达显著的极显著水平。

2.3 C类含5个自交系(编号为36、25、10、16、34),该类与5003、BSSS二种遗传背景的SCA较高并具有较高的GCA效应,属于SCA和GCA都较好的类群。优良自交系E28、丹340均包含在这类里。

2.4 D类包括4个自交系(编号29、8、44、38),亚类I的GCA效应值为15.32,亚类II的GCA效应值为16.63,均达到极显著水平。D类是GCA较高的类群,优良自交系黄早四就在该类中。亚类I与5003有较高的SCA,并具较高GCA。

2.5 E类的特征相似于D类,具有很高的GCA,与BSSS遗传背景的SCA较高。

2.6 F类只有一个系(编号为18)与5003的SCA为34.39,达极显著水平,但GCA却很低。

2.7 G类含有11个自交系。该类无甚优良特征,但第I类和第II亚类分别与SYn3和5003具有显著和极显著的SCA效应。

2.8 H类的第I类与SYn3有极显著和显著的SCA,同时也具有较高的GCA效应。余下类群同上分析,在此就不一一述及。

3 讨论

近年来,国外的许多研究者^[10,11]认为:用同工酶等分析自交系间遗传差异和亲缘关系有一定的准确性。O. S. Smith^[12]的最新报道指出,用RFLP分子标记法测定玉米自交系的遗传差异和进行优势群划分,与同工酶法、共祖系数法、近交衰退法相比是一种较经济、快速、准确的方法。但从我国目前的研究现状看,普遍开展分子生物学研究尚有一定困难。过去多数研究者都是从育种工作实际出发,从数量遗传学角度,用自交系表型值进行聚类分析。J. S. C. Smith^[10]指出:“揭示优良玉米种质的遗传差异,以往只有很少的测定是有用的,原因是所有数据分析都是以某些自交系和杂交种的观察值为基础。因此,对自交系间的遗传差异和亲缘关系不能提供一个准确的依据”。我们认为表型值聚类之所以不够准确,原因有二:(1)表型性状受环境的影响较大;(2)表型性状与杂种优势间不存在或仅有十分微弱的相关性。实际上,有很多学者^[4,5,6,7,8]早已经指出:对配合力的选择只能基于自交系在杂交种中的表现而不是其本身。兰发盛等研究指出:自交系间的遗传距离与产量杂种优势无相关性,不宜过分夸大它有亲本聚类上的作用。这和笔者的观点是一致的。所以,本文基于前人研究,试图避开直接用自交系表型性状来预测杂种优势,而是选用几个不同遗传背景的材料作测验种,通

表 3 50 个自交系配合力聚类结果及类和亚类的特殊配合力和一般配合力

类 号	类自交系 编 号	n	亚类号	亚类自交系 编 号	n	特殊配合力 (SCA)				亚类一般配合力 (GCA)
						辽 轮 814	5005	Syn3	BSSS	
A	27,1,49, 20,47,50	6	I	27,1	2	2.65	-13.65	-13.99	6.70	4.71
			II	49	1	-2.33	-14.20	-3.14	19.67	-8.94
			III	20,47,50	3	-15.39	6.04	3.49	6.37	-3.18
				类平均	X	-7.45	-4.01	3.45	8.01	-1.40
B	32,4,11	3	I	32	1	-16.63	-19.24	16.71	19.16	19.90**
			II	4,11	2	-19.52	-18.78	29.71	8.44	-4.82
				类平均	X	-18.46	-18.93	25.38	12.02	3.42
C	36,25,10, 16,34	5	I	36,25	2	-11.17	15.41	29.98	25.74	10.65**
			II	10,16,34	3	-23.80	23.05	-13.40	14.16	11.62**
				类平均	X	-18.75	19.99	-20.03	18.79	11.23**
D	29,8,44,38	4	I	29,8	2	-5.21	7.09	-1.98	0.10	15.32**
			II	44,38	2	0.31	24.53	-17.33	-7.51	16.63**
				类平均	X	-2.45	15.81	-9.66	-3.71	15.97**
E	28,9,15	3	I	28,9	2	5.36	3.78	-23.39	14.25	22.91**
			II	15	1	21.22	18.56	-44.37	4.58	28.61**
				类平均	X	10.65	8.71	-30.38	11.03	24.81**
F	18	1	I	18	1	18.73	34.89	-22.80	-30.83	-8.47
				类平均	X	18.73	34.89	-22.80	-30.83	-8.47
G	22,41,26, 3,39,33, 5,30,40, 2,6	11	I	22,41,26,3	4	0.10	8.99	12.48	-11.66	-15.28**
			II	39,33	2	3.25	23.38	-8.20	-18.84	-9.64**
			III	5,30	2	-4.12	10.37	0.17	-6.42	-15.52**
			IV	40,2	2	13.13	9.61	-1.20	-21.54	-28.99**
			V	6	1	2.73	6.98	-0.31	-9.39	-45.68**
				类平均	X	5.45	5.25	2.82	-13.51	-19.55**
H	46,7,37, 14,48,23	6	I	46,7	2	-7.14	-2.28	18.97	-9.54	13.37**
			II	37,14,48,23	4	13.08	-10.08	11.05	-14.05	17.05**
				类平均	X	6.34	-7.48	13.69	-12.55	15.82**
I	31,24,43,21	4	I	31,24	2	19.62	0.68	-18.22	-2.08	10.09**
			II	43	1	18.71	-1.08	-10.73	-6.89	-12.19**
			III	21	1	32.40	-29.63	-8.67	5.80	-8.47
				类平均	X	22.61	-7.34	-13.96	-1.31	-0.13
J	19,13	2	I	19,13	2	-21.59	21.08	-12.28	12.78	-33.55**
				类平均	X	-21.59	21.08	-12.28	12.78	-33.55**
K	45,17	2	I	45,17	2	-26.52	-0.74	41.32	-14.06	17.42**
				类平均	X	-36.52	-0.74	41.32	-14.36	17.42**
L	12	1	I	12	1	26.19	-1.02	-40.01	15.83	-41.60**
				类平均	X	25.19	-1.02	-40.01	15.83	-41.60**
M	42,35	2	I	42,35	2	17.77	-83.26	40.28	25.21	3.57
				类平均	X	17.77	-83.26	40.28	25.21	3.57

注1. n_1 和 n_2 分别为类和亚类所含的自交系数目。

2. 类、亚类的一般配合力及特殊配合力是类和亚类各自所含自交系相应配合力的均值。

过测交来观察自交系在杂交种中的表现,即用一般配合力与特殊配合力来作推断,这样分出的不同类群与测验种及其背景材料间在一般配合力及特殊配合力上均有特定的关系。如本研究划分的 A 类自交系,其与 BSSS

遗传背景的材料具有较高的特殊配合力。或许这样做,在玉米育种理论上,实践上都有一定的指导意义。本文只是这种设想的初步尝试,是否正确有待进一步验证。

(下转第 9 页)

参 考 文 献

- [1]郭平仲,《数量遗传分析》,北京师范学院出版社出版, 1987,314—324
- [2]汪茂华,玉米自交系主成分分析及遗传距离测定研究初报,《河南农业大学学报》,1986,20(4):407—415
- [3]黄清阳等,自交系间遗传距离与产量杂种优势、杂种产量的关系,《遗传学报》,1991,18(3):271—276
- [4]Richey F. D, et al., 1925. The productivity of successive generations of self-fertilized lines of corn and of crosses between them, USDA Bull 1354
- [5]Jorgenson. L, et al., 1927. A comparison of selfed lines of corn and first generation crosses between them. J. Am. Soc. Agron. 19:819—30
- [6]Nilsson-leissner. G, 1927. Relation of selfed of corn to F_1 crosses between them. J. Am. Soc Agron 19:440—54
- [7]Jenkins. M. T, 1929. correlation studies withinbred and cross strains of maize. J. Agric Res 39:677—721
- [8]Johnson, I. J, et al., 1936. The combining ability of inbred lines of Golden Bantam sweet corn. J. Am Soc. Agron 28: 246—52
- [9]R. NUCCA, C. SOAVE. Taxonomic significance of the zein isoelectric focusing pattern. Maydica XXIII (1978):239—249
- [10]J. S. C. Smith, et al., 1985. Genetic Variability within U. S. Maize Germplasm. I Widely — Used Inbred Lines 1970 to 1979. Crop Sci. 25:681—685
- [11]J. W. Dudley, et al., 1991. Molecular markers and grouping of parents in maize breeding programs. Crop Sci. 31:718—722
- [12]J. S. C. Smith et al., 1991. Restriction fragment length polymorphisms can differentiate among U. S. maize hybrids, Crop Sci. 31:893—899