

[文章编号]1005-0906(2001)01-0001-05

10个热带、亚热带玉米群体配合力效应研究

李新海¹,徐尚忠²,李建生³

(1. 中国农业科学院作物育种栽培所,北京 100081;2. 作物遗传改良国家重点实验室,华中农业大学,武汉 430070;
3. 中国农业大学,国家玉米改良中心)

Combining Ability of Ten Tropical and Subtropical Maize Populations

LI Xin-Hai¹, XU Shang-zhong², LI Jian-sheng³

(1. Current address: Institute of Crop Breeding and Cultivation, Chinese Academy of Agricultural Sciences;
2. National Key Laboratory of Crop Genetic Improvement, Huazhong Agricultural University. Wuhan 430070
3. Current address; Maize Improvement Center of China, China Agricultural University)

Abstract: Ten tropical and subtropical maize populations from CIMMYT were top-crossed with five Chinese elite inbred lines by North Carolina II (NC II) mating system in 1998 and 1999 at Wuhan, and combining ability and utilization potential of ten populations were evaluated. The results showed that Pop. 43, Pop. 21 and Pop. Stay Green were the best general combiners for grain yield, and Mo17 × Pop. 43, Zi330 × Pop. 43, Dan340 × Pop. 21 and Mo17 × Pop. Stay Green possessed the highest yield and relative heterosis among fifty top-crosses. Ten CIMMYT populations were classified into three heterotic groups, i. e. Tuxpeno, Stay Green and P500, based on special combining ability and general combining ability of grain yield. The results of this study provided useful information for further utilizing these populations in Chinese maize breeding.

Key words: Tropical and subtropical maize populations; Heterotic group; General combining ability (GCA); Special combining ability (SCA)

[摘要] 以5个中国主要玉米自交系为测验种,采用NC II遗传交配设计,对10个热带、亚热带玉米群体的配合力效应及利用潜力进行评价。两年研究结果表明,群体21、群体43和群体Stay Green的产量一般配合力依次最高,利用潜力较大;参试的50个顶交组合中,Mo17 × 群体43、自330 × 群体43、丹340 × 群体21和Mo17 × 群体Stay Green 4个组合特殊配合力较大,产量最高,对照优势最大。根据单株产量特殊配合力结合一般配合力效应,将10个热带、亚热带玉米群体初步划分5群,其中Tuxpeno群、Stay Green群和P500群一般配合力较高,为我国温带玉米育种具有潜在利用价值的3个杂种优势群。研究结果为进一步利用这些外来种质提供了信息。

[关键词] 热带、亚热带玉米群体;杂种优势群;一般配合力;特殊配合力

[中图分类号] S 513; S 326

[文献标识码] A

热带、亚热带玉米种质具有丰富的遗传变异性和特殊的抗逆性、抗病虫性;与温带种质地理远缘,长期以来遗传交流少,遗传差异较大^[4,5,6]。近年来,我国从引进的一些热带、亚热带玉米种质中,直

接或间接选获了一批新自交系,并已开始配制杂交组合^[1,2,5,7]。这是突破已有杂种优势模式,组配强优势新组合的重要材料。因此鉴定与利用热带、亚热带玉米种质,不但可以极大地丰富我国玉米种质遗传基础,拓宽适应性,增强抗病性,而且有助于获得更强优势的组合,进一步提高杂种优势的利用水平。

1997年在武汉对从CIMMYT引进的10个热带、亚热带玉米群体进行了适应性评价及初步改良^[3];

[收稿日期] 2000-07-12

[作者简介] 李新海(1969-),男,博士,中国农业科学院副研究员,主要从事玉米种质改良及生物技术研究。

致谢:作者衷心感谢中国农科院作物所张世煌博士惠赠试验材料。

1998 年和 1999 年研究了这些群体的配合力效应及杂种优势利用潜力。

1 材料与方 法

1.1 供试材料与试验设计

供试的 10 个热带、亚热带玉米群体及主要特性见表 1。5 个测验种为 77, 丹 340, 自 330, 黄早 4 和 Mo17。选用烟单 14, 中单 2, 七三单交, 丹玉 15 和掖单 13 五个单交种作对照。这些自交系和杂交种代表了近年来我国玉米生产上广泛利用的重要杂种优势群和杂种优势模式。

1997 年春季和秋季在武汉和南宁, 按 NC II 遗传交配设计以 10 个热带、亚热带群体作父本、5 个测验种作母本, 配制供试组合。授粉期, 每一群体随机套取 100 个单株的混合花粉, 每个组合授粉至少 20 株。果穗收获后, 等量混合同一组合的种子。1998

年和 1999 年春季, 在华中农业大学试验农场对 50 个顶交组合及 5 个对照品种进行田间测验。试验采用随机区组设计, 4 次重复, 2 行区, 行长 3.3 m, 行距 0.66 m, 株距 0.3 m。每行取中间 10 株的果穗计算单株产量(g)。

1.2 统计分析

以小区单株产量均值为单位, 利用 SAS 软件, 按随机区组设计的随机/固定模型(区组随机, 基因型固定), 进行两年联合方差分析^[12]。按 NC II 交配设计作配合力分析^[11]。采用对照优势结合配合力效应对测交组合作杂种优势分析。对照优势 $H(\%) = 100 \times (F_1 - X)/X$, 其中 F_1 为测交组合单株产量, X 为最高对照单交种单株产量。采用单株产量特殊配合力, 计算欧氏距离^[10], 对供试群体进行聚类分析^[12]。

表 1 10 个热带、亚热带玉米群体及主要特性

编 号	群 体	胚乳类型	粒 色	熟期组	适应地区
墨 961	Pop. Stay Green	马齿 Dent	白 White	晚熟 Late	热带 Tropical
墨 962	Pop. 43-C11	马齿 Dent	白 White	晚熟 Late	热带 Tropical
墨 963	Pop. 21-C2(MRRS)	马齿 Dent	白 White	晚熟 Late	热带 Tropical
墨 964	Pop. 32(MRRS)	硬 Flint	白 White	中早熟 Intermediate	热带 Tropical
墨 965	Pool19-C19	硬 Flint	白 White	中早熟 Intermediate	热带 Tropical
墨 966	TSR Yellow Syn.-C3	硬 Flint	黄 Yellow	中早熟 Intermediate	热带 Tropical
墨 968	Pop. 49-C6	马齿 Dent	白 White	中熟 Mediate	热带 Tropical
A8833	Across8833	硬 Flint	黄 Yellow	中早熟 Intermediate	亚热带 Sub-tropical
A9245	Across9245	马齿 Dent	黄 Yellow	中早熟 Intermediate	亚热带 Sub-tropical
P500	P500-SIWDENT-1C2	马齿 Dent	黄 Yellow	中熟 Mediate	亚热带 Sub-tropical

2 结果与分析

2.1 供试组合及亲本配合力效应分析

从表 2 可见, 单株产量在年份、区组和组合之间的差异均达到了极显著水平, 但在组合 \times 年份互作

上, 差异不显著。配合力方差分析表明, 两套亲本单株产量的一般配合力方差达到了极显著水平, 特殊配合力方差达到了显著水平, 这表明在供试材料中加性基因效应与非加性效应对杂交组合产量表现均十分重要。

表 2 单株产量两年联合方差分析(1998 和 1999, 武汉)

变异来源	年份	区组	组合	群体	自交系	群体 \times 自交系	组合 \times 年份	误差
自由度 DF	1	6	49	9	4	36	49	194
均方 SS	3 173.4	693.19	1 081.96	3 361.71	2 016.05	408.23	222.45	161.99
F 值 F value	14.3**	4.21**	4.86**	8.2**	4.9**	1.84*	1.37	

*, ** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上差异显著。

单株产量亲本的一般配合力和组合的特殊配合力估值列于表 3。墨 962、墨 963、墨 961 和 P500 四个群体单株产量 GCA 值依次最高, 分别为 13.93 g、11.25 g、6.01 g 和 2.60 g, 明显高于 A8833、A9245 和墨 965 三个群体, 后三者产量 GCA 值分别为 -15.93

g、-10.76 g 和 -4.76 g; 墨 964、墨 966 和墨 968 三个群体的单株产量 GCA 为负值, 但负向效应不大。

有 26 个组合单株产量 SCA 为正值, 其中 77 \times A9425(10.89 g), 77 \times P500(6.52 g), 丹 340 \times 墨 963(11.33 g), 自 330 \times 墨 962(4.48 g), 黄早 4 \times 墨 961

(6.42 g), 黄早 4 × 墨 964(7.76 g), Mo17 × 墨 961(9.54 g), Mo17 × 墨 962(5.52 g) 和 Mo17 × 墨 968(5.99 g) 9 个组合的 SCA 值较高。在单株产量 SCA 为负值的 24 个组合中, 77 × 墨 962(-9.83 g), 77 ×

墨 963(-6.93 g), 丹 340 × 墨 961(-11.38 g), 丹 340 × 墨 964(-9.58 g), 自 330 × P500(-7.85 g), 黄早 4 × 墨 965(-5.72 g), Mo17 × 墨 966(-9.76 g) 和 Mo17 × A9245(-4.87 g) 8 个组合的 SCA 值较低。

表 3 单株产量一般配合力(括号内数值)和特殊配合力效应估值

g

群 体	77(0.741)	丹 340(-0.711)	自 330(5.105)	黄早 4(-9.831)	Mo17(4.696)
墨 961(6.01)	-3.37	-11.38	-0.21	6.42	9.54
墨 962(13.93)	-9.83	-2.24	4.48	2.08	5.52
墨 963(11.25)	-6.93	11.33	-2.70	2.28	-3.98
墨 964(-0.22)	-1.64	-9.58	3.09	7.76	0.37
墨 965(-4.76)	-0.16	3.43	2.18	-5.72	0.27
墨 966(-2.17)	3.48	1.02	2.59	1.67	-9.76
墨 968(-0.14)	-3.56	2.18	-2.81	-1.79	5.99
A8833(-15.93)	4.59	-0.82	2.97	-4.58	-2.17
A9245(-10.76)	10.89	1.52	-2.74	-4.79	-4.87
P500(2.60)	6.52	3.55	-7.85	-3.32	0.09

2.2 热带、亚热带玉米群体与测验种杂种优势分析

50 个顶交组合单株产量列于表 4。在对照品种中, 七三单交产量最高(150.5 g), 其次为中单 2 号(147.8 g)。以七三单交单株产量为基础, 计算供试组合的对照优势(表 4)。在 50 个顶交组合中, 对照优势变化范围在 -29.8%(黄早 4 × A8833)至 6.4%(Mo17 × 墨 962)之间, 其中以黄早 4 为测验种的组

合对照优势普遍较低, 以 Mo17 为测验种的组合对照优势较高。对照优势大于 0 的组合有 Mo17 × 墨 962、自 330 × 墨 962、丹 340 × 墨 963 和 Mo17 × 墨 961, 其值分别为 6.4%、5.9%、4.9%、3.8%。对照优势最低的组合包括黄早 4 × A8833、黄早 4 × A9245、黄早 4 × 墨 965 和丹 340 × A8833, 其值分别为 -29.8%、-26.5%、-23.2%、-21.3%。

表 4 50 个顶交组合单株产量(g)及对照优势(%) (括号内数值)

群 体	77	丹 340	自 330	黄早 4	Mo17
墨 961	139.3(-7.4)	129.9(-13.7)	146.8(-2.5)	138.5(-7.9)	156.2(3.8)
墨 962	140.8(-6.5)	146.9(-2.4)	159.4(5.9)	142.1(-5.6)	160.1(6.4)
墨 963	140.9(-6.4)	157.8(4.9)	149.6(-0.6)	139.6(-7.2)	147.9(-1.7)
墨 964	134.8(-10.4)	125.4(-16.7)	143.9(-4.4)	133.6(-11.2)	140.8(-6.5)
墨 965	131.7(-12.5)	133.9(-11.0)	138.5(-7.9)	115.6(-23.2)	136.1(-9.6)
墨 966	137.9(-8.4)	134.1(-10.9)	141.5(-5.9)	125.6(-16.6)	128.7(-14.5)
墨 968	132.9(-11.7)	137.3(-8.8)	138.1(-8.2)	124.2(-17.5)	146.5(-2.7)
A8833	125.3(-16.7)	118.5(-21.3)	128.1(-14.9)	105.6(-29.8)	122.5(-18.6)
A9245	136.9(-9.0)	126.2(-16.2)	127.7(-15.2)	110.7(-26.5)	125.2(-16.8)
P500	145.8(-3.11)	141.4(-6.1)	135.8(-9.8)	125.4(-16.7)	143.3(-4.8)

表 5 分别列出 4 个产量强优势、4 个产量弱优势组合和 5 个对照品种单株产量的有关遗传变异参数。比较强、弱优势组合的遗传变异参数, 发现强优势组合内单株产量的变异及变幅与弱优势组合相似, 两者都近似正态分布(图 1), 但前者明显向高产方向偏移, 表明其产量的提高是高产果穗比例提高

的结果, 即组合内个体产量杂种优势水平较高。5 个对照品种单株产量的变异及变幅都小于 4 个强、弱优势组合, 但组合内单株产量水平较高, 且趋于相近, 表明杂交种群体植株比较整齐一致, 这是杂交种优点之一。

表 5 4 个产量强、弱优势组合和 5 个对照品种单株产量有关变异参数

位次	组合	平均产量 (g)	对照优势 (%)	方差	标准差 SD	变异系数 CV%	变幅 (g)
4 个强优势组合							
1	Mol7 × 墨 962 Mol7 × M962	160.1	6.4	1 037.25	32.21	20.12	95.98 ~ 245.61
2	自 330 × 墨 962 Zi330 × M962	159.4	5.9	635.17	25.20	15.81	93.36 ~ 221.13
3	丹 340 × 墨 963 Dan340 × M963	157.9	4.9	898.34	29.97	18.98	94.29 ~ 203.41
4	Mol7 × 墨 961 Mol7 × M961	155.2	3.8	675.49	25.99	16.75	93.85 ~ 206.24
4 个弱优势组合							
1	黄早 4 × A8833	105.6	-29.8	425.25	20.62	19.53	61.21 ~ 142.25
2	黄早 4 × A9245	110.7	-26.5	518.95	22.78	20.58	68.17 ~ 159.32
3	黄早 4 × 墨 965	115.6	-23.2	597.29	24.44	21.14	71.42 ~ 152.71
4	丹 340 × A8833	118.5	-21.3	710.08	26.65	22.49	65.93 ~ 161.45
5 个对照品种							
1	七三单交	150.5		137.27	11.72	7.78	135.5 ~ 192.2
2	中单 2 号	147.8		92.23	9.61	6.50	134.2 ~ 182.7
3	掖单 13 号	139.6		246.74	15.71	11.25	123.2 ~ 196.3
4	烟单 14 号	136.3		115.51	10.75	7.89	120.2 ~ 177.6
5	丹玉 15 号	135.4		78.67	8.87	6.55	126.0 ~ 167.9

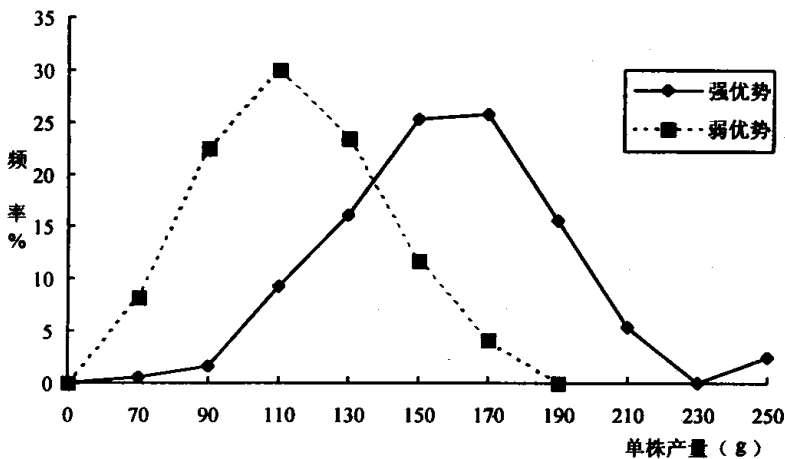


图 1 4 个强、弱优势组合单株产量联合频率分布

2.3 10 个热带、亚热带玉米群体聚类分析

根据 50 个组合单株产量特殊配合力, 计算欧氏距离, 采用最短距离法对 10 个热带、亚热带群体进行聚类(图 2)。取 1.94 为阈值, 可得 5 群。第一群包括 A8833 群体, 此群体产量一般配合力最低, 为 -15.93 g; 与黄早 4 的特殊配合力较低, 为 -4.58 g。第二群包括墨 962 和墨 963, 此群单株产量的一般配合力较高, 分别为 13.93 g 和 11.25 g。墨 962 与自 330 和 Mo17、墨 963 与丹 340 的特殊配合力较高, 其值分别为 4.48 g、5.52 g、11.33 g; 与 77 的特殊配合力较低, 为 -9.83 g 和 -6.93 g。第三群包括 P500。P500 群体产量 GCA 为 2.60 g; 与 77 的 SCA 较高, 为 6.52 g; 与自 330 的 SCA 较低, 为 -7.85 g。第四群包括墨 961。此群体一般配合力较高, 为

6.01 g; 与 Mo17 的 SCA 较高, 为 9.54 g; 与丹 340 的配合力较低, 为 -11.38 g。第五群包括墨 964、墨 965、墨 966、墨 968 和 A9245, 它们的单株产量 GCA 均为负值。

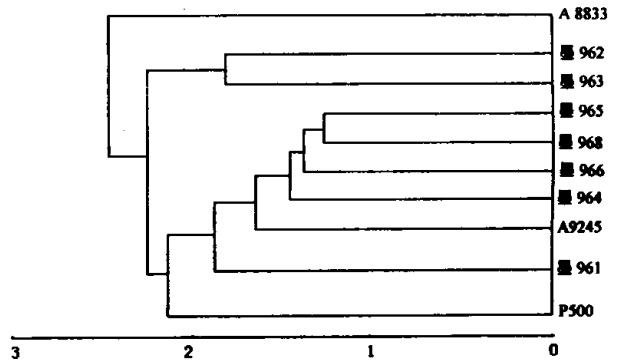


图 2 10 个热带、亚热带玉米群体聚类图

3 讨论

3.1 10个热带、亚热带玉米群体的杂种优势类群划分

合理划分杂种优势类群是构建杂种优势模式、提高种质改良和育种效率的前提。杂种优势群的确定有赖于对不同种质组合间杂种优势的区分。从数量遗传学角度,配合力总效应可以作为评价组合杂种优势水平高低的指标,因此在利用产量特殊配合力效应划分类群的基础上,结合一般配合力确定杂种优势群,应是较为合理的划群方法。本研究首先采用单株产量特殊配合力资料对10个热带、亚热带群体初步聚类得到5群,同时取一般配合力效应大于0的类群作为杂种优势群,共得到3群。第一群包括墨962和墨963。两个群体含有较多Tuxpeno种质,故称此群为Tuxpeno群。Tuxpeno群单株产量一般配合力较高;墨962与Mo17、自330,墨963与丹340具有最高的产量优势表现,因此这两个群体应用潜力较大。第二群包括P500。P500与77的特殊配合力较高,与自330和黄早4的特殊配合力较低。第三群包括墨961。墨961单株产量一般配合力较高,是一个有应用潜力的群体。此群与Mo17的SCA较高,与丹340的配合力较低。由于墨962、墨963、墨961和P500群体的产量一般配合力效应值较高,因此它们可以用来改良相应的与其产量特殊配合力较低的自交系,即用墨962、墨963改良77,墨961改良丹340,P500改良自330,墨963改良Mo17。

3.2 强弱优势组合的产生及利用途径

在本试验中,4个强优势组合的产量超过了最高对照品种七三单交(150.5 g),表明其具有较高杂种优势水平。热带、亚热带玉米种质与我国温带种质之间遗传交流较少,遗传差异较大。两类种质间控制相同性状的高频率优良基因位点差异大,基因多态性与互补性较强。两类种质杂交后,优良等位基因频率增高,基因累加及互作效应加强,导致配合力效应增大,杂种优势水平提高。本试验结果证实,优良的热带、亚热带种质与我国玉米骨干系之间存在强杂种优势关系,这些外来种质可以用于我国玉米种质产量改良及杂交种选育。热带、亚热带玉米种质与我国温带种质之间蕴藏着巨大的杂种优势,但通常两类种质之间杂交会产生植株过于繁茂、倒

伏严重等一系列负效应,导致杂种优势水平较低。这里还存在两类种质生态适应性问题。遗传基础广泛的热带、亚热带种质,由于未经适度自交,劣质基因频率较高,光周期敏感性较强;在进化上与我国主要玉米种质差异较大,两类种质杂交后产生的新基因型不能完全地适应温带环境,致使其生物学产量优势不能转变为经济产量优势。因此选择适应性好,优良等位基因多态性高的种质杂交,可以利用热带、亚热带种质与温带种质之间的杂种优势,大幅度提高产量。

对于4个强优势组合亲本群体,可以采用混合选择法进一步改良群体的光周期敏感性及植株农艺性状,提高其适应性;同时在4种强优势组合模式指导下可以直接从群体中选优系,然后与对应测验种或其改良衍生系组配,寻求优良组合;或者以自交系作为测验种与群体进行半同胞轮回选择,进一步定向积累群体内的有利基因,提高群体与测验种之间的配合力,然后再行选系,以寻求高配合力的杂交组合,进一步提高杂种优势利用水平。

[参考文献]

- [1] 王河成,段运平,石红卫. 热带、亚热带种质不同导入量对玉米自交系配合力的影响[J]. 玉米科学,1995,3(3):9-11.
- [2] 吴景峰. 我国玉米杂交种发展的主要历程、差距和对策[J]. 玉米科学,1995,3(1):1-5.
- [3] 李新海,徐尚忠. CIMMYT玉米群体遗传变异的初步研究[J]. 作物杂志,1998,增刊:19-23.
- [4] 胡学安,魏良明. 热带、亚热带玉米种质研究进展及发展趋势[M]. 《种子工程与农业发展》,北京:中国农业出版社,1997. PP409-412.
- [5] 荣廷昭,潘光堂,黄玉碧,唐折林. 热带玉米种质在温带玉米育种中的应用[C]. 《全国玉米种质扩增、改良及杂种优势利用》研讨会论文,郑州:1997.
- [6] 郭海鳌,王玉杰,刘家云. 热带和亚热带高原种质的研究与利用[J]. 玉米科学,1995,3(2):1-3.
- [7] 董海河,冯芬芬. 玉米热带种质导入育种素材研究简报[J]. 玉米科学,1992,创刊号:80.
- [8] 赖仲铭,杨克城. 全姊妹轮回选择与混合选择对玉米群体改良效果的初步研究[J]. 作物学报,1983,(1):7-16.
- [9] 胡建广,杨金水,陈金婷. 作物杂种优势的遗传基础[J]. 遗传,1999,21(2):47-50.
- [10] 高之仁编著. 数量遗传学[M]. 四川大学出版社,1986.
- [11] 刘来福,毛盛贤,黄远樟. 作物数量遗传[M]. 农业出版社,1984.
- [12] SAS Institute. SAS/STAT User's Guide[M]. Release 6.03 Ed SAS. Institute Inc, Cary, NC

联系电话:010-68918596 Email: xinhai@btamail.net.cn