文章编号：1005-0906(2005)01-0005-05

Suwan 与我国四大玉米种质的配合力和杂种优势分析

陈泽辉,高 翔,祝云芳
(贵州省农科院旱粮所,贵阳 550006)

摘 要：采用 NCII 设计,研究了 4 个 Suwan 群体与我国四大骨干自交系的配合力和杂种优势。结果显示:Suwan 群体选系有较好的一般配合力,与四大骨干自交系有较高的特殊配合力和较强的杂种优势。其中,Suwan 3 的选系一般配合力较高,与丹 340 组配易形成较强的杂种优势。

关键词：玉米;Suwan 群体;配合力;杂种优势
中图分类号：S513.024 文献标识码：A

Study on the Combining Ability and Heterosis Between Suwan and Four Major Maize Germplasm of China

CHEN Ze-hui, GAO Xiang, ZHU Yun-fang
(*Upland Crops Institute, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang* 550006, China)

Abstract: By using NCII design the combining ability and heterosis between Suwan and four major maize germplasm of China were studied. The results showed that Suwan Germplasm lines have higher general combining ability. There are higher specific combining ability and heterosis between those lines and four major gerplam. The heterosis pattern between lines from Suwan 3 and Dan 340 were discussed.

Key words: Maize; Suwan germplasm lines; Combining ability; Heterosis

近 20 年来,考虑到我国玉米杂交种选育中玉米种质利用较少、骨干系集中、种质遗传基础狭窄等问题,提出了引入热带、亚热带玉米种质拓宽我国的玉米遗传基础。对此,育种工作者进行了大量的研究,先后引进了 ETO、Tuxpeno、Suwan、Antigua 和 Dentado Amarillo 等热带、亚热带种质,通过驯化、种质导入等方式,玉米种质改良取得了明显成效,已选育出一批自交系和杂交种，有的目前已是生产上的主推杂交种。Suwan 种质在 70 年代引入我国,特别是 Suwan 1 的引进对我国南方的玉米育种和生产起了较大的作用。随后又引进了 Suwan 2、3 和 5 号等。Suwan 种质是我国南方玉米育种和生产上的重要种质，是目前在某些地区玉米生产上不可替代的种质资源。

收稿日期：2004-05-08

作者简介：陈泽辉(1962-),男,贵州省瓮安人,博士,研究员,主要从事玉米遗传育种研究。
Tel:0851-3761118 13985441082
E-mail:chenzehui@sina.com.cn

在我国应用的玉米种质中，瑞德马齿、兰卡斯特、旅大红骨和塘四平头四大玉米种质占主导地位。王懿波对我国的玉米杂种优势组群已进行了大量研究。但未见报道 Suwan 种质与我国四大玉米种质间的杂种优势关系。因此,为了更好地利用 Suwan 种质，有必要对其配合力及与我国四大种质间的杂种优势关系进行深入的研究。

1 材料和方法

1.1 供试材料

所用 Suwan 选系 6 个，其中来自 Suwan 1 的有 QB88、91,Suwan 2 的 QB92,Suwan 3 的 QB27、48,Suwan 5 的 QB54(表 1)。选用 B73、Mo17、丹 340 和黄早四 4 个骨干系分别代表瑞德马齿、兰卡斯特、旅大红骨和塘四平头四大玉米种质。用 6 个 Suwan 选系和 4 个骨干系按 NCII 设计，于 2000 年冬在海南组配成 24 个杂交组合,用目前全国和贵州省推广面积较大的杂交种农大 108，以及贵州省当家杂交种交三单交作对照。

表 1 Suwan 选系的来源

自交系	来自群体	群体组成
QB88	Suwan 1	1.Cuba Gr., 2. Cuba 11J, 3. Puerto Rico Gr. 1, 4. Cuba 40, 5. Cuba 1J, 6. Cuba 59, 7. Antigua Gr.1, 8. Antigua Gr. 2, 9. Puerto Rico Gr.2, 10. Barbados Gr.1, 11. Cupurico, 12. Caribbean Flint Composite, 13. Flint Comp. Amaril lo, 14. Comp. Caribbean Amarillo, 15. Tequisate Golden Yellow X Caribbean Comp., 16. Tequisate Golden Yel low X Guadalupe 12D–14D, 17. Veracruz 163, 18. Veracruz 181, 19. Veracruz Gr.48, 20. Tamaulipas 8, 21. Sal
QB91	Suwan 1	vadoreno Amarillo, 22. Tequisate Golden Yellow, 23. Guayana Francesca III, 24. Bahai III BCO, 25. Dentado A marillo, 26. Narino 330–Peru 330, 27. DV 103, 28. Composite A 1, 29. Multiple Cross 2, 30. Multiple Cross 4, 31. Synthetic A 3B, 32. Synthetic A 11, 33. Tuxpantigua, 34. Veracruz 181 X Antigua Gr.2, 35. Usatigua, 36. Florida synthetic, 37. DMR 1.
QB92	Suwan 2	1 ~ 36 同上, 37. DMR 5
QB27	Suwan 3	Suwan $1C_4$, IPTT34, H3369A, SR52, Pop. 45, USA 342, Florida synthetic, 玉米带综合种
QB48	Suwan 3	
QB54	Suwan 5	Suwan 1 C_9, Suwan 3 C_5, Caripeno, Cupur, Amarillo Dentado

1.2 试验设计及分析方法

24 个杂交组合及 2 个对照杂交种按完全随机区组,于 2001 年春在贵州省农科院旱粮所试验地进行杂交组合鉴定。试验设重复 3 次,2 行区, 行长 5 m,行距 0.8 m,株距 0.25 m,单株留苗,所有栽培管理接近玉米大田生产水平。子粒产量是根据每小区实际产量,记载每个组合的吐丝期,从每个小区中间取 10 株考查株高、穗位高、穗长、穗粗、穗行数、行粒数、秃尖长、百粒重和出籽率。

以小区均值为单位, 按完全随机区组设计进行方差分析,并按 NCII 设计作配合力分析。利用 2 个杂交种的平均产量对测交组合进行杂种优势分析。

2 结果与分析

2.1 方差分析

经方差分析,杂交组合间在子粒产量等全部 11 个性状上的差异均达极显著水平。表 2 的配合力方差分析表明,Suwan 选系的一般配合力方差除播种至吐丝天数、株高和穗位高外,其余 8 个性状均达极显著水平。除穗位高和秃尖长外,其余性状的一般配合力方差大于特殊配合力方差。四大骨干自交系的一般配合力方差在所有性状上达极显著水平。除子粒产量外,其余 10 个性状的一般配合力方差明显大于特殊配合力方差。Suwan 选系与四大骨干自交系相比,Suwan 选系子粒产量的一般配合力方差显著大于四大玉米骨干自交系, 而其余 10 个性状的 GCA 均是四大玉米骨干自交系大于 Suwan 选系。这些结果表明:在供试材料中,大多数性状受加性基因效应比非加性基因效应相对重要。在子粒产量性状上,Suwan 与四大玉米骨干自交系间的特殊配合力较明显,非加性效应的作用较为重要,这对组配强优势组合有重要意义。

表 2 Suwan 与四大种质骨干自交系的配合力方差分析

变异来源	DF	子粒产量	播种至吐丝天数	株 高	穗位高	穗 长	穗 粗	出籽率	百粒重	穗行数	行粒数	秃尖长
$g_i(P_1)$	5	26 763**	5.2	235.8	65.0	4.52**	0.448**	7.10**	28.40**	16.83**	21.04**	1.040**
$g_i(P_2)$	3	11 406**	43.0**	2 018.0**	748.3**	32.03**	2.740**	42.77**	28.50**	50.82**	109.10**	5.110**
$g_i(P_{12})$	15	19 630**	4.9	156.7	113.3**	3.08**	0.093**	4.15**	16.67**	5.14**	27.40**	10.190**
误差	46	2 752	3.1	136.0	46.0	0.40	0.022	1.47	2.79	1.95	4.79	0.066

注:P_1 为 Suwan 选系,P_2 为四大骨干自交系。

2.2 一般配合力效应分析

在 6 个 Suwan 选系中,来自 Suwan 3 的 2 个自交系 QB27 和 QB48 有正向的 GCA 效应,分别为 51 和 8;而来自 Suwan 1 的 QB88 和 QB91、来自 Suwan 2 的 QB92、来自 Suwan 5 的 QB54,GCA 均为负效应,分别为–24、–9、–12 和–15。6 个 Suwan 选系的播种至吐丝天数的 GCA 值差异不大,仅以 QB27 表现出 1 d 的负效应值。同时来自 Suwan 1 的 QB88 和 QB91 的 GCA 在各性状上的表现不完全一致,QB88 在株高、穗粗、穗行数和秃尖长表现为正的 GCA 效应,而在播种至吐丝天数、穗位高、出籽率、行粒数表现出负的 GCA 效应;QB91 在播种至吐丝天数、株高、穗位高、出籽率、百粒重和穗行数表现为正的 GCA 效应,而在穗长、穗粗、穗行数、行粒数和秃尖长表现出负的 GCA 效应。QB92 的 GCA 在播种至吐丝天数、株高、穗位高、百粒重上表现出正效应。

QB27 的穗长、穗粗、出籽率、百粒重、穗行数和秃尖长表现为正 GCA 效应，从而产生较高的子粒产量；而来自同一群体的 QB48 具有正向 GCA 效应的则是穗长、穗粗和行粒数，产量效应仅次于 QB27。来自 Suwan 5 的 QB54 植株偏矮，果穗较小，秃尖较长，出籽率高，行粒数多但子粒轻，总体效应是产量较低。通过以上分析可以看出，在 4 个 Suwan 群体中，从 Suwan 3 号选出的自交系比从其它 Suwan 群体选系的产量一般配合力高。

四大骨干自交系以 Suwan 选系为测验种的一般配合力差异较大，子粒产量的一般配合力以丹 340 最高，其次是 B73，而黄早四最低，一般配合力效应值分别为 57、16、-43 和-32。除产量以外，丹 340 主要在穗行数、穗粗、百粒重和穗长上有较高的 GCA 值，不利的是秃尖长的 GCA 值也较高，同时在株高、穗位高、出籽率和行粒数的 GCA 值较低。B73 则是在行粒数、穗行数和株高的 GCA 值高。Mo17 在株高、播种至吐丝天数、穗长、出籽率和行粒数有较高的 GCA 效应值。黄早四除了出籽率和百粒重外，其余性状的 GCA 值较低。综合上述，丹 340 的子粒产量 GCA 值高是因为穗行数、穗粗、穗长和百粒重高，而黄早四的子粒产量 GCA 低则是播种至吐丝天数、穗长、穗行数和行粒数的 GCA 效应值低所致(表 3、表 4)。

表 3　Suwan 选系的配合力及组配杂交组合的平均表现

自交系	产 量 (kg/667m^2)	播种至吐丝天数(d)	株 高 (cm)	穗位高 (cm)	穗 长 (cm)	穗 粗 (cm)	出籽率 (%)	百粒重 (g)	穗行数 (行)	行粒数 (粒)	秃尖长 (cm)
QB88	501(-24)	93.7(-0.1)	260(4)	100(-2)	16.8(-0.9)	5.18(0.26)	82.9(-0.5)	28.8(-1.9)	17.4(2.3)	35.1(-1.7)	1.26(0.22)
QB91	516(-9)	94.1(0.3)	258(2)	104(2)	17.4(-0.3)	4.74(-0.18)	84.0(0.6)	32.1(1.4)	14.2(-0.9)	36.8(0.0)	0.93(-0.11)
QB92	513(-12)	94.4(0.6)	258(2)	103(1)	17.5(-0.2)	4.67(-0.25)	83.1(-0.3)	31.5(0.8)	14.6(-0.5)	35.7(-1.1)	0.64(-0.40)
QB27	576(51)	92.8(-1.0)	249(-7)	100(-2)	18.6(0.9)	5.06(0.14)	83.5(0.1)	32.5(1.8)	15.5(0.4)	36.8(0.0)	1.39(0.35)
QB48	533(8)	93.4(-0.4)	256(0)	102(0)	18.1(0.4)	4.97(0.05)	82.5(-0.9)	29.5(-1.2)	14.5(-0.6)	38.8(2.0)	0.79(-0.25)
QB54	510(-15)	94.6(0.8)	252(-4)	102(0)	17.5(-0.2)	4.89(-0.03)	84.5(1.1)	29.9(-0.8)	14.6(-0.5)	37.5(0.7)	1.21(0.17)
平均	525	93.8	256	102	17.7	4.92	83.4	30.7	15.1	36.8	1.04

表 4　四大骨干自交系的配合力及与 Suwan 选系组配的杂交组合的平均表现

自交系	产 量 (kg/667m^2)	播种至吐丝天数(d)	株 高 (cm)	穗位高 (cm)	穗 长 (cm)	穗 粗 (cm)	出籽率 (%)	百粒重 (g)	穗行数 (行)	行粒数 (粒)	秃尖长 (cm)
B73	541(16)	94.3(0.5)	267(11)	111(-1)	17.6(-0.1)	4.83(-0.09)	83.1(-0.3)	29.2(-1.5)	15.7(0.6)	38.6(1.8)	0.98(-0.06)
Mo17	493(-32)	95.0(1.2)	261(5)	102(0)	19.1(1.4)	4.49(-0.43)	84.6(1.2)	30.6(-0.1)	13.4(-1.7)	39.2(2.4)	1.01(-0.03)
丹 340	582(57)	94.5(0.7)	251(-5)	98(-4)	18.0(0.3)	5.43(0.51)	81.4(-2.0)	32.3(1.6)	17.2(2.1)	35.0(-1.8)	1.73(0.69)
黄早四	482(-43)	91.6(-2.2)	243(-13)	97(-5)	15.9(-1.8)	4.92(0.00)	84.6(1.2)	30.9(0.2)	14.2(-0.9)	34.3(-2.5)	0.43(-0.61)
平均	525	93.8	256	102	17.7	4.92	83.4	30.7	15.1	36.8	1.04

2.3　特殊配合力分析

从表 5 可见，在特殊配合力最高的 4 个组合中，四大骨干自交系均有与 Suwan 选系特殊配合力高的组合，其分别是 QB27×Mo17(77)、QB54×B73(54)、QB91×丹 340(53)和 QB88×黄早四(47)；同时四大骨干自交系也有与 Suwan 选系特殊配合力较低的组合，其分别是 QB54×Mo17(-69)、QB27×黄早四(-62)、QB91×Mo17(-48)、QB88×B73(-39)和 QB88×丹 340(-38)。

从 Suwan 选系来看，QB88 与四大种质特殊配合力差异较大，其中与黄早四和 Mo17 的特殊配合力较高(47 和 32)，而与 B73 和丹 340 的 SCA 较低(-39 和-38)；QB91 与丹 340 的特殊配合力是较大的正效应值(53)，而与 Mo17 则是较大的负效应值(-48)；QB92 与四大骨干自交系的 SCA 差异要相对小些，与 B73、Mo17、丹 340 和黄早四的特殊配合力效应值分别为 18、-17、-6 和 6。QB27 与 Mo17 和黄早四的特殊配合力差异也很大，其中与 Mo17 的 SCA 是高达 77 的正效应，而与黄早四则高达 62 的负效应。QB48 与四大骨干系的 SCA 差异也相对小些，与 B73、Mo17、丹 340 和黄早四的 SCA 分别为 16、27、-29 和 19；QB54 与 B73 和 Mo17 的 SCA 效应值差异也较大，其中与 B73 达 54，而与 Mo17 则达-69。

综上所述，四大种质与 Suwan 选系的特殊配合力存在较大差异，其中同一骨干系与不同 Suwan 种质的 SCA 效应值以及同一 Suwan 选系与不同骨干系的 SCA 均有相当明显的差异。四大骨干系之间在特殊配合力的差异上是显而易见的。同时也说明 Suwan 种质内部遗传基础相当复杂，从中正确选系用于与四大种质组配是相当重要的。

2.4 配合力总效应分析

表 5 中的配合力总效应表明，有一半的组合为正值，其中效应值最大的是 QB27×丹 340(104)，QB91×丹 340 (101)，QB27×Mo17 (96)，QB54×丹 340 (68)，QB48×丹 340(63)，QB27×B73(59)，QB54×B73(55)，QB92×丹 340(39)。在这 8 个组合中，有 5 个组合含亲本丹 340，这与丹 340 的一般配合力高有很大的关系。配合力总效应较低的组合有 QB54 × Mo17 (−116)，QB91×Mo17(−89)，QB54×黄早四(−67)，QB92 ×Mo17(−61)，QB27×黄早四(−54)，QB91×黄早四(−49)，QB92×黄早四(−49)，这 7 个组合全是含 Mo17 和黄早四的组合，这跟它们与 Suwan 种质的配合力较差有很大的关系。

2.5 子粒产量表现及对照优势分析

由表 5 可见，四大种质与 Suwan 选系间的杂种优势是明显的，有 10 个组合的子粒产量超过对照杂交种农大 108 和交三单交的平均值。子粒产量超过对照 10%的组合有 4 个，它们是 QB27×丹 340(629 kg，16.7%)、QB91×丹 340 (626 kg，16.1%)、QB27×Mo17 (621 kg，15.21%)和 QB54×丹 340(593 kg，10.02%)，而产量超过 600 kg/667 m² 的只有前 3 个组合。但有 14 个组合的子粒产量低于对照，其中 8 个组合低于对照 10%，组合 QB54×Mo17 的子粒产量比对照低 24.12%，QB91×Mo17 比对照低 19.11%。这说明 Suwan 种质内部遗传基础复杂，可从中选育出与 Mo17 组配出强优势组合的自交系，也可从中选育出与 Mo17 组配出无多大优势组合的自交系；黄早四与 Suwan 选系无优势，所有 6 个组合均比对照杂交种减产，减产幅度为 6.31% ~ 15.03%；丹 340 与 Suwan 选系间的优势明显，6 个中除 QB88×丹 340 外，增产在 4.64% ~ 16.7%，且产量最高的 2 个组合均含有丹 340；B73 与 Suwan 选系组配的子粒产量的优势不是太明显，增产为−11.32% ~ 8.35%。

表 5 四大种质骨干自交系与 Suwan 选系杂交组合产量表现、对照优势及配合力

组 合	一般配合力		特殊配合力	配合力总效应	产 量 (kg/667 m²)	对照优势 (%)
	Suwan 选系	骨干自交系				
QB88 × B73	−24	16	−39	−47	478	−11.32
QB91 × B73	−9	16	−6	1	526	−2.41
QB92 × B73	−12	16	18	22	547	1.48
QB27 × B73	51	16	−8	59	584	8.35
QB48 × B73	8	16	−16	8	533	−1.11
QB54 × B73	−15	16	54	55	580	7.61
QB88 × Mo17	−24	−32	32	−24	501	−7.05
QB91 × Mo17	−9	−32	−48	−89	436	−19.11
QB92 × Mo17	−12	−32	−17	−61	464	−13.92
QB27 × Mo17	51	−32	77	96	621	15.21
QB48 × Mo17	8	−32	27	3	528	2.04
QB54 × Mo17	−15	−32	−69	−116	409	−24.12
QB88 × 丹 340	−24	57	−38	−5	520	−3.53
QB91 × 丹 340	−9	57	53	101	626	16.14
QB92 × 丹 340	−12	57	−6	39	564	4.64
QB27 × 丹 340	51	57	−4	104	629	16.70
QB48 × 丹 340	8	57	−29	63	561	4.08
QB54 × 丹 340	−15	57	26	68	593	10.02
QB88 × 黄早四	−24	−43	47	−20	505	−6.31
QB91 × 黄早四	−9	−43	3	−49	476	−11.69
QB92 × 黄早四	−12	−43	6	−49	476	−11.69
QB27 × 黄早四	51	−43	−62	−54	471	−12.62
QB48 × 黄早四	8	−43	19	−16	509	−5.57
QB54 × 黄早四	−15	−43	−9	−67	458	−15.03

注：对照杂交种为农大 108 和交三单交，平均产量分别为 534 kg/667 m² 和 544 kg/667 m²，对照优势(%)=100×(F_1−$\overline{X}$)/$\overline{X}$，其中 F_1 为测交组合产量，$\overline{X}$ 为 2 个对照杂交种的平均产量。

3 讨 论

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，遗传差异大。两类种质间控制相同性状的高频率优良基因位点差异较大，基因的多态性和互补性较强。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。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。Suwan 玉米

群体具有较强的光周期敏感性，但不同群体对光周期敏感程度不同。Suwan 1 植株高大,叶片数多,生育期长,果穗发育不良,子粒成熟不好,穗粒重和百粒重低,为光周期敏感型种质;Suwan 5 营养生长旺盛,抽雄、散粉、吐丝期较晚,但雌雄开花间隔日数相对较少,产量性状较好,为中度光周期敏感型种质;Suwan 3 群体的抽雄、吐丝、散粉期及雌雄开花间隔日数较低,为中低度光周期敏感型种质。这些群体内具有丰富的遗传变异，具有较大的选择潜力和利用价值，通过选择和改良是可以拓宽现有玉米种质的遗传基础。

杂种优势组群是玉米杂交育种的基础。美国玉米杂种优势模式兰卡斯特×瑞德马齿，是温带地区的主要模式。我国玉米的杂种优势模式王懿波等已进行了研究。在热带地区，杂种优势模式为 ETO×Tuxpeno,Suwan 1 可以替代 ETO，杂种优势模式为 Suwan 1×Tuxpeno。

CIMMYT 对 Suwan 1 的配合力进行了研究，Suwan 1 产量表现出高度显著的一般配合力正效应。产量表现最好的组合是 Pob.27×Suwan 1,在 5 个最优组合中,Suwan 1 出现 3 次。

从已育成的含有 Suwan 种质,同时在西南地区推广面积较大的杂交种分析,Reid×Suwan 1 是可以利用的杂种优势模式。

王懿波(1997)把改良 Reid×Suwan 亚群列为杂种优势子模式,认为这两类群有较高的配合力,配出的组合丰产性、稳产性、抗病性、抗倒性、结实性均较好,适应性较广,且制种产量高。该类杂交种表现为中间叶型,大穗,品质好,中熟或中晚熟,适合黄淮海和西南玉米区中产以上田块种植。任洪(1998)也认为,Suwan 种质与温带种质特别是温带马齿种质间有着较强的杂种优势,温带马齿型×Suwan 是玉米育种中可选的杂种优势模式之一。

本项研究显示,Suwan 选系与四大骨干系间的杂种优势是明显的，但与黄早四组配的效果要差些,一方面是因为黄早四生育期短些;另一方面,黄早四属于硬粒锥形果穗,与 Suwan 种质类似,难以形成大穗大粒果穗,Suwan 种质难以与黄早四组配出强优势组合。来自旅大红骨的丹 340 是与 Suwan 种质组配的理想种质,它的果穗粗,穗行数多,子粒马齿型,易与硬粒型的 Suwan 种质形成较强的杂种优势。

参考文献:

[1] 陈泽辉,高　翔. Suwan 种质选系的配合力和杂种优势研究[J]. 中国农业科学,2000,33(增刊),113-118.

[2] 王懿波,王　华,等. 中国玉米主要种质杂种优势利用模式研究[J]. 中国农业科学,1997,30(4):16-24.

[3] S. J. Porn Rungchang. 泰国玉米生产和遗传改良研究[J]. 遗传,2000,22(6):423-429.

[4] 李新海,徐尚忠. 10 个热带、亚热带玉米群体配合力效应研究[J]. 玉米科学,2001,9(1):1-5.

[5] 张世煌. 玉米的杂种优势群和杂种优势模式[J]. 作物杂志,1998,(增刊):84-85.

[6] 郭国亮,李培良,等. 热带 Suwan 玉米群体遗传变异的研究[J]. 玉米科学,2001,9(4):6-9.

[7] 于海秋,徐克章,等. 玉米主要抗旱性状的配合力及遗传参数分析[J]. 玉米科学,2003,11(3):18-22.

[8] 李洪杰. CIMMYT 玉米种质的配合力[J]. 杂粮作物,1990,(4):1-4.

[9] 任　洪,郑常祥,等. Suwan 种质的特点及在玉米育种中的应用[J]. 作物杂志,1998,(增刊):45-46.

[10] 陈泽辉,高　翔. 热带、温带玉米自交系和贵州地方种选系的配合力及杂交组合组配方式的研究[J]. 玉米科学,2001,9(2):26-29.

[11] 荣廷昭,潘光堂,等. 热带玉米种质在温带玉米育种的应用[J]. 作物杂志,1998,(增刊):11-14.

[12] 刘大文. 泰国的玉米群体改良[J]. 世界农业,1995,(2):18-19.

[13] 吴广成,薛　雁,等. 玉米自交系的配合力分析[J]. 玉米科学,2003,11(2):32-36.