

热带、亚热带自交系与中国温带玉米种质杂交种的研究

陈彦惠 王利明 戴景瑞

(中国农业大学作物学院)

摘要 在春、夏播 2 个环境下鉴定评价了代表中国温带玉米主要杂优群的 5 个自交系、3 个改良群体与 10 个热带亚热带自交系间杂交种的产量、农艺性状和配合力。结果表明: 基因型、一般配合力、特殊配合力、基因型 × 环境互作的方差达到显著; 在春、夏播环境下均可选出产量高于对照掖单 13 的杂交组合, 说明温热杂交种具有较高的利用潜力; 散粉吐丝延迟, 株高和穗位高增加, 果穗变细、穗行数减少, 是利用温热杂交种的突出问题; 果穗长度、千粒重、行粒数是温热杂交种的优点。代表我国主要杂优群的种质对温热杂交种的选择和热带亚热带种质的改良具有不同的利用价值。自交系 478 对于降低温热杂交种的株高、穗位高, 旅 9 对于增加果穗粗、穗行数, 黄早 4 对于散粉、吐丝的提早及雌雄协调, Mo17 对于增加果穗长、行粒数、出籽率, 豫 5 群体对于提高粒重, 都具有不同程度的改良效果。

关键词 玉米; 温热杂交种; 配合力; 种质改良

分类号 S513; S5-032

Potential of Germplasm Improvement Using Tropical, Subtropical Inbred Lines for Chinese Temperate Germplasm s of Maize

Chen Yanhui Wang L in ing Dai Jingrui

(College of Crop Sciences, CAU)

Abstract This study evaluated the traits such as yields, combining ability of crosses between 10 lines from tropical, subtropical regions with 5 inbred lines, 3 improved populations representing the temperate corn hybrid groups of China under spring-sowing and summer-sowing condition. The result showed that significant differences were detected among genotypes, GCA, SCA, G × E for grain yield. Some of combinations had higher yield than check cross: Yedan No. 13, a temperate single cross, under both sowing conditions, suggesting that temperate × tropic crosses possess high potential of utilization. Compared with the check cross, delayed pollenshed and silking, heightened plant and ear position, thinner ear and fewer kernel-rows for temperate × tropic crosses were the disadvantages, while longer ear, more kernel number per row and kernel weight were the advantages of using tropical, subtropical germplasm s. The lines and populations representing the temperate corn hybrid groups of China are of different values for being selected as parent of hybrid of temperate × tropic crosses for improvement, Line 478 is useful for reducing plant and ear height, line Lu9 showed be effective for increasing ear diameter and kernel row, so

收稿日期: 1999-04-27

国家“95”重点科技攻关项目, 河南省杰出青年科学基金资助项目

戴景瑞, 北京圆明园西路 2 号中国农业大学(西校区), 100094

do Line Huangzao No. 4 for advancing pollen shed and silking, and Line Mo17 for increasing ear length, kernel numbers and threshing character, population Yu5 for enhancing kernel weight

Key words corn; temperate \times tropical cross; combining ability; germplasm improvement

玉米起源于中南美洲的热带亚热带地区。在长期的进化过程中,形成了遗传基础十分丰富的种质资源。拉美的玉米种质资源可分为 250 个种族(race)。但是与已有的种质资源多样性形成鲜明对比的是,温带玉米生产和育种的种质基础十分狭窄,大量使用的只有 2, 3 个种族^[1-3]。例如,美国玉米带应用的杂交种的亲本大多数来源于 Lancaster 和 Reid 类群^[4],我国玉米种质基础主要集中在 Lancaster, Reid, 四平头、旅大红骨 4 个类群^[5-8]。狭窄的遗传基础给玉米育种和生产的提高带来了严重不良的后果。因此,引进、鉴定、利用热带亚热带玉米种质,对于拓宽玉米育种的遗传基础,提高杂种优势潜力,预防和减少遗传脆弱性给生产带来的可能危害,保证玉米育种和生产持续稳定的发展,都具有十分重要的意义。

为了拓宽温带玉米育种的种质基础,美国的玉米种质改良研究计划(U S-GEM)、拉美玉米计划(LAMP)、墨西哥国际玉米小麦改良中心(CMMYT)的育种研究方案,均对热带亚热带种质资源做了大量的研究。一方面,通过对大量热带亚热带种质资源的鉴定和评价后,他们认为对温带玉米育种具有较高的利用潜力,从中筛选出了一些利用潜力较大的种质资源,并已逐渐地应用到温带玉米育种中^[9-11]。另一方面,为了在温带育种中更有效地利用热带亚热带种质,通过对热带亚热带不同群体与代表美国温带 2 个杂优群遗传关系的研究和分析,提出了不同的温热带种质杂种优势利用的模式^[12,13]。但有关我国温带种质与热带亚热带种质的研究未见报道。我们用代表中国温带玉米主要杂优群的种质和热带亚热带种质为材料,对它们的遗传关系、杂优模式以及热带亚热带种质在中国温带育种中的利用潜力进行了研究,试图为热带亚热带种质的合理利用提供依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

供试材料分 2 组,热带亚热带自交系 10 个,温带群体自交系 8 个(表 1)。热带亚热带自交系由中国农科院张世煌博士 1996 年引自 CMMYT。温带材料分自交系和群体 2 种类型。中国温带的主要自交系分为 6 个优势群^[7,8],从每个优势群中选 1 个自交系代表该优势群。3 个温带群体都是经过轮回选择改良的优良群体。1997 年冬在海南三亚,以温带材料为母本,以热带自交系为父本,按照 NC II 设计配制了 80 个温 \times 热杂交组合。

1.2 方 法

田间试验设计和性状调查 以 80 个温 \times 热杂交组合和 1 个单交种掖单 13 号(CK)为材料,1998 年分别在郑州市春播(04-23)、在河南省西华县夏播(06-09), 9×9 格子方的田间设计,4 次重复,3 行区,行长 2 m,行距 0.63 m,株距 0.27 m,种植密度 $59\ 205 \text{株} \cdot \text{hm}^{-2}$,以小区为单位进行田间调查和室内考种。考查的性状包括抽雄日期、散粉日期、吐丝日期、株高、穗位高、穗长、穗粗、穗行数、行粒数、千粒重等,计算 ASI 值(散粉至吐丝间隔天数)、空秆率和单产。

表1 试验材料名称、来源、特点

植物材料	来源	特点
CML 10	CMM YT	热带种质自交系, 晚熟, 硬粒型, 白粒。
CML 27	CMM YT	热带种质自交系, 中熟, 硬粒型, 黄粒。
CML 96	CMM YT	亚热带种质自交系, 中熟, 马齿型, 硬粒型, 白粒, 含 ETO、热带和温带血缘。
CML 107	CMM YT	亚热带种质自交系, 晚熟, 马齿型, 白粒, 含 Tuxpeno 和温带种质血缘。
CML 244	CMM YT	热带高原种质自交系, 早熟, 硬粒型, 白粒。
CML 265	CMM YT	热带种质自交系, 晚熟, 半马齿型, 白粒含 Tuxpeno 血缘。
CML 295	CMM YT	热带种质自交系, 中熟, 硬粒型, 黄粒, 源于 SNT 群。
CML 310	CMM YT	热带种质自交系, 晚熟, 马齿型, 白粒, 源于 Pob 43。
CML 312	CMM YT	亚热带种质自交系, 中熟, 半硬粒型, 白粒, 源于 Pob500, 含热温带血缘。
CML 323	CMM YT	亚热带种质自交系, 中熟, 硬粒型, 黄粒, 源于 Pob33, 含热温带血缘。
豫综 2 号	河南农业大学	中国血缘温带种质合成的综合种, 经 12 轮混合选择。以下简称豫 2。
豫综 5 号	河南农业大学	美国血缘温带种质合成的综合种, 经 2 轮半姊妹轮选。以下简称豫 5。
中综 3 号	中国农科院	中国血缘温带种质合成的综合种, 经 1 轮混合选择。以下简称中 3。
478	莱州玉米所	温带种质自交系, 代表 5003 杂优群。
Mo17	美国	温带种质自交系, 代表 Lancaster 杂优群。
黄早 4	北京市农科院	温带种质自交系, 代表四平头杂优群。
旅 9	丹东市农科所	温带种质自交系, 代表旅大红骨杂优群。
330	吉林省农科院	温带种质自交系, 代表旅大红骨杂优群。

统计分析 首先对各点每个性状进行格子方的方差分析, 并比较格子方分析与完全随机区组分析的相对效率后, 用校正后的资料作为完全随机区组设计来重新分析。对性状处理间达到显著的, 再对其机遇进行 Bartlett 同质性检验, 若不显著进行合并方差分析。用 5% 的 LSD 值对处理间进行差异性显著性检验。采用 NC II 遗传设计分析方法作配合力方差分析, 估算出一般配合力方差、特殊配合力方差和 gca , sca 值, 将每个环境估算的 gca , sca 值除以该环境下 80 个杂交组合性状平均值, 求出该环境下每个亲本和组合的 gca 和 sca 的相对效应值以便于比较分析, 并作显著性检验。

2 结果与分析

2.1 产量方差分析

春、夏播环境下杂交组合产量的方差分析和 2 个环境合并的方差分析结果(表 2)显示, 杂交组合基因型、温带材料和热带亚热带自交系的一般配合力方差、特殊配合力方差都达到显著或极显著, 说明杂交组合产量、亲本一般配合力和特殊配合力间均存在真实的遗传差异。结果还显示, 基因型 \times 环境的互作方差也达到极显著, 这说明温热杂交组合对春、夏播不同日照、温度等环境条件反应是敏感的, 同一杂交组合的产量表现在 2 个环境中可能是不一致的。

2.2 杂交组合产量表现

在春播条件下种植, 80 个杂交组合的平均产量为 $7\ 340\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 变化幅度较大(表 3), 产量范围在 $4\ 396\sim 9\ 784\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 之间, 对照种掖单 13 产量为 $7\ 708\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。在所有组合中, 有 33 个杂交组合产量高于 CK, 其中 4 个杂交组合与 CK 产量的差异达到显著, 它们是:

旅 9×CML 312、豫 5×CML 312、Mo17×CML 10、豫 5×CML 10。说明这些温热杂交组合在温带春播条件下具有较高的产量潜力, 热带亚热带自交系可以直接用来提高杂交种产量的优势水平, 在温带育种中具有一定的利用价值。

表 2 产量方差分析

变异来源	DF	春 播		夏 播		合 并	
		MS	F 值	MS	F 值	MS	F 值
基因型	79	20 788	4 47	21 110	3 96	25 152	5 04
母本间	7	13 783	2 97	52 319	5 20	21 621	4 33
父本间	9	104 858	22 55	74 125	7 36	113 902	22 80
母×父	63	9 556	2 06	10 069	1 89	12 864	2 58
环境内重复间	3	12 800	2 75	15 218	1 51	15 333	2 56
基因型×环境	79					16 784	3 36
环境间	1					10 827 890	
机误	237	4 649		5 342		4 995. 41	

从每个温带材料×热带亚热带自交系 10 个杂交组合的平均值比较中可以看出, 8 个温带材料间存在着显著差异。豫 5、旅 9 平均值较高, 黄早 4 和 478 较低。杂交组合与单交种对照相比, 每个温带自交系、群体都有产量超 CK 的杂交组合, 其中旅 9、豫 5、豫 2 各有 5 个, 黄早 4、330、中 3 各有 4 个, 478、Mo17 各有 3 个。从每个热带亚热带自交系×温带材料 8 个杂交组合的平均值比较中可以看出, 10 个热带亚热带自交系间也存在显著差异: CML 10、CML 312 和 CML 310 的组合平均值较高; CML 224、CML 323 和 CML 265 的产量较低。杂交组合与 CK 相比, CML 10 所组配的 8 个杂交组合中有 7 个超 CK, CML 312 有 5 个超 CK, 其中 2 个在 80 个组合中居第 1、2 位, 与 CK 产量的差异达到显著。CML 310 有 6 个组合超 CK。从表 3 还可以看出, 同一个温带材料作亲本或同一个热带亚热带自交系作亲本, 对应的热带亚热带自交系间或温带材料间均存在差异。例如, 旅 9×CML 312 产量为 $9\ 784\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 而旅 9×CML 244 产量仅有 $6\ 114\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 两者差异极显著, Mo17×CML 10 产量 ($9\ 342\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$) 与豫 5×CML 10 ($6\ 723\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$) 之间的差异也达到极显著。

在夏播环境下种植, 80 个杂交组合产量平均值为 $3\ 447\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 产量变化范围在 $900\sim 5\ 550\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ (表 3), 对照掖单 13 产量 $4\ 500\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 有 24 个杂交组合产量高于 CK, 但均未达到统计上的显著水平。产量较高的组合有黄早 4×CML 107、豫 5×CML 27、黄早 4×CML 310、Mo17×CML 27。在温带材料中, 黄早 4 组配的杂交组合表现特别突出, 由它组配的 10 个杂交组合平均值 $4\ 714\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 既高于其他温带材料, 又高于 CK, 其中 2 个组合居 80 个组合的第 1、3 位, 7 个组合超 CK。其他 7 个温带材料中除了 478 外, 每个材料都有 1 个组合超 CK。在热带亚热带自交系中, CML 27 和 CML 310 表现的较突出, 分别有 5 个和 4 个组合超 CK。

上述结果表明, 不论是在春播条件下, 还是在夏播条件下, 代表我国温带主要杂优群的自交系和群体与热带亚热带自交系杂交, 都有可能选出比商业杂交种高产的杂交组合。

春播与夏播环境下杂交组合相比, 平均产量高, 比 CK 高产的组合多。说明在春播条件下更有利于温热杂交组合产量潜力的发挥。但是上述结果显示, 2 个环境表现高产的组合并不一

致,不同亲本和组合对环境反应的敏感性存在差异,说明春、夏播环境中制约产量的因素不同。值得注意的是,在8个温带材料中,黄早4的生育期最短,由黄早4组配的杂交组合产量在夏播环境下最高,而在春播时产量较低,因此散粉开花的早晚可能是影响温热杂交组合产量的一个主要因素。

表3 春、夏播2种环境下80个温热杂交组合的产量平均值

kg·hm⁻²

材 料	豫2	豫5	中3	478	MO17	黄早4	旅9	330	平均值
CML10	8 562	9 198	6 723	8 269	9 342	8 449	8 488	8 179	8 401
CML10	2 175	1 500	1 857	2 907	2 887	4 387	3 057	1 650	2 552
CML27	7 353	7 863	7 947	7 296	7 842	7 911	7 849	7 014	7 634
CML27	4 050	5 344	5 062	4 144	5 100	4 707	5 194	4 200	4 725
CML96	7 389	7 153	7 735	7 309	6 732	5 197	7 516	7 578	7 076
CML96	3 975	4 107	2 382	3 300	3 375	4 707	3 244	4 294	3 673
CML107	8 764	8 181	7 129	7 290	8 025	8 827	7 096	6 708	7 752
CML107	3 807	4 482	2 682	4 050	3 319	5 550	3 187	1 482	3 570
CML244	6 081	6 462	5 976	5 224	5 596	5 964	6 114	5 883	5 912
CML244	2 569	2 719	2 925	1 612	1 782	5 007	1 087	2 362	2 508
CML265	6 333	6 784	6 966	4 396	6 922	7 068	6 672	6 546	6 461
CML265	3 544	2 812	2 157	900	1 257	4 912	2 757	2 925	2 658
CML295	7 815	7 579	8 107	7 966	6 849	7 362	7 843	8 202	7 715
CML295	3 504	3 657	3 657	4 257	3 544	3 825	3 297	3 396	3 642
CML310	8 196	7 957	8 472	7 555	7 207	7 809	8 463	8 152	7 976
CML310	4 725	4 087	4 744	3 919	2 944	5 175	2 962	4 707	4 158
CML312	8 274	9 561	7 053	8 809	7 069	6 463	9 784	8 466	8 185
CML312	3 412	3 937	2 550	3 844	3 637	4 650	1 444	3 057	3 316
CML323	5 521	6 675	7 080	6 049	5 937	4 806	6 760	7 461	6 286
CML323	3 300	3 075	4 407	3 919	4 312	4 219	2 737	3 357	3 666
平均值	7 428	7 741	7 319	7 016	7 152	6 985	7 658	7 419	7 340
平均值	3 506	3 572	3 242	3 285	3 216	4 714	2 897	3 143	3 447

为春播组合, CK= 7 709 kg·hm⁻², LSD_{0.05} = 1 417 kg·hm⁻²;

为夏播组合, CK= 4 500 kg·hm⁻², LSD_{0.05} = 1 524 kg·hm⁻²。

2.3 产量配合力分析

表4列出了春、夏播环境下亲本的一般配合力和特殊配合力的相对效应值。春播条件下,18个亲本中有12个gca达到显著。其4个温带材料中,豫5(5.46)和旅9(4.34)的gca相对效应值较高,478和黄早4为负值较低;热带亚热带自交系中有8个达到显著,CML10、CML312、CML310的gca相对效应值较高,CML244、CML265、CML323为负值较低,它们之间一般配合力的差异十分显著。11个组合的sca达到显著,黄早4×CML107(19.47)、旅9×CML312(17.45)、Mo17×CML10(15.37)、330×CML323(14.92)的sca相对效应值为正值较高,其他7个组合为负值。在同一个温带遗传背景下,与不同热带亚热带自交系的特殊配合力表现不同。豫2×CML107、豫5×CML312、中3×CML323、478×CML312、Mo17×CML10、黄早4×CML107、旅9×CML312、330×CML323是从每个温带材料所组配的10个组合中选出的最高特殊配合力效应的组合。

表 4 春、夏播 2 种环境下 18 个基因型 gca 和 sca 相对效应值

材 料	豫 2	豫 5	中 3	478	MO17	黄早 4	旅 9	330	gca
CML 10	0 98	5 39	- 22 58	2 61	15 37	5 47	- 3 15	- 4 10	14 46
CML 10	- 13 14	- 34 63	- 14 61	16 38	16 12	17 38	30 30	- 17 81	- 25 47
CML 27	- 5 05	- 2 35	4 55	- 0 21	5 39	8 59	- 1 41	- 9 52	4 01
CML 27	- 21 73	13 63	15 43	- 10 70	17 19	- 36 22	29 20	- 6 81	37 52
CML 96	3 06	- 4 41	9 28	7 57	- 2 14	- 20 76	1 66	5 75	- 3 59
CML 96	6 59	8 63	- 32 00	- 4 41	- 2 63	- 5 73	3 12	26 41	7 02
CML 107	12 58	0 37	- 8 20	- 1 90	6 27	19 47	- 13 29	- 15 31	5 62
CML 107	4 73	22 54	- 20 27	20 10	- 0 82	21 37	4 66	- 52 30	3 99
CML 244	1 09	2 01	1 14	- 4 97	- 1 74	5 53	- 1 59	- 1 47	- 19 45
CML 244	1 54	3 72	19 25	- 18 29	- 13 39	24 85	- 23 68	5 99	- 28 46
CML 265	- 2 94	- 1 07	7 17	- 23 71	8 84	13 10	- 1 47	0 09	- 11 98
CML 265	23 69	0 44	- 9 33	- 44 56	- 34 48	29 60	18 59	16 04	- 22 46
CML 310	1 77	- 5 73	7 04	- 1 32	- 7 92	2 55	2 29	1 32	8 67
CML 310	14 16	- 6 24	22 48	- 0 79	- 28 92	- 6 32	- 18 96	24 59	21 07
CML 312	- 0 01	13 27	- 15 14	12 92	- 12 63	- 18 61	17 45	2 76	11 51
CML 312	0 76	14 09	- 16 89	21 45	15 75	2 58	- 38 74	1 00	- 3 33
CML 323	- 11 62	- 0 16	11 11	1 18	- 2 20	- 15 34	2 11	14 92	- 14 36
CML 323	- 12 80	- 21 37	27 07	13 46	25 17	- 19 82	- 11 24	- 0 47	6 83
CML 295	0 14	- 7 32	5 63	7 83	- 9 24	0 00	- 2 59	5 55	5 12
CML 295	- 3 81	- 0 82	13 22	7 35	6 01	- 27 69	6 73	3 36	3 28
gca	1 21	5 46	- 0 29	- 4 41	- 2 56	- 4 83	4 34	1 07	
gca	2 08	4 12	- 5 43	- 6 23	- 6 25	35 88	- 15 67	- 8 49	

春播的显著性检验值分别为 $LSD(g_i) = 4.31$; $LSD(g_j) = 4.83$; $LSD(s_{ij}) = 13.65$;

$LSD(g_i - g_j)_{p1} = 6.11$; $LSD(g_i - g_j)_{p2} = 6.83$; $LSD(s_{ij} - slk) = 19.30$;

夏播的显著性检验值分别为 $LSD(g_i) = 9.85$; $LSD(g_j) = 11.01$; $LSD(s_{ij}) = 31.14$;

$LSD(g_i - g_j)_{p1} = 13.93$; $LSD(g_i - g_j)_{p2} = 15.57$; $LSD(s_{ij} - slk) = 44.04$;

同表 3。

夏播条件下,在温带材料中,一般配合力达到显著的有黄早 4(35.88)和旅 9(-15.67);在热带亚热带材料中,CML 27(37.52)、CML 310(21.07)、CML 265(-22.46)、CML 10(-25.47)、CML 244(-28.46)达到显著。黄早 4、CML 27、CML 310 的 gca 相对效应值为正值,一般配合力高。特殊配合力为正值的组合没有一个达到显著。每个温带材料特殊配合力最高的组合分别是:豫 2 × CML 265、豫 5 × CML 107、中 3 × CML 323、478 × CML 312、MO17 × CML 323、黄早 4 × CML 265、旅 9 × CML 10、330 × CML 96。

以上结果可以看出,不论是温带材料还是热带亚热带自交系,一般配合力、特殊配合力在春夏播不同条件下表现出遗传不稳定的现象。例如夏播环境下,黄早 4 gca 相对效应值居 8 个温带材料的第 1 位,但春播环境下则居第 8 位。旅 9 在夏播时居第 8 位,春播时居 2 位。由此可见,基因型与环境互作在温热杂交种的遗传中表现的十分突出。

2.4 杂交组合农艺性状的平均值

夏播与春播相比,80 个杂交组合植株和穗位高度增加,生育期变短,空秆率提高,穗长等果穗性状变小(表 5)。80 个杂交种平均值与 CK 掖单 13 相比,株高、穗位增高十分显著,如 80 个杂交组合春播、夏播平均株高分别比 CK 高 65 cm 和 57.1 cm,春播最高组合(321.9 cm)、夏播最高组合(353.0 cm)比 CK 分别高 105.2 cm 和 97 cm。由此可见,植株和穗位高大是温热杂交种在温带环境利用中的一个突出问题。从 8 个温带材料所配杂交组合来看(数据未列出),478 × 热自交系 10 个组合的平均值最小,春播 266.7 cm,夏播 288.2 cm,其中 478 × CML 323 组合平均值在春、夏播 2 个环境中,1 个略高于 CK,1 个略低于 CK。穗位高与株高有类似的结果。这一结

果说明, 478 自交系对于热带种质株高和穗位的改造具有显著的降秆作用。

表 5 80 个杂交组合在春、夏播环境下各性状平均值

性状	株高 <i>h/cm</i>	穗位高 <i>h/cm</i>	散粉 <i>t/d</i>	吐丝 <i>t/d</i>	ASI <i>t/d</i>	空秆率 <i>Q/%</i>	穗长 <i>l/cm</i>	行粒数	穗粗 <i>d/cm</i>	穗行数	出籽率 <i>Q/%</i>	千粒重 <i>m/g</i>
X ₁	281.7	125.2	61.9	65.3	3.4	5.3	17.5	32.9	4.4	15.2	84.1	293
CK ₁	216.7	80.7	57.7	60.9	3.2	6.33	15.3	29.8	5.0	17.4	85.7	287
X ₂	313.1	146.1	49.0	53.1	3.3	31.01	16.0	28.9	4.4	14.4	85.9	283
CK ₂	256.0	96.6	49.0	50.0	1.0	23.33	14.8	28.8	5.3	17.2	86.9	279

X₁, CK₁ 为春播 80 个组合平均值和对照平均值; X₂, CK₂ 为夏播 80 个组合平均值和对照平均值。

散粉天数、吐丝天数、ASI 值、空秆率这 4 个反映热带亚热带种质光敏感性的指标, 温热杂交组合的平均值略高于 CK; 但旅 9×CML 244、旅 9×CML 310 等杂交组合的生育期以及 478×CML 265、旅 9×CML 244 的空秆率指标与 CK 仍有较大差距, 不能达到生产应用的指标。说明旅 9、478 自交系对改良这 4 个性状方面还存在着不足。但是黄早 4 所有杂交组合的平均值, 特别是其中一些组合在这 4 个性状上已接近或低于 CK, 这一结果说明, 黄早 4 自交系对于热带种质这 4 个光敏感性状的改造方面具有突出的效果。

从果穗性状看, 温热杂交种的穗粗除了旅 9×CML 312、黄早 4×CML 107 这 2 个组合外, 其他 78 个组合均低于 CK, 穗行数与穗粗的表现结果类似。这说明温热杂交种穗子变细、行数降低是在利用热带种质中的一个突出问题。但在温带材料中, 旅 9 自交系对于温热杂交种的增粗具有一定的作用。

温热杂交种果穗长度、行粒数、出籽率的平均值高于或接近 CK, 果穗较长是温热杂交种的一个突出优点, Mo17 自交系对于提高温热杂交种的穗长、行粒数和出籽率具有增强的作用。

温热杂交种千粒重的平均值高于 CK, 在 8 个温带材料中, 豫 5 群体对于增强温热杂交种的粒重更为突出。

3 讨论

3.1 温热杂交种的特点

本研究结果表明, 与温带杂交种相比, 温热杂交种具有以下几个特点: 温热杂交种在春、夏播不同的环境下, 基因型与环境互作显著; 不同的杂交种对不同的生态因子表现的敏感性不同, 鉴定的高产组合以及 *gca*, *sca* 较高的亲本并不一致, 反映了温热杂交种产量、配合力不稳定的特性, 基因型×环境互作在温热杂交种产量杂种优势的表达上起着重要的作用; 在生育期较短的夏播条件下, 晚熟性可能是制约产量的一个重要因素。温热杂交种产量具有一定的杂种优势, 从选配的杂交组合中可选出产量优于温带的商业杂交种的高产组合。在散粉、吐丝、雌雄协调性即反应热带种质光周期敏感的指标上, 温热杂交种略低于或接近温带生产应用杂交种的标准, 适应的温带种质早熟性对外来的热带种质晚熟性表现为显性或部分显性; 热带种质对光周期反应敏感的延迟开花吐丝的缺点, 通过温热自交系杂交的方法可以克服, 尤其是在生育期较长的春播条件下更易克服。温热杂交种的植株和穗位高大, 这是在温带利用热带亚热带种质中的一个突出的问题。果穗细, 穗行数少, 是热带种质利用中的一个不利因素。果穗长, 每行粒数多, 千粒重较高, 是温热杂交种的一个突出优点。持绿性好, 抗病性强, 在本

试验的过程中发现许多杂交组合叶片持绿期长, 活秆成熟, 一些组合对青枯等病害抗性强。

3.2 温热杂交种的选择和改良

本研究结果表明, 不论是在春播条件下还是在夏播条件下, 代表我国温带主要玉米种质 5 个杂优群的自交系和 3 个改良群体, 与热带亚热带自交系杂交, 都有可能从中选出比商业杂交种高产的杂交组合。而且, 旅 9 × CML 312、豫 5 × CML 312、Mo17 × CML 10、豫 5 × CML 10 这 4 个杂交组合在春播条件下与 CK 产量的差异达到显著水平。黄早 4、旅 9、豫 5 以及黄早 4 × CML 107、旅 9 × CML 312、Mo17 × CML 10、330 × CML 323 等杂交组合表现出较高的一般配合力和特殊配合力。这说明温热杂交种在我国温带玉米生产上具有较大的利用潜力。

结果还表明, 代表我国温带主要玉米种质杂优群的自交系和改良群体, 与热带亚热带自交系杂交后, 在株高、穗位高、散粉、吐丝生育指标、果穗的长粗和粒重等方面表现出明显差异, 这个差异既反映了我国 5 个杂优群自交系和 3 个改良群体不同的遗传特点, 也反映出它们在选育温热杂交种和改良利用热带亚热带种质中具有不同的利用价值。根据本试验结果, 我们认为: 478 自交系来源于 5003, 它具有较好的矮化基因, 因此 5003 的杂优群可以明显地降低株高和穗位高, 对于温热杂交种和热带亚热带种质株高和穗位高大这一突出的问题具有较高的利用价值; 黄早 4 自交系的杂优群对于热带种质散粉天数和吐丝天数延迟、雌雄不协调、空秆率高这些光敏性状的改造方面具有突出的效果; 旅 9 自交系的杂优群可以用来增加温热杂交种穗粗, 解决温热杂交种穗细、穗行数少的问题; Mo17 自交系的杂优群对于提高温热杂交种的穗长、行粒数和出籽率, 豫 5 群体对于增加温热杂交种的粒重具有较好的作用。

参 考 文 献

- 1 张世煌, 石德权. 系统引进和利用外来种质的途径. 作物杂志, 1995, (1): 7~ 9
- 2 刘纪麟主编. 玉米育种学. 北京: 农业出版社, 1991
- 3 Hallauer A R, Miranda J B. Quantitative genetics in maize breeding. Ames, Iowa: Iowa State University Press, 1981
- 4 Mungoma C, Pollak L M. Heterotic patterns among ten corn belt and exotic maize populations. Crop Sci, 1988, 28: 500~ 504
- 5 吴景锋. 我国玉米杂交种发展的主要历程、差距和对策. 玉米科学, 1995, 3(1): 1~ 5
- 6 陈彦惠. 玉米遗传育种学. 郑州: 河南科技出版社, 1996
- 7 彭泽斌, 刘新芝, 傅骏骅, 等. 玉米自交系杂种优势类群与杂优模式构建的初步研究. 作物学报, 1998, 24(6): 711~ 717
- 8 陈彦惠, 刘新芝, 彭泽斌, 等. 玉米杂种优势类群和模式的研究. 河南农业大学学报, 1995, 29(4): 341~ 346
- 9 Holland J B, Goodman M M. Combining ability of tropical maize accessions with U S germplasm. Crop Sci, 1995, 35: 767~ 773
- 10 Salhuana W L, Pollak M, Ferrer, et al. Breeding potential of maize accessions from Argentina, Chile, USA and Uruguay. Crop Sci, 1998, 38: 866~ 872
- 11 San Vicente F M, Bejarano A, Marin C. Analysis of diallel crosses among improved tropic white endosperm maize populations. Maydica, 1998, 43: 147~ 153
- 12 Beck D L, Vasal S K, Crossa J. Heterosis and combining ability among subtropic and temperate intermediate maturity maize germplasm. Crop Sci, 1991, 31: 68~ 73
- 13 Godshalk E B, Kauffman K D. Performance of exotic × temperate single-cross maize hybrids. Crop Sci, 1995, 35: 1042~ 1045