

玉米 Suwan 和 Iodent 改良系育种应用探索与分析

郭向阳¹, 吴 迅¹, 王安贵¹, 刘鹏飞¹, 涂 亮¹, 祝云芳¹, 王良发², 陈泽辉¹

(¹贵州省农业科学院旱粮研究所, 贵阳 550006; ²河南省鹤壁市农业科学院, 鹤壁 458020)

摘要: 培育突破性育种新材料是选育优良玉米杂交种的基础与前提。本研究基于包含 60000 个 SNP 的 MaizeSNP50 芯片对包括热带、亚热带玉米种质, 温带改良系 (SI、PB 等)、Reid、Lancaster 和塘四平头类群的 104 份供试材料全基因组扫描, 运用 R 语言程序包 GAPIT 运算对其群体遗传结构分析; 同时, 从中选用 6 份苏艾 (Suwan-Iodent 群体) 改良系 QB5721、QB5722、QB5744、QB5725、QB5775 和 QB5785 及其 Iodent 种质代表系 HCL645, 热带 Suwan 种质 (QR273、ZHL908) 为材料, 按 NCII 设计将 Iodent 及改良系 (7 份) 与来自不同类群测验种 (7 份) 组配成 49 个杂交组合, 以单穗粒重的配合力效应值评估 6 份苏艾系的杂种优势。根据 MaizeSNP50 芯片扫描结果进行遗传结构分析, 可将 104 份供试材料划分为热带种质、塘四平头 (TSPT)、Lancaster 和 Iodent 种质 4 类种质。其中, Iodent 类群与其他 5 类种质的群体间遗传距离均较大, Suwan-Iodent 种质改良系与 Reid、Lancaster 和 PB 类群杂种优势比较明显。表型结果分析表明, 6 份苏艾改良系的一般配合力相对效应值 (RGCA) 为 -1.62%~5.67%, 49 个杂交组合的特殊配合力相对效应值 (RSCA) 为 -2.64%~2.98%。苏艾改良系中 QB5725 的 RGCA 为 5.67%, 高于其 4 个改良系 QB5775 (4.39%)、QB5721 (2.42%)、QB5722 (1.68%)、QB5744 (2.29%) 和 HCL645 (2.38%)。这些研究结果有可能为热带玉米种质在我国玉米温带区的应用提供新的研究思路。

关键词: 玉米; Suwan; Iodent; 产量; 杂种优势

Exploration and Analysis of Performance of Test Crosses of Suwan-Iodent Improved Lines in Maize Breeding

GUO Xiang-yang¹, WU Xun¹, WANG An-gui¹, LIU Peng-fei¹, TU Liang¹,
ZHU Yun-fang¹, WANG Liang-fa², CHEN Ze-hui¹

(¹Institute of Upland Food Crops, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang 550006;

²Hebi Academy of Agricultural Sciences, Hebi 458020)

Abstract: New materials are the basis and premise of breeding elite maize hybrids. This study was based on the scanning with MaizeSNP50 BeadChip (containing 60000 SNPs) of the whole genome of 104 test materials that included tropical/subtropical germplasms, temperate-tropical lines (SI, PB, etc.), Reid, Lancaster and Tangsipingtou groups, and on the analysis with R language package GAPIT of the population genetic structure. Improved lines QB5721, QB5722, QB5744, QB5725, QB5775, QB5785 from SI (Suwan-Iodent) populations, representative line HCL645 of Iodent germplasm, and tropical Suwan germplasms QR273, ZH908 were chosen as the materials, with Iodent and 6 improved lines paired with 7 test materials from different groups to obtain 49 cross combinations, according to NCII design. Heterosis of the 6 SI lines was evaluated by RGCA (relative effect of general combining ability) of grain weight per spike. Analysis of genetic structure based on MaizeSNP50 BeadChip scanning divided the 104 materials into four types: tropical germplasm, Tangsipingtou (TSPT),

收稿日期: 2021-04-27 修回日期: 2021-05-10 网络出版日期: 2021-05-26

URL: <http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20210427004>

第一作者研究方向为玉米遗传育种, E-mail: xyguo0372@163.com

通信作者: 陈泽辉, 研究方向为玉米遗传育种与数量遗传学, E-mail: Chenzh907@sina.com

基金项目: 国家自然科学基金 (32060460, 31760387); 黔科合平台人才 [(2018)5629]; 黔科中引地 (20184003); 河南省科技攻关 (202102110036)

Foundation projects: National Natural Science Foundation of China (32060460, 31760387), Talents of Guizhou Science and Technology Cooperation Platform [(2018)5629], Central Guizhou Land Diversion (20184003), Science and Technology Research in Henan Province (202102110036)

Lancaster, and Iodent germplasm. The genetic distance was large between Iodent group and other five types of germplasm, and SI germplasm improved lines were clearly superior to Reid, Lancaster, and PB groups in heterosis. Phenotypic analysis indicated that the range of RGCA of the 6 SI improved lines was between-1.62% and 5.67%, and the range of RSCA (relative effect of specific combining ability) of the 49 cross combinations was between-2.64% and 2.98%. The RGCA of QB5725 was 5.67%, higher than that of QB5775 (4.39%), QB5721 (2.42%), QB5722 (1.68%), QB5744 (2.29%) and HCL645 (2.38%). These results may provide new research ideas for the creation and application of tropical maize germplasm resources in temperate regions in China.

Key words: maize; Suwan; Iodent; yield; heterosis

随着全球气候的变暖,我国玉米主产区南方锈病、穗腐和青枯等病害和高温热害等不良现象呈常态化,导致很多温带地区种质资源改良无法适应新的抗病性,原有热源的P群已无法提供新的抗源,热带玉米 Suwan 种质、Tuxpeno 和墨黄种质为温带玉米改良提供新的抗源。前人对热带玉米种质遗传改良、育种应用等方面进行了大量的研究^[1-4],选育出一批自交系如浚 9058、吉 1037、昌 7-2、齐 319、沈 137 和 YA3237 等温热系,对我国玉米育种与生产推广起到巨大推动作用,为粮食安全和人民增收奠定基础。热带玉米种质较温带种质具有丰富的多样性,表现出抗性好、穗子大、适应性强、品质优等特点,在现代玉米育种尤其是中国南方玉米生产中发挥着无可取代的作用。但同时热带、亚热带玉米种质温光敏感、植株繁茂、生育期晚和抗倒伏差等不良性状严重影响热带、亚热带玉米种质的改良和利用。

当今,在美国玉米带, BSSS(母本)与 Iodent(父本)杂种优势模式的单交种面积占 75% 以上^[5]。1902 年初, Perry Holden 在爱荷华州推广瑞德黄粒马齿玉米。经过 80 年不懈努力,选育出脱水快、早熟和配合力高的玉米骨干自交系 PH207,并衍生出一批优良 Iodent 自交系^[6-8]。Iodent(Iowa Experiment Station Reid Yellow Dent)种质现已是美国玉米商业育种应用最广泛、最重要的的种质之一^[7]。但在国内对玉米 Iodent 种质的遗传育种改良研究鲜见报道。以 HCL645 等为代表的温带玉米 Iodent 种质脱水快、农艺性状和早熟性好,结合热带玉米种质资源在黄淮海地区的筛选、表型评价、改良与利用,提出利用 Iodent 种质改良热带玉米种质思路,采取大群体定向回交策略,解决热带玉米种质光敏感的难点和突破口^[5],为扩宽我国现有玉米种质提供物质保障。

1 材料与方法

1.1 试验材料

利用包含有 60000 个 SNP 的 MaizeSNP50 芯片对 104 份玉米自交系试验材料进行全基因组扫描(表 1),用其评价群体遗传结构,其中,有 40 份自交系来自我国南方玉米生态区,属于典型的 Suwan 或 Suwan 种质改良系、Tuxpeno 或 CIMMTY 种质,64 份自交系来自我国的温带地区。从中选用 6 份苏艾(Suwan-Iodent 群体)改良系 QB5721、QB5722、QB5744、QB5725、QB5775、QB5785 及其 Iodent 种质代表系 HCL645,与 7 份不同类群测验种郑 58(Reid)、昌 7-2(塘四平头)、PH6WC(BSSS)、PH4CV(Lancaster)、BA702(Reid/PB)、T1932(PB)、M03(Reid),于 2017 年冬季在海南乐东县九所基地(贵州省旱作南繁基地),采用 NCII 遗传设计,共组配成 49 个杂交组合。

1.2 田间试验方法

于 2018 年及 2019 年的夏季,在河南省滑县(35.58°N, 114.52°E)对 49 个杂交组合与郑单 958(CK)以及 2 份热带种质自交系(QR273 和 ZHL908)进行田间鉴定;采用随机区组设计,2 行区,2 次重复;行长 4 m,行距 65 cm,走道 0.5 m,每行 20 株,株距 20 cm,密度 68,400 株/hm²;田间管理同当地大田生产一致。表型鉴定及室内考种以小区为单位,对其开花期、株高、穗位高、单穗粒重和小区产量进行测量。

1.3 基因型分析

2016 年 11 月,采用 CTAB 抽提法提取 104 份供试材料幼叶基因组 DNA,质检合格的 DNA 样本用于 SNP 基因分型,其中包含 60000 个 SNPs 标记的商业化芯片在 Illumina 公司定制,芯片杂交和数据质量控制等试验委托北京康普森科技发展有限公司完成。

表 1 104 份玉米供试材料来源与类群

Table 1 Sources and groups of 104 maize inbred lines

序号 No.	材料 Material	来源 Pedigree	类群 Group	序号 No.	材料 Material	来源 Pedigree	类群 Group
1	ZHL908	Suwan1 群体	Suwan	39	QB5775	Suwan-Iodent1 C0 群体	Suwan-Iodent
2	QR273	Suwan1C11 群体	Suwan	40	QB5725	Suwan-Iodent1 C0 群体	Suwan-Iodent
3	CML171	Pop51 群体	CIMMTY	41	QB5785	Suwan-Iodent1 C0 群体	Suwan-Iodent
4	S65	Suwan1C11 群体	Suwan	42	QB5813	Suwan-Iodent1 C0 群体	Suwan-Iodent
5	QB191	Tuxpeno94 群体	Tuxpeno	43	QBH645_1	(QR273 × HCL645) × HCL645	Suwan-Iodent
6	QB446	Suwan1 × Mo17	Suwan-Lancaster	44	QBH645_2	(QR273 × HCL645) × HCL645	Suwan-Iodent
7	QB572	QB48 × T32	Suwan	45	QBH645_3	(QR273 × HCL645) × HCL645	Suwan-Iodent
8	QB662	先玉 508 F2	Reid	46	QBH645_4	(QR273 × HCL645) × HCL645	Suwan-Iodent
9	QB1018	先玉 222 F2	Reid	47	QBH645_5	(QR273 × HCL645) × HCL645	Suwan-Iodent
10	QB1540	QB506 × 顺单 6	Reid-PB	48	QBH645_6	(QR273 × HCL645) × HCL645	Suwan-Iodent
11	QB1994	(T32 × QR273) × QR273	Suwan	49	QBH645_7	(QR273 × HCL645) × HCL645	Suwan-Iodent
12	QB2208	QB576 × QR273	Suwan	50	QBH645_8	(QR273 × HCL645) × HCL645	Suwan-Iodent
13	QB2218	QB576 × QR273	Suwan	51	QBH645_9	(QR273 × HCL645) × HCL645	Suwan-Iodent
14	QB2229	QB576 × QR273	Suwan	52	QBH645_10	(QR273 × HCL645) × HCL645	Suwan-Iodent
15	QB2232	QB576 × QR273	Suwan	53	QBH645_11	(QR273 × HCL645) × HCL645	Suwan-Iodent
16	XL50612	Suwan1 × S611	Suwan	54	QBH645_12	(QR273 × HCL645) × HCL645	Suwan-Iodent
17	CZ13	Suwan1 × S611	Suwan	55	QBH348_1	(QR273 × HCL645) × HCL645	Suwan-Iodent
18	QB1013	先玉 222	Reid	56	QBH348_2	(QR273 × HCL645) × HCL645	Suwan-Iodent
19	S611	Suwan1C11 群体	Suwan	57	QBH348_3	(QR273 × HCL645) × HCL645	Suwan-Iodent
20	ZH05	D340 × B73	LDRG-BSSS	58	QBH348_4	(QR273 × HCL645) × HCL645	Suwan-Iodent
21	QB512	辽丹 933	Reid-PB	59	QB1290	QR273 × B1189Z	Suwan-lancaster
22	EY560	CML171 × S11	CIMMTY	60	QB1314	QR273 × B1189Z	Suwan-lancaster
23	T32	Suwan1C11 群体	Suwan	61	QR90	J106 × 铁 7922	Reid
24	QB506	丹 9046 × 91-95	Reid-PB	62	QR200	Suwan1C11 群体	Suwan
25	QB197	PH4CV 变异株	Lancaster	63	WG646	Suwan1 群体	Suwan
26	PHB1M	PH2KN × PH2KR	Lancaster	64	QBH16_54	QR273 × HCL645	Suwan
27	CML172	Pop51 群体	CIMMTY	65	5311	C103 × 187	Lancaster
28	双 M9	Tuxpeno94C1	Tuxpeno	66	QB408	Suwan1 × Mo17	Suwan-Lancaster
29	HCL645	HCL503 × HCL646	Iodent	67	ZH6218	毕单 7 F2	Tuxpeno
30	QB39	Suwan1C11 群体	Suwan	68	S01	未知	PB
31	PH5AD	先玉 508 F2	Reid-PB	69	许 178	P18599 F2	PB
32	QB48	Suwan1C11 群体	Suwan	70	S11	Suwan1C11 群体	Suwan
33	赞 S122	Tuxpeno 群体	Tuxpeno	71	黄早四 (HZS)	早四	塘四平头
34	WG1990	T32 × QR273	Suwan	72	B73	BSSS 群体	BSSS
35	QB2182	(T32 × S273) × QR273	Suwan	73	齐 319	P18599 F2	PB
36	QB2896	QB1018 × QB512	Reid-PB	74	Mo17	C103 × 187	Lancaster
37	QB5722	Suwan-Iodent1 C0 群体	Suwan-Iodent	75	A801	丹 9042/(丹 9046/Tuxpeno9)	PB
38	QB5744	Suwan-Iodent1 C0 群体	Suwan-Iodent	76	18599	P18599 F2	PB

表 1 (续)

序号 No.	材料 Material	来源 Pedigree	类群 Group	序号 No.	材料 Material	来源 Pedigree	类群 Group
77	Yu561	农大 202 × 095	PB	91	PH6WC	PH01N × PH09B	BSSS
78	昌 7-2	V59 × 黄早四	塘四平头	92	R08	P18599	PB
79	Dan598	P18599	PB	93	SHEN5003	先玉 3147	Reid
80	黄 C	(Huangxiao162 × Zi330) × Tuxpeno	Reid	94	T8_C1	未知	PB
81	黄野四	黄改	塘四平头	95	掖 478_C2	Shen5003 × U8112	Reid
82	J1853	黄早四 × Zi330	塘四平头	96	掖 107	XL80	Reid
83	LH123	3535	Reid	97	综 3_C2	先玉 3147	PB
84	LH38	未知	BSSS	98	自 330	Oh43 × Keli67	Lancaster
85	LX9801	Ye502 × H21	塘四平头	99	热 67	CIMMTY 群体	CIMMTY
86	M03	X1132Z	Reid	100	QB1545	QB506 顺单 6 F2	Reid-PB
87	M54_C1	X1132Z	Reid	101	GH368	Suwan1C11 群体	Suwan
88	美 22	未知	Reid	102	PH09B	PHP38 × PHHB9	Reid
89	木 6	C103 × 187	Lancaster	103	QB5721	Suwan-Iodent1 C0 群体	Suwan-Iodent
90	PH4CV	PH7V0 × PHBZE2	Lancaster	104	郑 58	掖 478 变异株	Reid

1.4 数据统计与分析

一般配合力 (GCA, general combining ability) 和特殊配合力 (SCA, special combining ability) 的相对效应值 (RGCA、RSCA) 估算方法采用黄远樟等^[9]的方法。

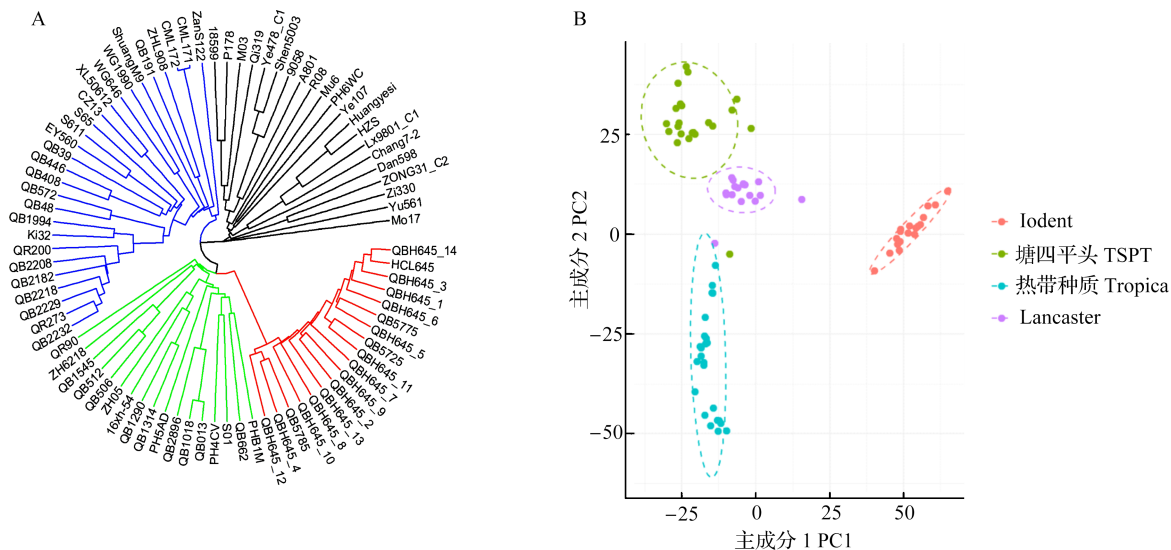
使用 Genome Studio 软件进行 SNP 分型, 剔除数据缺失频率 >20 %、最小等位基因频率 <5 % 的 SNP 标记, 保留高质量的 SNP 标记进行数据分析, 运用 R 语言包 GAPIT 对自然群体进行 PCA 群体结构分析和亲缘关系评估, 计算亲缘关系 K 矩阵。

亲缘关系代表 2 个特定材料之间的遗传相似性与任意材料之间遗传相似度的相对值。

2 结果与分析

2.1 遗传结构分析

为了评价群体遗传结构和估算每份自交系材料的遗传组成及其所属亚群, 基于 104 份玉米自交系测序的 60000 个 SNPs 数据, 运用 R 语言程序包运算 NJ 系统发育树和主成分分析, 将其划分为 4 个类群 (图 1A、B): 热带种质、塘四平头、Iodent 和 Lancaster。



A: 邻接系统发育树; B: 主成分分析

A: Neighbor-joining tree, B: Principal component analysis, PC: Principal component, TSPT: Tangsipingtou

图 1 群体遗传结构

Fig.1 The population genetic structure

Lancaster 和 Iodent 种质,其不同类群的代表自交系分别为 T32、HZS、PH4CV 和 HCL645;其中 HCL645 属于典型的 Iodent 种质类群,是孟山都公司选育的 DK517 的亲本,具有早熟、GCA 高,但抗性较差等特点。Lancaster 类群还主要包括 Mo17、PH4CV 及其改良系、D1798Z 改良系和 PB 等其他类群种质。

从不同群体间遗传距离(表 2)可以看出,群体间遗传距离大于群体内遗传距离。其中,群体内的

遗传距离范围为 0.112~0.311, Lancaster 类群内的遗传距离最小(0.112),热带种质内的遗传距离最大(0.311);不同群体间遗传距离范围为 0.332~0.426,热带种质与塘四平头的遗传距离最小(0.332),PB 类群与 Reid 类群的遗传距离最大(0.426);Iodent 类群与其他 5 类种质的遗传距离均较大;热带种质与 Reid 种质的遗传距离较大。该结果说明群体间的遗传距离较远,杂种优势较强,这与育种应用实践相吻合。

表 2 不同群体间和群体内的遗传距离

Table 2 Genetic distance between and within populations

类群 Group	Lancaster	Reid	PB	塘四平头 TSPT	Iodent	热带种质 Tropica
Lancaster	0.112					
Reid	0.415	0.263				
PB	0.368	0.426	0.189			
塘四平头 TSPT	0.342	0.412	0.386	0.164		
Iodent	0.398	0.389	0.372	0.388	0.131	
热带种质 Tropica	0.376	0.416	0.378	0.332	0.341	0.311

2.2 田间表型特征鉴定

将选取配合力高、抗逆性强的 6 份苏艾群体改良系(QB5721、QB5725、QB5744、QB5785、QB5775 和 QB5722)、2 份热带种质自交系(QR273 和 ZHL908)和 1 份 Iodent 种质选系 HCL645 进行多点田间表型鉴定。开花期和株型相关性状结果(图 2、图 3)表明,改良系 QB5725 的开花期与 QR273 的开花期(75 d)相当;QB5744 和 QB5775 的开花期分别为 72 d 和 74 d,比 QR273 的开花期分别早 3 d 和 1 d。改

良系 QB5721、QB5722 和 QB5785 的开花期范围是 69~71 d,其中 QB5721、QB5722 比 QR273 的开花期早 6 d,比 HCL645 开花期早 2 d;QB5785 的开花期与 HCL645 相当;改良系 QB5725、QB5744 和 QB5775 的株高和穗位高的范围分别为 168~190 cm 和 62~80 cm,与 QR273 的株高和穗位高相当;改良系 QB5721、QB5722 株高和穗位高分别为 120 cm 和 135 cm,35 cm 和 40 cm,比 HCL645 株高和穗位高均低。QB5785 与 HCL645 的株高和穗位高基本一致。

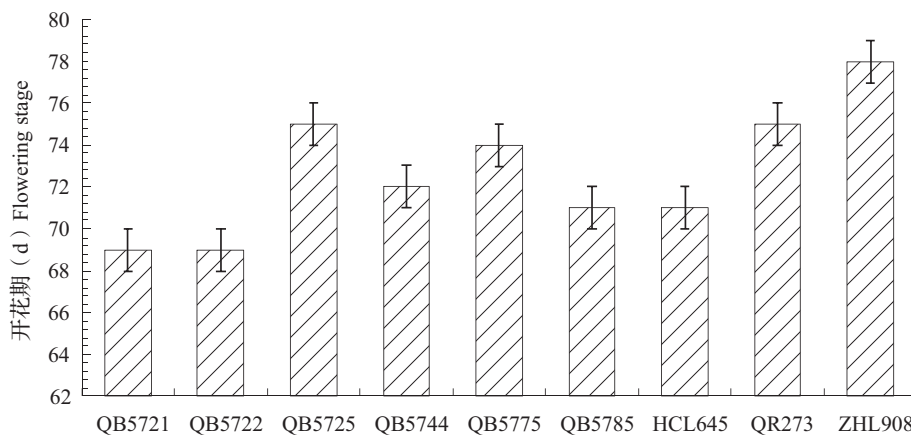


图 2 Suwan-Iodent 系、Suwan 系和 Iodent 系的开花期性状
Fig.2 Flowering stage of Suwan-Iodent lines, Suwan and Iodent lines

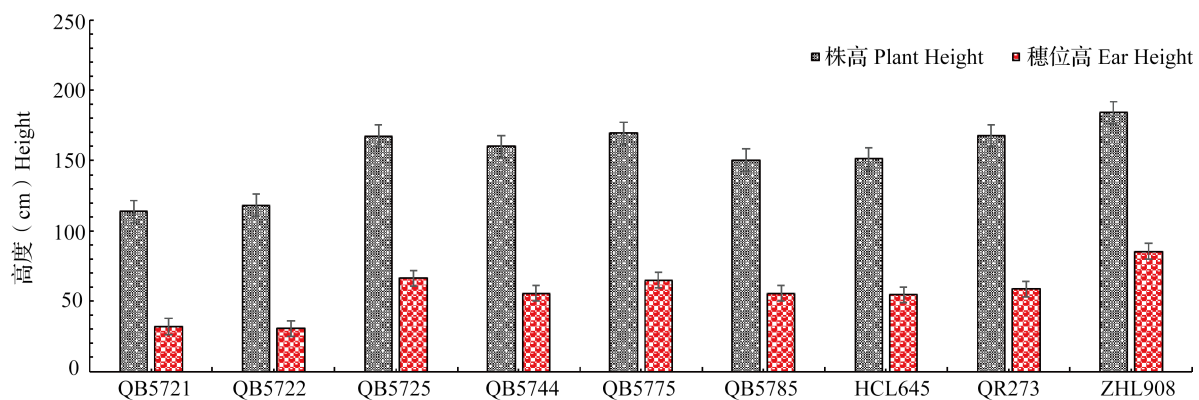


图3 Suwan-Iodent 系、Suwan 系和 Iodent 系的株高、穗位高性状

Fig.3 Plant height and ear height of Suwan-Iodent lines, Suwan and Iodent lines

2.3 Suwan-Iodent 种质改良系的杂种优势分析

2.3.1 配合力分析 以我国常用杂优类群的代表系郑 58、昌 7-2、PH6WC、PH4CV、T1932、BA702 和 M03 作测验种,与 HCL645 及其改良系 QB5721、QB5722、QB5744、QB5725、QB5775 和 QB5785 共 7 份材料组配杂交组合 F_1 ,结合两点的单穗粒重表型数据分析 6 个苏艾改良系的配合力效应值,表 3 列出的是 6 个苏艾改良系亲本单穗粒重的一般配合力相对

效应值和 49 个杂交组合特殊配合力相对效应值。结果发现,6 份苏艾改良系的 RGCA 为 -1.62% ~ 5.67% ,49 个杂交组合的 RSCA 为 -2.64% ~ 2.98% 。苏艾改良系中 QB5725 的 RGCA 为 5.67% ,高于其 4 个选系亲本 QB5775 (4.39%),QB5721 (2.42%),QB5722 (1.68%) 和 HCL645 (2.38%)。为更好地利用热带玉米 Suwan 种质改良 Iodent 种质在育种实践种提供理论依据。

表 3 6 个 SI 系亲本单穗粒重一般配合力相对效应值和 49 个杂交组合特殊配合力相对效应值

Table 3 RGCA of 6 SI line parents in grain weight per spike and RSCA of 49 combinations

亲本 Parent	一般配合力相对效应值 (%) RGCA	特殊配合力相对效应值 (%) RSCA						
		M03	T1932	昌 7-2	郑 58	PH6WC	PH4CV	BA702
QB5721	2.42	2.34	0.98	-1.87	0.16	1.21	1.08	-2.41
QB5722	1.68	-2.44	2.69	1.23	0.98	2.11	0.21	0.64
QB5744	2.29	-1.89	1.62	0.42	1.22	1.62	-0.42	1.22
QB5725	5.67	1.22	2.98	1.01	-0.14	-1.21	0.98	4.68
QB5775	4.39	1.98	2.84	-2.47	-1.85	-0.92	1.59	1.21
QB5785	-1.62	-2.64	-1.92	-1.21	0.64	-1.63	0.61	-0.64
HCL645	2.38	2.25	0.84	-1.02	-0.04	1.18	2.04	-0.95

RGCA: Relative effect of general combining ability, RSCA: Relative effect of specific combining ability

2.3.2 产量性状 为进一步对 Suwan-Iodent 改良系准确的评价,对组配的 49 个杂交组合 F_1 进行两点田间组合鉴定的联合产量(表 4)和株型性状测定,结果表明,杂交组合 QB5725 \times T1932 的两年平均产量为 $764.86 \text{ kg}/667 \text{ m}^2$,比对照郑单 958 增产 13.77% ,产量最高。其次,产量依次递减的杂交组合分别是 QB5775 \times T1932、QB5744 \times PH4CV、QB5722 \times T1932、QB5722 \times BA702、QB5744 \times BA702,产量依次分别为

$731.95 \text{ kg}/667 \text{ m}^2$ 、 $710.65 \text{ kg}/667 \text{ m}^2$ 、 $694.62 \text{ kg}/667 \text{ m}^2$ 、 $690.61 \text{ kg}/667 \text{ m}^2$ 、 $688.67 \text{ kg}/667 \text{ m}^2$,比对照增产分别为 8.87% 、 5.70% 、 3.32% 、 2.72% 和 2.43% 。因此,Suwan-Iodent 种质改良系与改良 Reid、Lancaster 和 PB 类群优势比较明显。这一结果与育种应用实践(豫单 806、YD819 和荟玉 5775 等杂交组合参加国家各级试验中丰产性、抗性和品质优表现突出)相吻合。

表4 产量排位前10名的杂交组合产量
Table 4 Yield of top 10 cross combinations

序号 Number	组合 Combination	产量 (kg/667 m ²) Yield	比对照增产 (%) ± CK
1	QB5725 × T1932	764.86	13.77
2	QB5775 × T1932	731.95	8.87
3	QB5744 × PH4CV	710.65	5.70
4	QB5722 × T1932	694.62	3.32
5	QB5722 × BA702	690.61	2.72
6	QB5744 × BA702	688.67	2.43
7	QB5744 × T1932	685.61	1.98
8	QB5721 × M03	681.35	1.34
9	QB5725 × BA702	675.91	0.54
10	QB5785 × M03	674.5	0.33
	CK (郑单 958)	672.31	—

3 讨论

利用热带种质扩大温带地区的遗传基础,如提供非生物、生物抗性和新特性的资源,是一种最可行的途径。热带种质在温带地区缺乏适应性是主要限制因素,前人针对热带玉米种质在温带地区利用的研究报道较多,其中针对热带种质光周期改良的研究最多。Hainzelin^[10]采用混合选择和外来材料回交的方法改良种质,以减少热带种质光周期的影响,这与 Holland 等^[11]使用的方法类似。众多研究表明,热带玉米种质光周期效应可通过其与早熟资源杂交并进行适应性选择^[12-13],或通过与适应性种质杂交选择,或通过鉴定光周期不敏感的外来种质^[14]来克服。至于热带种质的育种研究,前人也有不少的研究,闫淑琴等^[15]选用5份 Suwan1 种质导入系(当地常用系甸骨 11A、红玉米、长3、Mo17、黄早四导入 Suwan1 种质杂交、回交选育而成),分别与选定测验种杂交,结果表明,改良系生育期延后,穗行数增加、百粒重下降,单株产量提高,增产幅度在3.9%~43.5%;这与郭向阳等^[5]研究结果一致。本研究发现, Suwan 种质与 Iodent 种质杂交选育的苏艾系,有效地改良了热带种质的光周期敏感问题,并具有性状互补性强的优点。因此,利用 Iodent 种质改良 Suwan 种质的光周期敏感性是一种可行的技术途径。

从生育期和株型性状表型发现,热带种质改良温带种质中往往偏向两种极端现象;改良系 QB5725、

QB5744、QB5775 的开花期、株高和穗位高性状与热带自交系 QR273、ZHL908 相接近;QB5725、QB5775 的 RGCA 较高,抗性强,组配出的杂交组合生育期偏长,抗逆性强和品质优;改良系 QB5721、QB5722、QB5785 的开花期和株高、穗位高与 HCL645 相接近;组配出的杂交组合生育期短,抗逆性稍弱,品质中等。因此,若要改良 Suwan 种质的生育期和株型,应尽可能多选用一些 Iodent 种质选系,并结合多年多点田间鉴定选择,才有可能发现到符合育种需要的材料和杂交组合。

不得不承认,热带玉米种质改良与利用效率仍较低,分析后主要归因于以下4点:首先是温热带玉米杂交难以打破基因遗传连锁,其次是生态环境对热带种质(基因型)的选择十分重要,之后是热带种质导入温带种质的遗传比例要因地制宜,最后还需要注意后代优良单株的选择标准等问题。因此,热带种质导入温带种质以及温热带种质杂交受生态区域和基因连锁影响较大,需要更多的研究与育种实践。

参考文献

- [1] 郭国亮,李培良,张乃生,钮笑晓,张志慧,赵建峰. 热带 Suwan 玉米群体遗传变异的研究. 玉米科学, 2001(4): 6-9
Guo G L, Li P L, Zhang N S, Niu X X, Zhang Z H, Zhao J F. Study on the genetic variations of the tropic maize population Suwan. Journal of Maize Sciences, 2001(4): 6-9
- [2] 苏俊,李春霞,龚士琛,闫淑琴,宋锡章,李国良,扈光辉,王明泉. 热带、亚热带玉米种质在北方早熟春玉米育种中的利用研究. 玉米科学, 2010, 18(4): 1-6, 12
Su J, Li C X, Gong S C, Yan S Q, Song X Z, Li G L, Hu G H, Wang M L. Study on utilization of tropic and sub-tropic maize germplasm in northern early-mature spring maize breeding. Journal of Maize Sciences, 2010, 18(4): 1-6, 12
- [3] 陈洪梅,汪燕芬,姚文华,罗黎明,李佳莉,徐春霞,番兴明,郭华春. 导入热带种质的温带玉米自交系的利用潜力. 作物学报, 2011, 37(10): 1785-1793
Chen H M, Wang Y F, Yao W H, Luo L M, Li J L, Xu C X, Fan X M, Guo H C. Utilization potential of the temperate maize inbreds integrated with tropical germplasm. Acta Agronomica Sinica, 2011, 37(10): 1785-1793
- [4] 苏义臣,苏桂华,金明华. CIMMYT 热带玉米种质在温带地区的改良利用. 河南农业科学, 2013, 42(7): 14-18
Su Y C, Su G H, Jin M H. Improvement and application of tropical maize germplasms from CIMMYT in temperate regions. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2013, 42(7): 14-18
- [5] 郭向阳,赵强,吴迅,王安贵,刘鹏飞,祝云芳,陈泽辉. 玉米 Iodent 种质在 Suwan 材料改良利用中的有效性分析. 种子, 2020, 39(4): 41-45
Guo X Y, Zhao Q, Wu X, Wang A G, Liu P F, Zhu Y F, Chen Z H. Efficiency analysis of maize germplasm Iodent in Suwan material improvement. Seed, 2020, 39(4): 41-45

- [6] Mikel M A. Genetic diversity and improvement of contemporary proprietary north American dent corn. *Crop Science*, 2008, 48 (5): 1686-1695
- [7] 马占林, 张建华, 李大勇, 王振南. 国外 Iodent 玉米种质 WY11 对塘四平头群自交系“四 287”的改良效果. *吉林农业大学学报*, 2016, 38 (6): 663-670
Ma Z L, Zhang J H, Li D Y, Wang Z N. Improvement effect of foreign Iodent maize inbred WY11 on inbred line “Si 287” of Tangsipingtou group. *Journal of Jilin Agricultural University*, 2016, 38 (6): 663-670
- [8] Barrière Y, Méchin V, Lefevre B, Maltese S. QTLs for agronomic and cell wall traits in a maize RIL progeny derived from a cross between an old Minnesota13 line and a modern Iodent line. *Theoretical and Applied Genetics*, 2012, 125 (3): 531-549
- [9] 黄远樟, 刘来福. 作物数量遗传学基础 - 六、配合力: 不完全双列杂交. *遗传*, 1980, 2 (2): 43-46
Huang Y Z, Liu L F. Quantitative genetics of crops-VI. Combining ability: incomplete diallel cross. *Inheritance*, 1980, 2 (2): 43-46
- [10] Hainzelin E. Exotic introgression incidence on two elite tropical maize populations. *Maydica*, 1998, 43 (1): 19-26
- [11] Holland J B, Goodman M M. Combining ability of tropical maize accessions with U.S. germplasm. *Crop Science*, 1995, 35 (3): 767-773
- [12] Gerrish E E. Indications from a diallel study for interracial maize hybridization in the corn belt. *Crop Science*, 1983, 23 (6): 1082-1084
- [13] Holley R N, Goodman M M. Yield potential of tropical hybrid maize derivatives. *Crop Science*, 1988, 28 (2): 213-218
- [14] Oyervides-Garcia M, Hallauer A R, Cortez-Mendoza H. Evaluation of improved maize populations in Mexico and the U.S. Corn Belt I. *Crop Science*, 1985, 25 (1): 115-120
- [15] 闫淑琴, 苏俊, 李春霞, 龚士琛, 宋锡章, 李国良, 扈光辉, 王明泉, 邵淑华. 对导入 Suwan1 玉米种质选育自交系的评价. *玉米科学*, 2007 (1): 62-66
Yan S Q, Su J, Li C X, Gong S C, Song X Z, Li G L, Hu G H, Wang M Q, Shao S H. Evaluation on selection of inbred lines introduced with Suwan1 maize germplasm. *Journal of Maize Sciences*, 2007 (1): 62-66