

不同种质渗入对 2 个玉米复合群体的改良效果分析

杨致远^{1,2,3}, 唐娟^{2,3}, 赵鑫哲^{2,4}, 张丰屹², 刘文娟²,
李明顺², 张德贵², 李新海², 雍洪军², 兰海³

(¹河西学院, 甘肃张掖 734000; ²中国农业科学院作物科学研究所 / 作物分子育种国家工程实验室, 北京 100081; ³四川农业大学玉米研究所, 成都 611130; ⁴开鲁县中等职业技术学校, 内蒙古通辽 028400)

摘要: 为进一步提高玉米复合群体改良效率, 本研究采用 NCII 遗传交配设计, 以中群 15、中群 16、W9706 和四 144 为测验种, 与 4 个综合种配制 16 个测交组合。以郑单 958 为对照, 采用不完全区组设计, 在河南新乡和山东济南鉴定并分析不同种质渗入玉米复合群体后的改良效果。结果表明, 不同种质渗入后, 中群 15 和中群 16 产量均有不同程度的增加; 通过分析农艺性状和配合力表现, 综合种 CP15-2 抽丝期短、株高较低、收获时含水量低、产量高等, 抽丝期和产量一般配合力也表现优良; CP15-2 × 中群 15 抽丝期、收获时含水量、产量均优于原始群体中群 15, 其产量特殊配合力和中亲优势较低; CP15-2 是渗入中群 15 的优良新种质, 可用于改良其生育期、收获时含水量和产量性状。

关键词: 玉米; 群体改良; 种质渗入; 农艺性状; 配合力

Analysis on Introgression of Different Germplasm to Improve the Two Maize Composite Populations

YANG Zhi-yuan^{1,2,3}, TANG Juan^{2,3}, ZHAO Xin-zhe^{2,4}, ZHANG Feng-yi², LIU Wen-juan², LI Ming-shun²,
ZHANG De-gui², LI Xin-hai², YONG Hong-jun², LAN Hai³

(¹Hexi University, Gansu Zhangye 734000; ²Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences/National Engineering Laboratory for Crop Molecular Breeding, Beijing 100081; ³Maize Research Institute of Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130; ⁴Kailu County Secondary Vocational and Technical School, Inner Mongolia Tongliao 028400)

Abstract: In order to further improve the efficiency of maize composite population, four synthetic populations were crossed to four testers including Cpop.15, Cpop.16, W9706 and Si144 adopting NCII genetic design. The 16 crosses and one check hybrid Zhengdan958 were evaluated in Xinxiang of Henan province and Jinan of Shandong province to analyze the effect of introgression of different germplasm into maize composite population. The results showed an increase of grain yield in Cpop.15 and Cpop.16 after the introgression of different germplasm. The synthetic population CP15-2 exhibited short silking date, low plant height, low moisture at harvest and high grain yield, and good general combining ability (GCA) for day to silking and grain yield. The cross CP15-2 × Cpop.15 showed better performance than the synthetic population Cpop.15 for day to silking, low moisture at harvest and grain yield, and low specific combining ability (SCA) effect and heterosis. Therefore, the synthetic population CP15-2 can be used as a new elite germplasm to improve the growth period, moisture at harvest and yield of the composite population Cpop.15.

Key words: maize; population improvement; introgression of germplasm; agronomic traits; combining ability

收稿日期: 2020-11-24 修回日期: 2020-11-25 网络出版日期: 2020-11-30

URL: <http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20201124003>

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

通信作者: 雍洪军, 研究方向为玉米种质改良, E-mail: yonghongjun@caas.cn

兰海, 研究方向为玉米遗传育种, E-mail: lanhai_maize@163.com

基金项目: 国家重点研发计划 (2016YFD0101201); 国家玉米产业技术体系项目 (CARS-02-02)

Foundation projects: National Key Technology R & D Program of China(2016YFD0101201), National Corn Industry Technology System Project(CARS-02-02)

玉米种质遗传基础狭窄已成为限制中国玉米育种、生产发展的重要因素^[1-5]。自 20 世纪 80 年代以来,中国已从国际玉米小麦改良中心(CIMMYT, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo)、美国等国家或地区引进了热带、亚热带和温带玉米种质,同时利用美国系和中国系组建了不同类型的综合种^[6]。通过适应性改良、农艺性状和配合力测定,评价了这些群体的改良途径和育种潜力,筛选出适合在中国利用的优良群体,如 Pop43、BSSS、BS13、中综 5 号、中综 6 号、中综 7 号等^[7-9]。为进一步扩增中国玉米种质基础,中国农业科学院作物科学研究所利用鉴定出的国内综合种以及 CIMMYT、美国等群体,构建了涵盖热带、温带和中国种质的玉米复合群体中群 15 和中群 16。通过评价中群 15 和中群 16 不同轮次的农艺性状和配合力表现,发现群体抽丝期、株高、穗位高等性状改良增益较小^[10]。适时加入优良新种质以弥补群体遗传基础不足,保持种

质遗传差异的同时降低群体近交衰退程度,提高群体内有利基因频率,是一种有效的动态群体改良途径^[11-14]。本研究以 4 个综合种为供体,以中群 15 和中群 16 最新改良世代群体、2 个主要自交系为测验种,采用 NC II 遗传交配设计配制 16 个测交组合,通过测定群体及其导入外来种质后的主要农艺性状表现,探讨适宜改良中群 15 和中群 16 的新种质,为进一步提高群体的农艺性状提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

4 个导入中群 15 和中群 16 的新种质,包含 2 个 SS 类群综合种 CP15-1、CP15-2, 2 个 NSS 类群综合种 CP16-1 和 CP16-2; 4 份测验种包括 2 个复合群体中群 15(Cpop.15) 和中群 16(Cpop.16) 及 2 个主要自交系四 144 和 W9706,具体系谱构成见表 1。郑单 958 为对照。

表 1 4 个玉米综合种和 4 个测验种的系谱组成
Table 1 Pedigree of four composite populations and four testers used in this study

材料 Material	系谱构成 Pedigree composition
CP15-1	由 10 个 SS 群自交系合成的综合种,包括 H446、LH205、冀 H760、LM-16、LH195、PHW51、四 144 等
CP15-2	由 12 个 SS 群自交系合成的综合种,包括四 144、XN8147、铁 7922、郑 58、PHP55、2FACC、LM-16 等
CP16-1	由 10 个 NSS 类群自交系合成的综合种,包括 J106、PHN11、LH213、冀 B37、吉 13S228 等
CP16-2	由 12 个 NSS 群体自交系合成的综合种,包括 798-1、合 344、CA14、W9706、吉 13S228、E8501、904、PHN73、PHW79、J8606 等
中群 15 Cpop.15	由 BSSS、BS28、中综 7 号、Pop43 群体合成,经过 5 轮控制双亲混合选择得到的改良群体,属于 SS 类群
中群 16 Cpop.16	由中综 6 号、LAN、BSCB1、BS29 群体合成,经过 5 轮控制双亲混合选择得到的改良群体,属于 NSS 类群
四 144 Si 144	泰国杂交种选系,属于 SS 类群
W9706	(Mo17×U8112)×Mo17,属于 NSS 类群

1.2 田间试验设计

2015 年 12 月,在海南三亚南繁基地,采用 NC II 遗传交配设计,以 4 个测验种为母本,4 个综合种为父本,每个材料(CP15-1、CP15-2、CP16-1、CP16-2、中群 15、中群 16、四 144 和 W9706)分别种植 20 行,配制 16 个杂交组合。每个组合组配 100 穗,收获后将果穗混合脱粒。

2016 年 5 月,将 16 个杂交组合、4 个综合种、2 个复合群体以及对照郑单 958,按照不完全区组田间设计,3 次重复,分别种植于中国农业科学院河南新乡试验基地和山东省农业科学院济南试验基地。2 个测验种自交系四 144、W9706 采用完全随机排列,3 次重复,相邻种植。每个小区设置 2 行,行长 4 m,行距 0.6 m,密度设置为 60000 株/hm²。田间调查抽丝期、株高、穗位高,收获时含水量。人工收获后室内考察产量(折算成 14% 含水量的公顷产量)。

1.3 数据统计分析

采用 SAS 软件中 PROC GLM 和 Lsmeans 程序对每个性状进行联合方差分析,并计算各性状联合环境下的校正值。依据多环境增广 NCII 设计,利用 Falconer 等^[15]模型估算一般配合力(GCA, general combining ability)和特殊配合力(SCA, specific combining ability)效应。其模型为: $Y_{ijk} = \mu + m_i + f_j + (m \times f)_{ij} + e_{ijk}$, 其中, Y_{ijk} 为亲本 i 和 j 后代第 k 个观测值, μ 为总体均值, m_i 为第 i 个父本效应, f_j 为第 j 个母本效应, $(m \times f)_{ij}$ 为互作效应, e_{ijk} 为误差项。采用最小显著差数法(LSD, least significant difference)比较配合力效应的显著性。通过中亲优势(Mid-parents heterosis)评估杂种优势,其计算公式为: $100 \times [F_1 - (P_1 + P_2)/2] / [(P_1 + P_2)/2]$, 其中, F_1 为测交组合某一性状数值,父本 P_1 与母本 P_2 为其双亲同一性状的平均值。对于配合力差异显著的性

状,计算被测系性状的配合力效应值。

2 结果与分析

2.1 联合方差分析

由表 2 可见,本研究分析的 5 个性状材料间均达到显著或极显著水平;除穗位高和产量外,抽丝期、株高和收获时含水量在环境间未达到显著性差异,说明在本试验中环境对穗位高和产量影响较大,对其余

性状影响较小;除产量外,其他性状基因型与环境互作方差均未达到显著性水平;各性状一般配合力方差均达到极显著差异水平;除产量外,所有性状一般配合力与环境互作方差均未达到显著水平;抽丝期与产量特殊配合力方差达到极显著差异;所有性状特殊配合力与环境互作均未达到显著性差异。研究表明试验方案设计合理,局部调控作用明显,可进一步估算供试材料的一般配合力和特殊配合力效应。

表 2 主要性状的联合方差分析

Table 2 The combined analysis of variance for the main traits

变异来源	自由度	抽丝期	株高	穗位高	收获时含水量	产量
Source	Df	Date to silking	Plant height	Ear height	Moisture content at harvest	Grain yield
基因型 Genotype	15	42.00**	11016.69**	6884.56**	395.43*	1299871.00**
环境 Environment	1	0.04	0.59	1915.31**	17.48	1046236.00**
重复 Repetition	4	4.67	1042.22	971.41**	5.12	62841.68
基因型 × 环境	15	14.63	2595.79	1518.79	178.35	448001.22**
Genotype × Repetition						
一般配合力 GCA	3	17.59**	8572.60**	5884.79**	321.27**	482283.10**
一般配合力 × 环境	3	4.54	380.54	531.45	38.02	281301.80**
GCA × Environment						
特殊配合力 SCA	9	21.83**	882.29	270.14	34.26	470528.20**
特殊配合力 × 环境	9	8.38	947.89	679.89	97.17	163017.71
SCA × Environment						
误差 Error	60	1.03	138.42	77.19	8.91	9197.68

表中数据为均方值;* 和 ** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平差异显著。下同

The data in the table is the mean square value, * and ** indicate significant differences at the 0.05 and 0.01 levels, respectively. The same as below

2.2 不同综合种主要性状的多重比较

从群体自身农艺性状来看(表 3),综合种 CP15-2、CP16-1、CP16-2 抽丝期显著早于 2 个复合群体中群 15 和中群 16,但比对照郑单 958 晚;4 个综合种植株均比复合群体中群 15 和中群 16 矮,且显著低于中群 15,但高于对照郑单 958;4 个综合种收获时含水量均比中群 16 和对照郑单 958 低,

CP15-1 和 CP16-1 收获时含水量比中群 15 高,而 CP15-2 和 CP16-2 收获时含水量比中群 15 低;除 CP16-2 外,其他综合种产量均显著高于复合群体,但均低于对照郑单 958。通过与中群 15 和中群 16 对比分析,3 个综合种 CP15-1、CP15-2 和 CP16-1 在抽丝期、株高、收获时含水量和产量表现均较好,具有一定的利用潜力。

表 3 群体间主要性状的多重比较

Table 3 Multiple comparison of the main traits among populations

材料	抽丝期 (d)	株高 (cm)	穗位高 (cm)	收获时含水量 (%)	产量 (t/hm ²)
Material	Date to silking	Plant height	Ear height	Moisture content at harvest	Grain yield
中群 16 Cpop.16	53.50a	277.50b	113.85c	33.69ab	10.82c
中群 15 Cpop.15	53.17ab	285.17a	114.58c	31.41b	10.23c
CP15-1	52.50cb	275.88b	103.10b	32.73ab	12.63b
CP15-2	52.00cd	274.97b	102.93b	30.26cb	13.65b
CP16-1	52.00cd	274.85b	102.77b	32.77ab	12.56b
CP16-2	51.50d	274.50b	99.15a	26.08c	10.26c
郑单 958 Zhengdan 958	51.33d	257.05c	107.55d	35.99a	16.88a

小写字母代表在 0.05 水平差异显著。下同

Lowercase letter indicates significant differences at the 0.05 levels. The same as below

当复合群体中群 15 分别导入 4 份综合种(表 4),抽丝期均比原始群体中群 15 缩短,其中 CP15-2×中群 15、CP16-2×中群 15 呈现显著性差异,但未早于对照郑单 958;株高表现不一,其中 CP16-2×中群 15、CP15-1×中群 15 株高均低于中群 15,CP15-2×中群 15 和 CP16-1×中群 15 植株高于中群 15,但所有组合均高于对照郑单 958。

所有组合的收获时含水量均比中群 15 和对照郑单 958 低,但未达到显著水平;所有组合产量均显著高于中群 15,但未超过对照。综上分析,CP15-1 和 CP16-2 导入中群 15 后,抽丝期提早,株高降低,脱水变快,产量增加;而 CP15-2 和 CP16-1 导入中群 15 后,抽丝期提早,脱水变快,产量增加,但植株变高。

表 4 中群 15 及其杂交组合主要性状的多重比较

Table 4 Multiple comparison of main traits between Cpop.15 and its crosses

材料 Material	抽丝期 (d) Date to silking	比中群 15±(%) Comparing with Cpop.15	株高 (cm) Plant height	比中群 15±(%) Comparing with Cpop.15	穗位高 (cm) Ear height	比中群 15±(%) Comparing with Cpop.15	收获时含 水量(%) Moisture content at harvest	比中群 15±(%) Comparing with Cpop.15	产量 (t/hm ²) Grain yield	比中群 15±(%) Comparing with Cpop.15
中群 15 Cpop.15	53.17a	\	285.17ab	\	114.58ab	\	31.41a	\	10.23d	\
CP15-1×中群 15 CP15-1×Cpop.15	52.67ab	-0.94	277.98c	-2.52	110.58b	-3.49	29.49ab	-6.11	16.20a	58.35
CP15-2×中群 15 CP15-2×Cpop.15	51.67b	-2.82	289.87a	1.64	116.33a	1.52	30.96a	-1.43	14.71ab	43.79
CP16-1×中群 15 CP16-1×Cpop.15	51.83ab	-2.52	288.53a	1.17	116.27a	1.47	29.99ab	-4.52	15.93a	55.71
CP16-2×中群 15 CP16-2×Cpop.15	51.67b	-2.82	279.40bc	-2.02	111.33b	-2.84	30.73a	-2.16	12.98c	26.88
郑单 958 Zhengdan 958	51.33d	-3.46	257.05c	-9.86	107.55c	-6.13	35.99a	4.58	16.88a	65.00

当复合群体中群 16 分别导入 4 个综合种后(表 5),抽丝期均比原始群体中群 16 提前,且 CP15-1×中群 16、CP15-2×中群 16、CP16-2×中群 16 显著早于中群 16,但均晚于对照郑单 958。所有组合植株均较高,且 CP16-1×中群 16 显著高于中群 16。

所有组合收获时含水量性状均低于中群 16 和对照,但差异未达到显著水平。4 个组合产量显著高于中群 16,但均低于对照郑单 958。综上分析,CP15-1、CP15-2、CP16-1 和 CP16-2 导入中群 16 后,抽丝期提早,脱水变快,产量增加,但植株变高。

表 5 中群 16 及其杂交组合主要性状的多重比较

Table 5 Multiple comparison of main traits between Cpop.16 and its crosses

材料 Material	抽丝期 (d) Date to silking	比中群 16±(%) Comparing with Cpop.16	株高 (cm) Plant height	比中群 16±(%) Comparing with Cpop.16	穗位高 (cm) Ear height	比中群 16±(%) Comparing with Cpop.16	收获时含 水量(%) Moisture content at harvest	比中群 16±(%) Comparing with Cpop.16	产量 (t/hm ²) Grain yield	比中群 16±(%) Comparing with Cpop.16
中群 16 Cpop.16	53.50a	\	277.50b	\	113.85b	\	33.69a	\	10.81cd	\
CP15-1×中群 16 CP15-1×Cpop.16	52.16cd	-2.18	281.41ab	1.40	110.58bc	-2.87	32.39ab	-3.85	13.68b	26.54
CP15-2×中群 16 CP15-2×Cpop.16	52.33bcd	-1.86	280.16ab	0.95	116.33a	2.18	32.19ab	-4.45	15.36a	42.09
CP16-1×中群 16 CP16-1×Cpop.16	53.16ab	-0.63	289.13a	4.19	116.27a	2.13	32.98ab	-2.10	12.06bc	11.56
CP16-2×中群 16 CP16-2×Cpop.16	52.33bcd	-2.18	279.40ab	0.68	111.33b	2.21	30.73ab	-8.78	13.22b	22.29
郑单 958 Zhengdan958	51.33d	-4.06	257.05c	-7.37	107.55c	-5.53	35.99a	6.83	16.88a	35.96

2.3 不同综合种主要性状的配合力效应分析

从表 6 可知,利用中群 15、中群 16、四 144 和 W9706 为测验种,评价 4 份综合种群体主要性状一般配合力,发现 CP15-2 和 CP16-2 抽丝期一般配合力呈现负向效应,CP15-1 和 CP16-1 抽丝期一般配合力呈现正向效应;株高一般配合力呈现负向效应的综合种包括 CP15-1、CP16-2,其余 2 个综合种 CP15-2、CP16-1 株高一般配合力呈现正向效应;CP15-1、CP16-2 收获时含水量一般配合力也表现优

良,其余综合种呈现正向效应;CP15-1 和 CP15-2 产量一般配合力呈现显著或极显著的正向效应,其余 2 个综合种产量一般配合力效应值较低。通过配合力分析,发现中群 15 抽丝期、收获时含水量和产量一般配合力表现优良,株高和穗位高表现不佳,需进一步提高产量配合力水平,同时降低其株高和穗位高配合力;而中群 16 产量配合力表现不佳,需导入产量一般配合力高的综合种,提高其优良等位基因频率。

表 6 在联合环境下不同试验材料主要性状的一般配合力效应

Table 6 General combining abilities of different materials for main traits in combined environments

材料	抽丝期	株高	穗位高	收获时含水量	产量
Materials	Date to silking	Plant height	Ear height	Moisture content at harvest	Grain yield
中群 15 Cpop.15	-0.27	0.71	7.85**	-0.89	0.69*
中群 16 Cpop.16	0.27	-0.71	5.67**	0.89	-0.69*
W9706	0	3.32	-5.57	1.84*	-1.27
四 144 Si144	-0.28	-16.19	5.57**	-2.82	0.45
CP15-1	0.19	-3.54	0.39	-0.24	0.68*
CP15-2	-0.23	1.78	0.79	0.39	0.77**
CP16-1	0.27	5.60*	3.85*	0.30	-0.27
CP16-2	-0.23	-3.84	-3.58	-0.45	-1.17
LSD005	0.32	3.94	2.78	1.37	0.52
LSD001	0.46	5.71	3.97	1.99	0.74

2.4 不同综合种与复合群体的杂种优势关系

4 个综合种与中群 15 和中群 16 的产量特殊配合力和中亲优势如图 1 所示。总体来看,所有组合产量 SCA 效应在 -1.25~1.25 t/hm² 之间,中亲优势值变幅在 3.23%~41.82% 之间。进一步分析发现,在以中群 15 为测验种的测交组合中,CP15-1 × 中群 15 和 CP16-1 × 中群 15 产量 SCA 效应值较高(分别为 0.57 t/hm² 和 1.25 t/hm²),且中亲优势较高(分别为 41.82% 和 39.82%);CP15-2 × 中群 15 和 CP16-2 × 中群 15 产量 SCA 效应较低,分别为 -1.01 t/hm² 和 -0.81 t/hm²,中亲优势也相对较低

(分别为 23.21% 和 26.74%)。在以中群 16 为测验种的测交组合中,CP15-2 × 中群 16、CP16-2 × 中群 16 产量 SCA 较高(分别为 1.01 t/hm² 和 0.81 t/hm²),且中亲优势较高(分别为 25.59% 和 25.48%);CP15-1 × 中群 16 和 CP16-1 × 中群 16 产量 SCA 呈现负向效应,分别为 -0.57 t/hm² 和 -1.25 t/hm²,中亲优势较低,分别为 16.78% 和 3.23%。综上分析,仅用中群 15 和中群 16 作为测验种时,CP15-2 和 CP16-2 与中群 15 关系较近,CP15-1 和 CP16-1 与中群 16 关系较近,可以利用杂交种创建新种质。

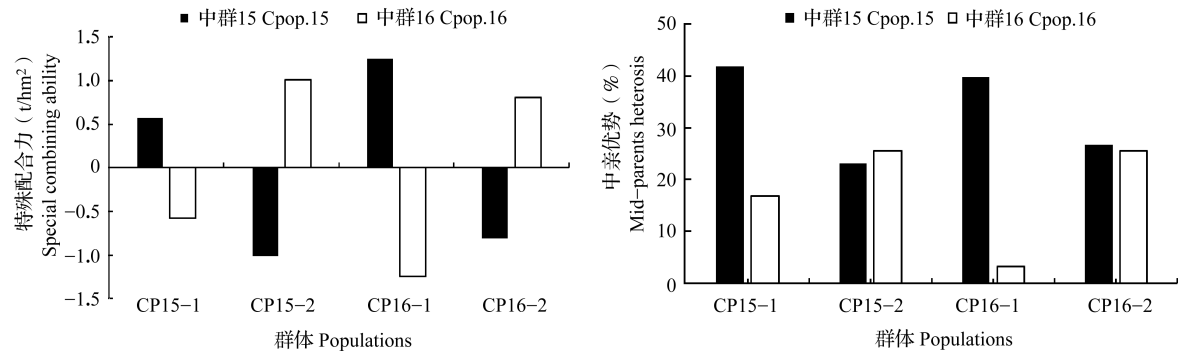


图 1 8 个杂交组合的产量特殊配合力效应和中亲优势值

Fig.1 Specific combining ability (SCA) affects and mid-parent heterosis between eight crosses for grain yield

3 讨论

3.1 不同综合种和复合群体主要农艺性状的综合表现

从农艺性状自身表现来看,除株高外,中群 15 和中群 16 主要性状均表现相当;但与对照郑单 958 相比,中群 15 和中群 16 抽丝期偏晚,植株偏高,产量相对偏低,收获时含水量稍低于对照;4 份新综合种中,除 CP16-2 外,其余综合种抽丝期、株高和产量等性状表现均优于中群 15 和中群 16。从农艺性状配合力表现来看,中群 15 抽丝期、收获时含水量和产量 GCA 表现优良,优于中群 16;4 份新综合种只有 CP15-1 和 CP15-2 产量一般配合力较高,利用潜力较大,且 CP15-1 株高、收获时含水量也表现优良,CP15-2 抽丝期一般配合力也表现优良。

3.2 不同综合种和复合群体的杂种优势关系

进一步分析综合种与中群 15 和中群 16 的杂种优势关系,发现 CP15-2 × 中群 15、CP16-2 × 中群 15 特殊配合力较低,杂种优势不明显,说明 CP15-2、CP16-2 与中群 15 亲缘关系较近,同属于 SS 类群,其中 CP15-2 系谱构成与其一致,但 CP16-2 系谱构成与其不一致;CP15-1 × 中群 16 特殊配合力较低,杂种优势不明显,说明 CP15-1 与属于 NSS 群的中群 16 亲缘关系相对较近,但与 CP15-1 系谱构成不一致,可能与遗传构成中含有欧洲种质(KW4M029)有关,需要进一步通过试验证明。

3.3 渗入复合群体的新种质

在育种实践中,群体综合表现不仅要观察本身农艺性状,还要分析其配合力表现^[16]。配合力是一种复杂的内在遗传特性,而株系的表型性状和配合力是遗传特性的不同表现形式,在自交系选育过程中,从遗传基础复杂的试材中获得的自交系,控制其不同性状的基因在自交传递过程中不断地进行分离和重组,进而产生了复杂多样的分离后代,这些后代在性状和配合力上均存在不同程度的差异^[17-19]。以本试验需要改良的中群 15 和中群 16 为例,其抽丝期、株高、产量等性状表现不佳亟需改良。通过分析杂种优势关系,发现只有 CP15-2 与中群 15 关系较近,且与系谱构成信息一致,初步判断 CP15-2 是渗入中群 15 适宜的新种质。进一步比较 CP15-2 × 中群 15 与中群 15 的农艺性状表现,发现中群 15 导入 CP15-2 后,其抽丝期、收获时含水量和产量均优于第 5 轮群体中群 15,株高稍高于中群 15,但除收获时含水量外,CP15-2 × 中群 15 其余性状均未超

过对照郑单 958。今后应进一步改良其适应性,提高复合群体的综合表现。

3.4 渗入复合群体新种质的选择

本试验利用经过 5 轮控制双亲混合选择法的复合群体中群 15 和中群 16 为基础群体,以 4 份新合成的综合种作为供体,研究不同种质导入中群 15 和中群 16 的改良效果。结果表明,导入不同的种质后,产量性状得到较大改善,其他性状也得到一定程度改良。不同种质群体渗入改良群体,有助于弥补群体不足,但对同一群体的不同性状改良效果不同。综合分析,发现新种质群体 CP15-2 相对优良,是改良中群 15 抽丝期、收获时含水量和产量的适宜种质,但今后对中群 15 的改良应侧重于株高性状的选择。对于中群 16 来说,CP15-2 的产量与收获时含水量的改良效果相对优良,但株高与穗位高的改良效果尚不明显,今后应侧重于株高与穗位高的性状选择。

参考文献

- [1] 苏俊,刘志增. 三个玉米合成群体选系的配合力及杂种优势分析. 植物遗传资源学报, 2007, 8(4): 436-441
Su J, Liu Z Z. Combining ability and heterosis analysis of three synthetic populations in maize. Journal of Plant Genetic Resources, 2007, 8(4): 436-441
- [2] 张丰屹,唐娟,雍洪军,李明顺,张德贵,苏治军,齐建双,李新海,高聚林. 欧洲重要玉米群体特征及其利用途径分析. 植物遗传资源学报, 2018, 19(4): 807-814
Zhang F Y, Tang J, Yong H J, Li M S, Zhang D G, Su Z J, Qi J S, Li X H, Gao J L. Characterization and potential utilization of important european maize populations. Journal of Plant Genetic Resources, 2018, 19(4): 807-814
- [3] Troyer A F. Background of US hybrid corn II: Breeding, climate, and food. Crop Science, 2004, 44(2): 370-380
- [4] Clerc V L, Bazante F, Baril C, Guiard J, Zhang D. Assessing temporal changes in genetic diversity of maize varieties using microsatellite markers. Theoretical & Applied Genetics, 2005, 110(2): 294-302
- [5] 陈发波,杨克诚,荣廷昭,潘光堂. 西南及四川区试玉米组合遗传多样性分析. 作物学报, 2007, 33(6): 991-998
Chen F B, Yang K C, Rong T Z, Pan G T. Genetic diversity analysis of corn combinations in Southwest China and Sichuan province. Acta Agronomica Sinica, 2007, 33(6): 991-998
- [6] 雍洪军,张芳军,张德贵,张晓聪,李明顺,潘光堂,张世煌,李新海,荣廷昭. 10 个玉米群体改良杂交种吉单 261 的育种利用分析. 核农学报, 2014, 28(5): 765-771
Yong H J, Zhang F J, Zhang D G, Zhang X C, Li M S, Pan G T, Zhang S H, Li X H, Rong T Z. Breeding and utilization analysis of 10 maize improved hybrids Jidan 261. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2014, 28(5): 765-771
- [7] 雍洪军,王建军,张德贵,张晓聪,李明顺,白丽,张世煌,李新海. 美洲地区主要玉米群体特征及其利用途径分析. 遗传,

- 2013, 35(6): 703-713
Yong H J, Wang J J, Zhang D G, Zhang X C, Li M S, Bai L, Zhang S H, Li X H. Characterization and potential utilization of maize populations in America region. *Hereditas*, 2013, 35(6): 703-713
- [8] 李新海, 袁力行, 李晓辉, 张世煌, 李明顺, 李文华. 利用 SSR 标记划分 70 份我国玉米自交系的杂种优势群. *中国农业科学*, 2003, 36(6): 622-627
Li X H, Yuan L X, Li X H, Zhang S H, Li M S, Li W H. Classification of 70 heterotic groups of Chinese maize inbred lines by SSR markers. *Scientia Agricultura Sinica*, 2003, 36(6): 622-627
- [9] Yong H J, Zhang D G, Wang J J, Li M S, Liu W G, Zhang X C, Zhao H Y, Weng J F, Hao Z F, Bai L, Ci X K, Li X H, Zhang S H. Broadening the genetic base of Chinese maize heterotic pools with exotic germplasm. *Crop Science*, 2013, 53: 1-10
- [10] 唐娟. 控制双亲混合选择法对两个玉米复合群体的改良效果评价. 成都: 四川农业大学, 2017
Tang J. Evaluation of the improvement effect of two parents mixed selection method on two corn composite populations. Chengdu: Sichuan Agricultural University, 2017
- [11] Yong H J, Zhang X C, Zhang D G, Wang J J, Zhang H X, Li M S, Liu W G, Weng J F, Hao Z F, Ci X K, Bai L, Li X H, Zhang S H. Breeding potential of U.S. maize germplasm for utilization in Chinese temperate conditions. *Euphytica*, 2013, 193(2): 435-451
- [12] 李清超, 梁黔云, 罗仕文, 吴瑞, 孙开利, 马俊, 文琼. 不同供体基因渗入对玉米群体的改良效果. *农业科技通讯*, 2013(2): 63-69
Li Q C, Liang Q Y, Luo S W, Wu R, Sun K L, Ma J, Wen Q. Improved effects of different gene infiltration on maize population. *Agricultural Technology Communication*, 2013(2): 63-69
- [13] 孙贵星, 任雪娇, 杨巍, 慈佳宾, 张野, 张伟光. 玉米“昌 7-2”遗传改良系及其组配杂交种的耐密性分析. *吉林农业大学学报*, 2015, 37(2): 141-147, 165
Sun G X, Ren X J, Yang W, Ci J B, Zhang Y, Zhang W G. Study on density-tolerance of improved lines of Chang7-2 and its hybrids. *Journal of Jilin Agricultural University*, 2015, 37(2): 141-147, 165
- [14] 吴玥. 中国北方玉米杂种优势群和杂种优势模式的研究. 长春: 吉林农业大学, 2014
Wu Y. The research of heterotic group and heterosis model of the northern maize of China. Changchun: Jilin Agricultural University, 2014
- [15] Falconer D S, Mackay T F C. Introduction to quantitative genetics (4th ed). London: Longman Group Limited, Essex, 1996: 181-188
- [16] 杨爱国, 张世煌, 李明顺, 荣廷昭, 潘光堂. CIMMYT 和我国玉米种质群体的配合力及杂种优势分析. *作物学报*, 2006, 32(9): 1329-1337
Yang A G, Zhang S H, Li M S, Rong T Z, Pan G T. Analysis of combining ability and heterosis of CIMMYT and Chinese maize germplasm population. *Acta Agronomica sinica*, 2006, 32(9): 1329-1337
- [17] 丰光, 李妍妍, 卢秉生, 景小鹏. 对玉米育种中配合力和性状选择问题的探讨. *中国种业*, 2010(6): 40-41
Feng G, Li Y Y, Lu B S, Jing X P. Discussion on the selection of combining ability and traits in maize breeding. *China Seed Industry*, 2010(6): 40-41
- [18] 刘文童, 监立强, 郭晋杰, 赵永锋, 黄亚群, 陈景堂, 祝丽英. 玉米穗部性状及其一般配合力的关联分析. *植物遗传资源学报*, 2020, 21(3): 235-244
Liu W T, Jian L Q, Guo J J, Zhao Y F, Huang Y Q, Chen J T, Zhu L Y. Association analysis of ear-related traits and their general combining ability in maize. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2020, 21(3): 235-244
- [19] 王元东, 赵久然, 张华生, 陈传永, 吴珊珊, 张春原, 刘新香, 郭成恩, 陈明, 陈绍江. “黄欧”系列玉米自交系宜机械粒收特征特性研究. *植物遗传资源学报*, 2019, 20(6): 1554-1565
Wang Y D, Zhao J R, Zhang H S, Chen C Y, Wu S S, Zhang C Y, Liu X X, Guo C E, Chen M, Chen S J. Characteristics of the “Huanglv-European Lines” maize inbred lines for mechanical grain harvesting. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2019, 20(6): 1554-1565