

10个优良玉米自交系改良华玉11的育种潜力评估

张 豪¹, 杜 雷¹, 余长平², 辛旺森¹, 马克军¹, 刘永忠¹

(1. 华中农业大学, 武汉 430070; 2. 十堰市农业科学院, 湖北 十堰 442000)

摘 要: 利用国内外10个优良玉米自交系与华玉11双亲Q736和Q1, 分别组配成单交组合和三交组合, 来评价这些自交系对华玉11产量和穗位高的改良潜力。结果表明, 基于单交测试的鉴定方法难以充分发掘外来种质的利用价值, 当外来种质与本地优良种质组配成半外来种质后, 适应性显著增加, 通过进一步组配三交测试种能更充分地挖掘出育种潜力。经鉴定, 自交系HZ127IM、PHVA9、LH38、郑58、M54、Recovered B73、M5972和PHG29对改良华玉11的产量及穗位高有利用价值, 同时对拓宽西南山区种质基础也有一定帮助。

关键词: 玉米; 自交系; 种质

中图分类号: S513.035.1

文献标识码: A

Evaluating Breeding Potential of 10 Maize Inbred Lines to Improve an Elite Chinese Maize Hybrid Huayu11

ZHANG Hao¹, DU Lei¹, YU Chang-ping², XIN Wang-sen¹, MA Ke-jun¹, LIU Yong-zhong¹

(1. Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070;

2. Shiyan Academy of Agricultural Sciences, Shiyan 442000, China)

Abstract: To evaluate the breeding potential of 10 inbred lines for improving the elite hybrid variety Huayu11, a set of single-cross hybrids and three-cross hybrids were developed using these 10 inbred lines with the parents of Huayu11. As a result, direct evaluation based on single-cross testing was not desirable for identifying breeding potential of these lines. By contrast, it is more superior to exploit the breeding potential of these lines that identified semi-exotic germplasm crossed with the parents of Huayu11. Meanwhile, lines HZ127IM, PHVA9, LH38, Zheng58, M54, Recovered B73, M5972 and PHG29 could be used to improve the yield and ear height of Huayu11. These lines were also useful for broadening of the basic germplasm in the mountain regions in Southwest China.

Key words: Maize; Inbred line; Germplasm

玉米是世界上重要的作物,也是我国第一大作物,用途广泛。中国国家统计局和美国农业部数据统计,2019年中国玉米播种面积为 $0.41 \times 10^8 \text{ hm}^2$,总产为 $2.61 \times 10^8 \text{ t}$,单产为 6.32 t/hm^2 ;美国玉米播种面积为 $0.33 \times 10^8 \text{ hm}^2$,总产为 $3.46 \times 10^8 \text{ t}$,单产为 10.51 t/hm^2 。我国玉米播种面积远超美国,但总产和单产却远低于美国,主要是因为种质资源狭窄、缺乏种质创新,缺少具有突破性的优质、高产、适宜机

械化收获的玉米新品种。这些因素对于我国玉米生产和育种都是不利的,而要解决种质资源狭窄,进行种质创新,就需要积极引入外来种质,尤其是热带和亚热带种质,同时加强地方种质的开发和利用^[1,2]。王元东等利用外来种质X1132X选育出京724、京725等一批优良自交系,现全国推广面积较大的玉米品种京科968由X1132X选系京724与京92杂交选育得到^[3]。陈红梅等将热带种质导入温带系,并连续回交改良,结果改良后的温带系在产量和抗性方面较之前明显提高^[4]。

华玉11是华中农业大学以Q736和Q1为父母本杂交得到的玉米单交种,具有优质、高产、多抗、广适等优点。自2012通过湖北省审定,又相继通过四川、重庆、陕西、云南、湖南和贵州省审定或引种;2019年通过国家西南青贮玉米审定,同时是湖北省

录用日期: 2021-03-11

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFD0101205)

作者简介: 张 豪(1991-),硕士,研究方向为玉米育种及种质资源创新与利用。E-mail:maizezh@163.com

刘永忠为本文通讯作者。E-mail:xxdy2006@163.com

山区玉米区试对照品种,在西南山区中高海拔区域推广面积逐年增加。为了进一步提高华玉11的产量潜力,提升其商品性以满足市场需求,本研究通过利用国内外10个优良玉米自交系与华玉11的双亲组配成单交组合和三交组合,来评价这些自交系对华玉11产量及穗位高的改良潜力。

1 材料与方法

1.1 试验材料

10个自交系分别为M54、PH09B、HZ127IM、M5972、PHG29、PHVA9、LH38、PHG71、Recovered B73和郑58;测验种为华玉11的两个亲本Q736和Q1。其中, HZ127IM、Q736和Q1为华中农业大学自选系, M54和M5972引自丹东登海良玉种业有限公司, 郑58引自河南省农业科学院, 其余自交系来自国家产业技术体系。

1.2 试验设计

本试验将外来系分别与华玉11双亲组配成单交种和三交种, 即外来系×Q736、外来系×Q1、外来系×Q736×Q1和外来系×Q1×Q736, 对照品种均为华玉11。

单交测试组合配制: 2016年秋, 在武汉基地以10个自交系为母本、Q736和Q1为父本, 采用不完全双列杂交(NC II)遗传交配设计杂交配制20个单交组合, 为海南配制三交组合做准备; 同年冬季于海南再配制1次单交组合, 供下年与三交组合一起进行田间鉴定使用。

三交测试组合配制: 2016年冬, 在海南陵水基地, 将上述20份单交组合分为两组(A组和B组)种植, 其中, A组是以Q736为父本与外来系组配的10个单交组合, B组是以Q1为父本与外来系组配的10个单交组合。在授粉期, A组以Q1为父本进行杂交, B组以Q736为父本进行杂交, 配制成20个三交组合。

对照配制: 2016年冬在海南配制对照品种华玉11。

1.3 田间试验

2017年春将海南收获的单交、三交及对照品种在湖北省宜昌兴山的石槽溪(31°17' N, 110°53' E; 海拔900 m)和庙淌坪(31°18' N, 110°54' E; 海拔1 150 m)、恩施利川(30°22' N, 108°48' E; 海拔1 100 m)、十堰房县(32°07' N, 110°43' E; 海拔460 m)4个试验基地种植并进行田间鉴定。采用不完全随机区组设计, 每个试验点种植3次重复, 每次重复包含所有的单交、三交组合及对照品种。每个小区种

植3行, 行长3 m, 行距67 cm, 每行11株, 密度54 000株/hm²。收获前调查穗位高, 为地面至最上部果穗着生节部的高度。待完全成熟时, 全区收获, 并测量小区产量及收获期含水量; 晾干后称量小区干子粒产量, 测量含水量, 并统一折算成14%含水量子粒产量。房县点因条件限制未测量含水量, 直接以干子粒重计产。

1.4 统计分析

利用超标优势、一般配合力、特殊配合力和总配合力等指标来评估外来种质改良华玉11的育种潜力^[5]; 利用Excel 2013和SAS 9.4软件进行数据统计及分析, 计算公式如下:

(1) 超标优势=[(组合性状值-对照性状值)/对照性状值]×100%;

(2) 一般配合力 $\hat{g}_i = \bar{x}_i - \bar{x}_{..}$, $\hat{g}_j = \bar{x}_j - \bar{x}_{..}$;

(3) 特殊配合力 $\hat{s}_{ij} = x_{ij} - \bar{x}_{..} - \hat{g}_i - \hat{g}_j$;

(4) 总配合力 $\hat{t}_{ij} = \hat{g}_i + \hat{g}_j + \hat{s}_{ij}$ 。

2 结果与分析

2.1 单交测试评估育种潜力

2.1.1 方差分析

方差分析结果表明, 产量和穗位高在区组间差异不显著, 在自交系、测验种、自交系与测验种互作效应间差异达显著或极显著, 说明不同材料间存在真实差异; 在地点、地点与测验种互作、地点与自交系互作、地点与自交系和测验种互作效应条件下, 产量差异均达极显著, 说明产量在不同环境下存在差异; 穗位高除了在地点与自交系互作效应差异不显著外, 在其他变异条件下差异均达到显著或极显著(表1)。

2.1.2 多重比较分析

产量方面, 仅有组合HZ127IM×Q736、PH09B×Q1和M5972×Q1比对照品种华玉11减产不显著, 分别为11.22、11.25、11.46 t/hm²; 其他组合与对照相比均显著或极显著减产, 表明自交系HZ127IM与Q736之间存在杂种优势, PH09B和M5972与Q1之间存在杂种优势。穗位高方面, 除了组合HZ127IM×Q1和Recovered B73×Q1超过对照品种华玉11, 分别为173.72、163.94 cm, 其他组合穗位高均显著或极显著低于对照(表2)。

2.1.3 配合力效应分析

一般配合力指某一自交系在其所有杂交组合中的平均表现, 代表加性效应, 可稳定遗传给后代。对10个自交系的产量一般配合力效应值分析, 发现自交系M5972、HZ127IM、PH09B和LH38的一般配合

力为正值,分别为1.40、1.20、0.35和0.32,其余自交系的产量一般配合力效应值均为负值。其中,M5972和HZ127IM这两个自交系间一般配合力效应差异不显著,与其余自交系差异均显著(表3)。

特殊配合力指某一特定杂交组合中优于或次于两个亲本平均表现组合预测值的部分,为非加性效应。对20个测交组合的产量特殊配合力分析显示,只有HZ127IM×Q736、M54×Q1、PH09B×Q1、PHG71×

Q1、PHG29×Q736、郑58×Q1、M5972×Q736、PHVA9×Q736、LH38×Q1、Recovered B73×Q1这10个组合的产量特殊配合力效应值为正值,分别为1.18、0.60、0.58、0.46、0.33、0.26、0.26、0.26、0.08和0.04,表明本试验中HZ127IM、PHG29、M5972和PHVA9与Q1遗传距离较近,M54、PH09B、PHG71、郑58、LH38和Recovered B73与Q736遗传距离较近(表4)。

表1 单交组合方差分析

Table 1 Variance analysis of single-cross hybrids

变异来源	自由度	产 量	穗位高
Source of variance	DF	Yield	Ear height
区 组	2	2.88	0.67
地 点	3	33.2**	4.87*
自交系	9	9.79**	24.64**
测验种	1	116.07**	533.34**
地点×自交系	27	2.95**	1.57
地点×测验种	3	6.76**	5.33**
自交系×测验种	9	6.19**	4.83**
地点×自交系×测验种	27	4.55**	1.70*

注:表格中数据为*F*值;*、**分别表示在0.05、0.01水平下显著。下表同。

Note: The data in the table is *F* value; * and ** represent significant differences at *P*=0.05 and *P*=0.01 level, respectively. The same below.

表2 单交组合平均产量和穗位高

Table 2 Difference of grain yield and ear height for single-cross hybrids

材 料	测验种	产量(t/hm ²)	超标优势(%)	穗位高(cm)	超标优势(%)
Material	Tester	Yield	Over-standard heterosis	Ear height	Over-standard heterosis
M54	Q736	8.00	-31.75 **	112.48	-28.88**
PH09B	Q736	8.61	-26.55 **	114.56	-27.57**
HZ127IM	Q736	11.22	-4.27	146.88	-7.13
M5972	Q736	10.50	-10.43 *	129.02	-18.42**
PHG29	Q736	8.68	-25.97 **	111.60	-29.44**
PHVA9	Q736	8.21	-29.94 **	113.57	-28.19**
LH38	Q736	9.08	-22.51 **	112.98	-28.56**
PHG71	Q736	7.60	-35.14 **	126.22	-20.19**
Recovered B73	Q736	8.20	-30.04 **	128.69	-18.63**
郑58	Q736	8.32	-29.05 **	109.44	-30.80**
M54	Q1	10.67	-8.96 *	139.44	-11.83*
PH09B	Q1	11.25	-3.99	150.78	-4.66
HZ127IM	Q1	10.34	-11.78 **	173.72	9.84*
M5972	Q1	11.46	-2.21	142.33	-10.01*
PHG29	Q1	9.50	-18.95 **	145.97	-7.70
PHVA9	Q1	9.18	-21.71 **	147.27	-6.88
LH38	Q1	10.72	-8.50 *	127.98	-19.08**
PHG71	Q1	10.00	-14.68 **	149.01	-5.78
Recovered B73	Q1	9.75	-16.80 **	163.94	3.66
郑58	Q1	10.32	-11.96 **	136.64	-13.60**
华玉11(CK)		11.72		158.15	
LSD _{0.01}		0.72		9.04	
LSD _{0.05}		0.55		11.96	

表3 10个自交系产量的一般配合力效应值
Table 3 General combining ability(GCA) of yield of 10 inbred lines

自交系 Inbred line	一般配合力 GCA	5%显著水平 Significant difference at $P=0.05$	1%极显著水平 Significant difference at $P=0.01$
M5972	1.40	a	A
HZ127IM	1.20	a	A
PH09B	0.35	b	AB
LH38	0.32	bc	AB
M54	-0.25	bcd	BCD
郑58	-0.26	bcd	BCD
PHG29	-0.49	cd	BCD
B73	-0.60	d	BCD
PHG71	-0.78	d	CD
PHVA9	-0.89	d	D

表4 20个单交组合产量的配合力效应和超标优势分析
Table 4 Analysis of combining ability and over-standard heterosis of 20 single-cross hybrids

单交组合 Single-cross hybrid	特殊配合力 SCA	自交系一般配合力 GCA of line	测验种一般配合力 GCA of tester	总配合力 TCA	超标优势(%) Over-standard heterosis	排 名 Rank
M5972×Q1	-0.26	1.40	0.74	1.88	-2.21	1
PH09B×Q1	0.58	0.35	0.74	1.67	-3.99	2
HZ127IM×Q736	1.18	1.20	-0.74	1.64	-4.27	3
LH38×Q1	0.08	0.32	0.74	1.14	-8.50*	4
M54×Q1	0.60	-0.25	0.74	1.09	-8.96*	5
M5972×Q736	0.26	1.40	-0.74	0.92	-10.43*	6
HZ127IM×Q1	-1.18	1.20	0.74	0.76	-11.78**	7
郑58×Q1	0.26	-0.26	0.74	0.74	-11.96**	8
PHG71×Q1	0.46	-0.78	0.74	0.42	-14.68**	9
Recovered B73×Q1	0.04	-0.61	0.74	0.17	-16.80**	10
PHG29×Q1	-0.33	-0.49	0.74	-0.08	-18.95**	11
PHVA9×Q1	-0.26	-0.89	0.74	-0.40	-21.71**	12
LH38×Q736	-0.08	0.32	-0.74	-0.50	-22.51**	13
PHG29×Q736	0.33	-0.49	-0.74	-0.90	-25.97**	14
PH09B×Q736	-0.58	0.35	-0.74	-0.97	-26.55**	15
郑58×Q736	-0.26	-0.26	-0.74	-1.26	-29.05**	16
PHVA9×Q736	0.26	-0.89	-0.74	-1.37	-29.94**	17
Recovered B73×Q736	-0.04	-0.61	-0.74	-1.38	-30.04**	18
M54×Q736	-0.60	-0.25	-0.74	-1.58	-31.75**	19
PHG71×Q736	-0.46	-0.78	-0.74	-1.98	-35.14**	20

总配合力为杂交组合两个亲本的一般配合力和杂交组合的特殊配合力的综合表现。产量总配合力分析结果发现,M5972×Q1、PH09B×Q1、HZ127IM×Q736这3个组合的产量总配合力最高,分别为1.88、1.67和1.64,与超标优势分析结果一致。同时也发现,20个杂交组合的产量的总配合力排序与超标优势完全一致,说明总配合力与实际产量表现相对应,都可以用来评价杂种优势^[6-8]。

2.1.4 最佳供体及改良方式

产量改良是改良优良单交组合的首要目标,改良其他性状都是在产量改良的基础上进行。依据20个单交种组合的产量结果、超标优势、一般配合力、特殊配合力和总配合力分析,发现只有HZ127IM×Q736、PH09B×Q1和M5972×Q1这3个组合比对照减产不显著,同时穗位高也低于对照,说明HZ127IM、PH09B、M5972对改良华玉11有一定利

用价值。HZ127IM 与 Q736 之间存在杂种优势, PHO9B 和 M5972 与 Q1 之间存在杂种优势, 具体利用方式为 HZ127IM 用来改良亲本 Q1, PHO9B 和 M5972 用来改良亲本 Q736。

2.2 三交测试评估育种潜力

为了验证单交测试评价结果, 20 个单交组合分别与华玉 11 另一亲本组配成三交组合进行评价。用 A 组(以 Q736 为父本组配)单交组合作母本与 Q1 作父本杂交, B 组(以 Q1 为父本组配)单交组合作母

本与 Q736 作父本杂交, 分别配制三交组合。

2.2.1 方差分析

方差分析表明, 三交组合产量在区组间差异不显著, 在其他因素间差异均达显著或极显著水平, 说明不同环境、不同组合间存在真实差异; 穗位高除了在区组、地点与自交系和测验种互作效应差异不显著外, 在其他因素间差异均达显著或极显著水平(表 5)。

表 5 三交组合的方差分析
Table 5 Variance analysis of three-way cross hybrids

变异来源 Source of variance	自由度 DF	产 量 Yield	穗位高 Ear height
区 组	2	0.97	0.48
地 点	3	180.28**	45.74*
自交系	9	6.85**	13.25*
测验种	1	2.41**	1.90*
地点×自交系	27	6.67*	77.40**
地点×测验种	3	5.61**	3.32*
自交系×测验种	9	2.92**	2.01*
地点×自交系×测验种	27	2.12**	1.13

2.2.2 多重比较分析

对 20 个三交组合的产量进行多重比较, 结果显示, 只有组合 HZ127IM×Q1×Q736 和 PHVA9×Q1×Q736 比对照华玉 11 增产, 产量分别为 13.47、12.66 t/hm², 其中, HZ127IM×Q1×Q736 增产极显著, PHVA9×Q1×Q736 增产不显著, 超标优势分别为 9.10 和 2.57%; 其他组合均减产(表 6)。

穗 位 高 方 面 , 只 有 HZ127IM × Q736 × Q1、HZ127IM × Q1 × Q736、Recovered B73 × Q736 × Q1、M54×Q73×Q16、PHO9B×Q736×Q1 这 5 个组合穗位高于对照华玉 11, 分别为 174.48、155.28、155.10、149.70、149.21 cm, 其中, HZ127IM×Q736×Q1 穗位高极显著高于对照, HZ127IM×Q1×Q736、Recovered B73×Q736×Q1、M54×Q73×Q16、PHO9B×Q736×Q1 穗位高与对照差异不显著, 其他组合穗位高均比对照矮。

2.2.3 最佳供体及改良方式

根据三交种产量结果和超标优势, 发现单交组合 HZ127IM×Q1、PHVA9×Q1、郑 58×Q1、LH38×Q1、Recovered B73×Q1、M5972×Q1、LH38×Q736、M54×Q736、HZ127IM×Q736、郑 58×Q736、M5972×Q736、PHVA9×Q736、PHG29×Q736 分别与华玉 11 亲本自交系 Q1 或 Q736 之间存在杂种优势, 进一步说明了 HZ127IM、PHVA9、LH38、郑 58、M54、Recovered

B73、M5972 及 PHG29 这 8 个自交系对改良华玉 11 产量有一定利用价值。

利用三交组合间杂种优势来讨论不同自交系适合改良哪个亲本自交系。根据产量结果, 发现 HZ127IM、PHVA9、LH38、郑 58、M5972 与华玉 11 两个亲本自交系相互组配的三交组合产量均存在杂种优势。结合穗位高结果, 除了 HZ127IM 组配的三交组合穗位高高于对照华玉 11, 其他都低于对照, 其中, HZ127IM×Q736×Q1 穗位高高于对照华玉 11, 且差异极显著, HZ127IM 适合改良 Q1, 但可能会增加穗位高, 后期改良应注意穗位高选择; PHVA9、LH38、郑 58、M5972 用来改良 Q736 和 Q1 均可。

M54、PHG29 均是先与 Q736 组配, 再与 Q1 杂交, 产量比对照减产不显著, 穗位高与对照基本无差异, 说明 M54 和 PHG29 可用来改良 Q736。Recovered B73 先与 Q1 组配, 再与 Q736 杂交, 产量比对照减产不显著, 穗位高显著低于对照, 说明 Recovered B73 可用来改良 Q1。

3 结论与讨论

3.1 外来种质利用方式

外来种质的利用是玉米育种的关键, 通过对外来种质进行鉴定和评价, 可以筛选出适宜育种家育

表6 三交组合的平均产量及穗位高
Table 6 Difference of grain yield and ear height for three-way cross hybrids

材 料 Material	测验种 Tester	产量(t/hm ²) Yield	超标优势(%) Over-standard heterosis	穗位高(cm) Ear height	超标优势(%) Over-standard heterosis
M54×Q736	Q1	12.02	-2.64	149.70	0.93
PH09B×Q736	Q1	10.77	-12.76**	149.21	0.60
HZ127IM×Q736	Q1	12.02	-2.66	174.48	17.63**
M5972×Q736	Q1	12.00	-2.84	146.76	-1.05
PHG29×Q736	Q1	11.53	-6.61	146.30	-1.37
PHVA9×Q736	Q1	11.85	-4.06	143.17	-3.48
LH38×Q736	Q1	12.16	-1.53	144.47	-2.60
PHG71×Q736	Q1	10.16	-17.70**	144.23	-2.76
Recovered B73×Q736	Q1	11.52	-6.68*	155.10	4.57
郑58×Q736	Q1	12.02	-2.63	143.73	-3.10
M54×Q1	Q736	11.47	-7.07*	131.04	-11.65**
PH09B×Q1	Q736	11.27	-8.74*	135.26	-8.81**
HZ127IM×Q1	Q736	13.47	9.10**	155.28	4.69
M5972×Q1	Q736	11.90	-3.61	140.48	-5.29
PHG29×Q1	Q736	10.99	-11.00**	143.33	-3.37
PHVA9×Q1	Q736	12.66	2.57	136.68	-7.85**
LH38×Q1	Q736	12.07	-2.25	133.07	-10.29**
PHG71×Q1	Q736	11.27	-8.71*	136.56	-7.93*
Recovered B73×Q1	Q736	12.02	-2.66	136.65	-7.87*
郑58×Q1	Q736	12.14	-1.64	123.83	-16.52**
华玉 11(CK)		12.35		148.33	

种目标的种质^[9]。国内外研究人员通过一系列试验对外来种质和新创制种质进行了鉴定和评价,Nelson和Goodman评价了88个优良外来自交系在温带环境中的表现,初步筛选出CML10、CML108、CML157Q、CML274、CML341、CML343和CML373这7个外来自交系总体表现较好,在温带地区有较大利用价值^[10]。Fan等利用代表Suwan1、Reid和Non-Reid群体的3个优良自交系做测验种,与西南地区的20个优良自交系杂交并进行田间鉴定,结果显示,Suwan1群体在西南具有较大利用价值,与Reid和Non-Reid群体在产量方面具有较好的配合力^[11]。Yong等鉴定评价了来自美国和CIMMYT的20个外来群体对郑单958的改良潜力,结果显示,群体Pop 49和Stay green-yellow具有较大利用价值^[12]。周旭梅等利用NCⅡ设计对同一基础材料获得的8个DH系进行鉴定评价,结果显示,MDH4、MDH5和MDH8有较大利用价值,作亲本可组配出性状优良的杂交组合^[13]。陈淑萍等用先玉335亲本作测验种,利用NCⅡ设计对80份美国解密玉米自交系进行配合力鉴定,筛选出NS701、PHW03、PHN29和PHP55等一批优良自交系,对改良和拓宽

黄淮海种质基础有较大利用价值^[14]。
以上研究人员除了Nelson和Goodman的试验方法是将外来种质与当地测验种分别杂交组配成外来种质占比为50%的顶交种和25%的三交种进行评价鉴定,其他研究人员均是将外来种质与当地测验种杂交组配成外来种质占比为50%的单交种或顶交种进行评价鉴定。本试验所采用的方法与Nelson和Goodman相似,但又有所不同。Nelson和Goodman先将外来种质与美国温带的一个单交种测验种(LH132×LH51)杂交组配成外来种质占比为50%的顶交种,经过两年的产量试验,淘汰表现较差的种质,然后再将筛选出来的种质,以[外来种质×SS×(NSS×NSS)]和[外来种质×NSS×(SS×SS)]模式组配成外来种质占比为25%的三交种进行进一步的鉴定。本试验通过外来种质×SS、外来种质×NSS、种质×SS×NSS、外来种质×NSS×SS,同时对外来种质鉴定,没有进行前期的筛选淘汰。
通过两种方法来评价外来优良种质对本地优良单交种华玉11的改良潜力,单交测试结果显示,只有HZ127IM、PH09B和M5972这3个自交系对改良华玉11产量有利用价值。三交测试结果显示,

HZ127IM、PHVA9、LH38、郑 58、M54、Recovered B73、M5972 和 PHG29 这 8 个自交系对改良华玉 11 产量均有利用价值。两个不同试验结果表明,外来种质直接利用,可能由于适应性差,具有光周期反应等不良表现,这对产量和穗位高都有一定影响,没有充分体现外来种质的育种价值和应用潜力,评价效果不佳;当与本地优良种质组配成半外来种质后,基因渐渗,可增加其适应性,利于有利基因的表达。美国的 GEM 计划、NCSU 玉米计划,对外来热带玉米种质的利用均是先组配成半外来种质,再进行测配选系^[15,16]。但外来种质占比多少对育种利用价值最大,没有定论,不同育种家研究结果不同。Tallury 和 Goodman 研究结果发现,在产量和农艺性状方面,含有 10%~60% 热带种质的杂交种表现较好,热带种质占比超过 60% 的杂交种表现较差^[17]。Fan 认为当外来种质占比在 6.25%~12.5% 时,利用效果最佳。

华玉 11 的杂种优势模式本就是一个较好的模式,外来种质分别先与华玉 11 两个亲本相互组配成单交种,再与另一亲本杂交组配成三交种,根据产量结果可以很直观地看到外来种质对华玉 11 的改良潜力,并且通过超标优势可明确外来种质更适合改良华玉 11 哪个亲本,使杂种优势更强。筛选出符合育种目标的优良自交系后,直接与适宜改良的亲本组配成单交种,然后利用双单倍体技术进行诱导、加倍、选系,最后进行测配和田间鉴定。

3.2 外来种质改良华玉 11 策略

综合 10 个优良玉米自交系改良华玉 11 单交测试和三交测试的产量和穗位高结果,HZ127IM、PHVA9、LH38、郑 58、M54、Recovered B73、M5972、PHG29 这 8 个自交系对改良华玉 11 均有利用价值,其中 HZ127IM 对改良华玉 11 产量利用价值最大,但后期应注意穗位高的选择。HZ127IM 和 Recovered B73 适合改良 Q1,分别与 Q1 杂交组配单交组合,然后利用双单倍体技术进行诱导、加倍、选系;M54 和 PHG29 可用来改良 Q736,分别与 Q736 杂交组配单交组合,然后利用双单倍体技术进行诱导、加倍、选系;PHVA9、LH38、郑 58、M5972 用来改良 Q736 和 Q1 均可,分别与 Q736 和 Q1 杂交组配单交组合,然后利用双单倍体技术进行诱导、加倍、选系。

以上鉴定结果基于杂种优势理论,鉴定出 HZ127IM、PHVA9、LH38、郑 58、M54、Recovered B73、M5972、PHG29 对改良华玉 11 产量和穗位高有利用价值。试验为一年多点试验结果,可进一步进行多年多点试验进行验证。

参考文献:

- [1] Sharma S, Carena M J. NDSU EarlyGEM: Incorporating tropical and temperate elite exotic germplasm to increase the genetic diversity of short-season maize[J]. *Maydica*, 2012, 57(1): 34-42.
- [2] 潘光堂,杨克诚,李晚忱,等.我国西南玉米杂种优势群及其杂优模式研究与应用的回顾[J]. *玉米科学*, 2020, 28(1): 1-8.
Pan G T, Yang K C, Li W C, et al. A Review of the research and application of heterotic groups and patterns of maize breeding in southwest China[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2020, 28(1): 1-8. (in Chinese)
- [3] 王元东,张华生,段民孝,等.利用外来新种质 X1132x 选育优良玉米自交系的研究[J]. *中国种业*, 2015(2): 41-44.
Wang Y D, Zhang H S, Duan M X, et al. Study on the elite inbred lines from exotic hybrid X1132x[J]. *China Seed Industry*, 2015(2): 41-44. (in Chinese)
- [4] 陈洪梅,汪燕芬,姚文华,等.导入热带种质的温带玉米自交系的利用潜力[J]. *作物学报*, 2011, 37(10): 1785-1793.
Chen H M, Wang Y F, Yao W H, et al. Utilization potential of the temperate maize inbred integrated with tropical germplasm[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2011, 37(10): 1785-1793. (in Chinese)
- [5] 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[J]. *遗传*, 1980, 2(2): 43-46.
Huang Y Z, Liu L F. The basis of crop quantitative genetics VI. combining ability: incomplete diallel crosses[J]. *Hereditas(Beijing)*, 1980, 2(2): 43-46. (in Chinese)
- [6] 陈 灿,员海燕,雷云天.玉米改良群体 MM 中选系的产量配合力及杂种优势分析[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2013, 41(3): 93-98.
Chen C, Yuan H Y, Lei Y T. Analysis of yield combining ability and heterosis of selective lines from the improved maize population MM [J]. *Journal of Northwest A&F University(Natural Science Edition)*, 2013, 41(3): 93-98. (in Chinese)
- [7] 冯志前,王博新,徐淑兔,等.12 份美国玉米自交系配合力评价[J]. *玉米科学*, 2020, 28(2): 11-17, 24.
Feng Z Q, Wang B X, Xu S T, et al. Evaluation of the combining ability on 12 American maize inbred lines[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2020, 28(2): 11-17, 24. (in Chinese)
- [8] 郭向阳,胡 兴,祝云芳,等.热带玉米 Suwan1 群体导入不同类型温带种质的遗传分析[J]. *玉米科学*, 2019, 27(4): 9-13, 21.
Guo X Y, Hu X, Zhu Y F, et al. Genetic analysis of different types of descendants derived from temperate germplasm crossed with Suwan1 populations of tropical maize[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2019, 27(4): 9-13, 21. (in Chinese)
- [9] 黎 裕,王天宇.玉米种质创新——进展与展望[J]. *玉米科学*, 2017, 25(3): 11-18.
Li Y, Wang T Y. Germplasm enhancement in maize: advances and prospects[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2017, 25(3): 11-18. (in Chinese)
- [10] Nelson P T, Goodman M M. Evaluation of elite exotic maize inbred for use in temperate breeding[J]. *Crop Science*, 2008, 48(1): 85-92.
- [11] Fan X M, Bi Y Q, Zhang Y D, et al. Use of the Suwan1 heterotic group in maize breeding programs in southwestern China[J]. *Agronomy Journal*, 2015, 107(6): 2353-2362.

- [12] Yong H J, Li M S, Li X, et al. Breeding potential of exotic maize populations to improve an elite Chinese hybrid[J]. *Agronomy Journal*, 2013, 105(6): 1555–1564.
- [13] 周旭梅,高旭东,高洪敏,等. 同一基础材料的玉米DH系主要农艺性状配合力分析及应用潜力评价[J]. *玉米科学*, 2020, 28(3): 31–36.
- Zhou X M, Gao X D, Gao H M, et al. Analysis on combining ability and application potential of maize DH Lines from the same foundation material[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2020, 28(3): 31–36. (in Chinese)
- [14] 陈淑萍,岳海旺,谢俊良,等. 80份美国解禁玉米自交系与先玉335亲本配合力试验分析[J]. *玉米科学*, 2018, 26(2): 30–34.
- Chen S P, Yue H W, Xie J L, et al. Analysis of combining ability on 80 declassified American maize inbred lines with Xianyu335 parents in the north of Huang-Huai-Hai region[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2018, 26(2): 30–34. (in Chinese)
- [15] Holland J. Gains from selection during the development of semiexotic inbred lines from Latin American Maize Accessions[J]. *Maydica*, 2006, 51(1): 15–23.
- [16] Salhuana W, Pollak L M. Latin American Maize Project(LAMP) and germplasm enhancement of maize(GEM) project: Generating useful breeding germplasm[J]. *Maydica*, 2006, 51(2): 339–355.
- [17] Tallury S P, Goodman M M. Experimental evaluation of the potential of tropical germplasm for temperate maize improvement[J]. *Theoretical and Applied Genetics*. *Genetik*, 1999, 98(1): 54–61.

(责任编辑:朴红梅)

(上接第14页)

- [19] 冒宇翔,薛林,王莉萍,等. 玉米抗锈病自交系种质的发掘与评价[J]. *玉米科学*, 2017, 25(4): 55–61.
- Mao Y X, Xue L, Wand L P, et al. Exploitation and evaluation of rust-resistant maize germplasms[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2017, 25(4): 55–61. (in Chinese)
- [20] 张振良,薛林,黄小兰,等. 10个糯玉米自己系育种潜力分析[J]. *南方农业学报*, 2017, 48(9): 1560–1567.
- Zhang Z L, Xue L, Huang X L, et al. Evaluation on breeding potential of 10 waxy maize inbred lines[J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2017, 48(9): 1560–1567. (in Chinese)
- [21] 薛林,张丹,徐亮,等. 玉米抗粗缩病自交系种质的发掘和遗传多样性及其在育种中的应用[J]. *作物学报*, 2011, 37(12): 2123–2129.
- Xue L, Zhang D, Xu L, et al. Mining and analyzing genetic diversity for maize rough dwarf disease resistant germplasms and its application in maize breeding[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2011, 37(12): 2123–2129. (in Chinese)
- [22] 秦燕,赵永康,王飞,等. 10个糯玉米自交系主要性状的配合力分析[J]. *贵州农业科学*, 2018, 46(12): 6–9.
- Qin Y, Zhao Y K, Wang F, et al. Combining ability of main traits of 10 waxy maize inbred lines[J]. *Guizhou Agricultural Science*, 2018, 46(12): 6–9. (in Chinese)
- [23] 周旭梅,高旭东,高洪敏,等. 同一基础材料的玉米DH系主要农艺性状配合力分析及应用潜力评价[J]. *玉米科学*, 2020, 28(3): 31–36.
- Zhou X M, Gao X D, Gao H M, et al. Analysis on combining ability and application potential of maize DH lines from the same foundation material[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2020, 28(3): 31–36. (in Chinese)

(责任编辑:朴红梅)