

玉米自交系京724和郑58的产量配合力及杂种优势研究

张如养, 宋伟, 赵久然, 王继东, 孙轩, 吉玉龙

(北京市农林科学院玉米研究中心/玉米DNA指纹及分子育种北京市重点实验室, 北京 100097)

摘要: 以优良玉米自交系京724和郑58为试材, 采用NCII遗传交配设计, 以京92、京2416、昌7-2、黄早四、京24、Lx9801等14个黄改群自交系为测验种, 杂交组配所得28个杂交组合, 调查测定杂交组合和自交系的子粒产量, 分析京724和郑58与黄改群自交系的产量配合力及杂交种的杂种优势特性。结果表明, 自交系京724子粒产量的一般配合力效应值为7.03, 极显著高于郑58; 杂交组合京724/京92(京科968)子粒产量的特殊配合力相对效应值在全部组合中最高, 达23.71。京724与系列黄改系组配组合的子粒产量均值显著高于郑58所配组合; 京724与系列黄改系所配组合的超标优势均值显著高于郑58所配组合; 京科968的杂种优势指数与郑单958相当。

关键词: 玉米; 京724; 郑58; 配合力; 杂种优势

中图分类号: S513.035.1

文献标识码: A

Yield Combining Ability and Heterosis of Maize Inbred Lines Jing724 and Zheng58

ZHANG Ru-yang, SONG Wei, ZHAO Jiu-ran, WANG Ji-dong, SUN Xuan, JI Yu-long

(Maize Research Center, Beijing Academy of Agriculture & Forestry Sciences/

Beijing Key Laboratory of Maize DNA Fingerprinting and Molecular, Beijing 100097, China)

Abstract: Two elite inbred lines Jing724 and Zheng58 and other fourteen testers of Huanggai group were used to create 28 hybrid combinations by NCII genetic designs in the study. The grain yield of these inbred lines and hybrid combinations were all investigated, further the yield combining ability of Jing724 and Zheng58 and heterosis of each hybrid combinations were analyzed. The general combining ability of grain yield of Jing724 and Zheng58 were 7.03 and -7.03, respectively, and the difference was significant. The special combining ability analysis showed that the combination of Jing724/Jing92(Jingke968) reached to 23.71, which was the highest among all the combinations, while that of Zheng58/Chang7-2(Zhengdan958) was lower, indicating that the yield potential and over-standard heterosis of the hybrid combinations crossed by Jing724 was higher than that of Zheng58. Because the yield of parents of Jingke968 were higher than that of Zhengdan958, Jingke968 had better yield than Zhengdan958 although they had similar heterosis index.

Key words: Maize(*Zea mays* L.); Jing 724; Zheng 58; Combining ability; Heterosis

录用日期: 2018-05-14

基金项目: 北京市科技计划课题(D161100005716002)、现代农业产业技术体系专项(CARS-02-11)、北京市农林科学院院级科技创新团队建设项目(JNKYT201603)

作者简介: 张如养(1987-), 福建福鼎人, 助理研究员, 硕士, 研究方向为玉米种质资源创新与利用。 Tel:010-51502405

E-mail: ruyangzhang2009@126.com

宋伟为并列第一作者。 Tel:010-51503983

E-mail: songwei1007@126.com

赵久然为本文通讯作者。

当前我国玉米生产上占有主导地位杂种优势模式有“改良瑞德群×黄改群”和“瑞德群×Iodent群”, 其代表品种分别为郑单958和先玉335^[1-3]。而“X群×黄改群”作为一种新的杂种优势模式, 为我国玉米育种杂种优势模式创新及利用提供了新的发展方向, 其代表性品种京科968具有高产、优质、多抗、广适、易制种等突出优势, 目前已在生产上大面积推广应用^[4,5]。对比“改良瑞德群×黄改群”和“X群×黄改群”两种杂种优势模式, 两者所利用的父本类群种

质均为黄改群;而两者的母本类群种质基础存在显著差异。其中,改良瑞德群的代表系为郑58,该自交系子粒产量高、综合抗性好、一般配合力高,组配出了郑单958、京单28、中单909等优良玉米杂交种;而X群是由北京市农林科学院玉米研究中心等单位利用外来杂交种X1132X等构建的基础群体,选育而成的系列优良自交系。该类群优良自交系生物学特性优良,子粒产量高、抗病性好、配合力高,其代表性自交系为京724,组配出了京科968、MC738、MC948等优良玉米杂交种。

研究X群代表系京724和改良瑞德群代表系郑58的配合力及其杂种优势表现,分析杂交种子粒产量的差异及其形成差异的深层次基础,同时解析杂交种京科968比郑单958产量潜力高的深层次基础,对优良自交系选育、杂交组合组配和杂种优势利用及创新发展具有重要的参考意义^[6-8]。本研究利

用优良玉米自交系京724与郑58为试材,采用NCII遗传交配设计,以14个黄改群优良自交系为测验种,组配获得28个杂交组合,调查亲本和杂交组合的子粒产量表现,分析自交系京724和郑58与黄改群自交系的子粒产量配合力、杂种优势表现及其超标优势,以期为优良玉米自交系的选育、优良组合组配和杂种优势利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

研究所用的玉米自交系京724由北京市农林科学院玉米研究中心自主选育而成,为杂交种京科968的母本;玉米自交系郑58引自河南省农业科学院,为杂交种郑单958的母本;14个测验种为我国科研育种单位选育的黄改系(表1)。

表1 玉米母本自交系和测验种
Table 1 The inbred lines in this study

序号 No.	母本自交系(♀) Inbred line	序号 No.	测验种(♂) Tester	序号 No.	测验种(♂) Tester
1	京724	1	京92	8	京186
2	郑58	2	京2416	9	早京02
		3	昌7-2	10	哲461
		4	黄早四	11	黄野4
		5	京24	12	四-287
		6	Lx9801	13	原辅黄
		7	Lx9801-硬	14	京404

1.2 组合配制和田间试验设计

2014年冬季,在海南省三亚市崖城镇北京市农林科学院南繁基地以京724和郑58为母本,以14个黄改系京92、京2416、昌7-2、黄早四、京24、Lx9801、Lx9801-硬、京186、早京02、哲461、黄野4、四-287、原辅黄、京404为测验种,采用NCII遗传交配设计组配28个杂交组合。2015年,将16份自交系和28份杂交组合在北京、河南、河北、辽宁这4个不同生态区进行种植,杂交种以郑单958(郑58/昌7-2)为对照,试验田耕层土壤,肥力优良均匀。试验设计以北京、河南、河北、辽宁这4个点,将每个鉴定点设置为一个重复,每个点的每个小区种植3行,等行距种植,行长5m,种植密度控制在57000株/hm²。以对照郑单958散粉吐丝后60d左右为收获期,收获各组合小区中间1行的所有果穗进行测产,用谷物水分测定仪PM-8188测量水份,折算每公顷子粒产量

(14%水分),并以4个点的子粒产量进行统计分析。

1.3 统计项目

(1)超标优势=(X-CK)/CK×100%,其中,X为测交组合子粒产量平均值;CK为对照杂交种子粒产量平均值。

(2)杂种优势指数= $F_1/(P_1+P_2)/2 \times 100\%$,其中, F_1 为测交组合子粒产量平均值; P_1 、 P_2 为亲本自交系子粒产量平均值。

1.4 数据处理与分析

采用刘来福提出的不完全双列杂交设计方法进行配合力方差分析,并进一步估算子粒产量一般配合力(GCA)和特殊配合力(SCA)的相对效应值^[9,10]。数据处理与分析采用DPS7.05和Microsoft Excel 2007等数据软件。配合力分析公式如下:

$$GCA_{gi} = \bar{X}_i - \bar{X}_{总};$$

$$SCA_{gij} = \bar{X}_{ij} - \bar{X}_{总} - GCA_{gi} - GCA_{gj}。$$

2 结果与分析

2.1 子粒产量配合力方差分析

对子粒产量进行配合力相对效应值方差分析,表2结果表明,4个不同区组间的子粒产量存在显著差异,由于材料种植的地点分布在我国的不同生态区,试验材料在不同鉴定点的生长周期存在较大

的差异,因此不同鉴定点间的子粒产量存在一定的差异属于正常试验情况。子粒产量方差分析表现在组合间的方差极显著,说明不同组合间子粒产量存在极显著差异。进一步进行配合力方差分析结果表明,两个母本自交系京724和郑58子粒产量的一般配合力相对效应值差异达极显著水平。

表2 子粒产量配合力相对效应值方差分析

Table 2 The analysis of variance(ANOVA) of combining ability

变异来源 Variation	自由度 Df	平方和 SS	均方 MS	F值 F-value
区组间	3	364 274.53	121 424.84	17.00**
组合间	27	871 415.70	32 274.66	4.52**
母本	1	344 611.81	344 611.81	30.00**
父本	13	377 467.40	29 035.95	2.53
母本×父本	13	149 336.49	11 487.42	1.61

注:**表示处理间差异达0.01水平差异显著。下表同。

Note: ** indicate significant difference at 1% level. The same below.

2.2 子粒产量一般配合力相对效应值分析

子粒产量的一般配合力是指亲本自交系与其他若干测验种杂交后,杂交后代在子粒性状上表现的平均值。在玉米常规育种中,配合力的高低是衡量玉米自交系优劣的主要标准,它是自交系的基本遗传特性,受多基因遗传控制^[11]。分析不同材料的一般配合力对评价玉米自交系的利用潜力具有重要参考作用。分析表明,自交系京724和郑58子粒产量一般配合力相对效应值存在极显著差异,需进一步进行多重比较。一般配合力相对效应值多重比较分析可得,京724的一般配合力相对效应值为7.03,极显著高于郑58的一般配合力相对效应值。优良自交系郑58因其一般配合力高的特性在玉米育种得到了广泛的应用,已组配出郑单958、京单28等系列优良杂交种在生产上大面积推广应用。本研究以京724和郑58两个自交系进行对比分析,所得郑58的一般配合力效应值偏低,但这一数值只是本研究中相对于自交系京724的一般配合力效应值,而不是绝对值。综上所述,京724的子粒产量利用潜力高于郑58,具有更高的利用价值。

2.3 子粒产量特殊配合力相对效应值分析

子粒产量的特殊配合力是指两个自交系所杂交产生的杂种一代的子粒产量表现,它决定于基因型中的非加性效应(显性和上位性效应),是杂交组合子粒产量高低的基础^[12]。由特殊配合力的相对效应值分析可知(表3),杂交组合京724/京92、京724/

Lx9801、京724/京186、京724/早京02、京724/京2416、京724/京404、京724/昌7-2、郑58/京404、京724/Lx9801-硬、京724/京24、郑58/昌7-2、京724/哲461子粒产量的SCA相对效应值为正值,分别为23.71、20.80、14.81、13.90、13.07、8.95、8.19、8.09、7.39、6.26、3.44和1.77;其中,杂交组合京724/京92(京科968)子粒产量的特殊配合力相对效应值在全部组合中最高。由特殊配合力相对效应值均值比较可知,京724与系列黄改系的特殊配合力相对效应值均值比郑58与系列黄改系的特殊配合力相对效应值均值高,说明京724与系列黄改系的组配所得组合的产量潜力大于郑58所配组合。

2.4 子粒产量的超标优势分析

玉米杂种优势的度量方式主要有超亲优势、中亲优势、超标优势和杂种优势指数。从玉米遗传育种和生产角度分析,对于杂种优势表现主要注重于产量性状的超标优势。超标优势分析可以为筛选具有生产应用潜力的杂交组合提供重要的参考。由表4的超标优势可知,京724所配杂交组合的子粒产量超标优势为正值的有9份,其中,京724/京92超标优势最强,为19.59%,说明杂交组合京724/京92、京724/Lx9801、京724/京186、京724/早京02、京724/京2416、京724/京404、京724/昌7-2、京724/Lx9801-硬、京724/京24具有较高的产量潜力,可进一步重点挖掘。郑58所配杂交组合的子粒产量超标优势为正值的有1份,为郑58/京404,其余杂交组合的产

量潜力对于当前玉米生产的应用价值较低。超标优势的均值分析可知,京724与系列黄改系所配组合的超标优势显著高于郑58的所配组合。

表3 特殊配合力相对效应值分析

Table 3 The analysis of special combining ability (SCA)

序号 No.	杂交组合 Hybrid combination	特殊配合力相对效应值 SCA	序号 No.	杂交组合 Hybrid combination	特殊配合力相对效应值 SCA
1	京724/京92	23.71	15	郑58/京92	-3.78
2	京724/京2416	13.07	16	郑58/京2416	-5.13
3	京724/昌7-2	8.19	17	郑58/昌7-2	3.44
4	京724/黄早四	-1.11	18	郑58/黄早四	-7.07
5	京724/京24	6.26	19	郑58/京24	-8.92
6	京724/Lx9801	20.80	20	郑58/Lx9801	-12.00
7	京724/Lx9801-硬	7.39	21	郑58/Lx9801-硬	-12.65
8	京724/京186	14.81	22	郑58/京186	-4.51
9	京724/早京02	13.90	23	郑58/早京02	-4.45
10	京724/哲461	1.77	24	郑58/哲461	-14.53
11	京724/黄野4	-13.87	25	郑58/黄野4	-23.89
12	京724/四-287	-0.73	26	郑58/四-287	-6.24
13	京724/原辅黄	-4.75	27	郑58/原辅黄	-6.75
14	京724/京404	8.95	28	郑58/京404	8.09

表4 子粒产量的超标优势分析

Table 4 The over-standard heterosis of the grain yield of hybrid combination

序号 No.	杂交组合 Hybrid combination	超标优势(%) Over-standard heterosis	序号 No.	杂交组合 Hybrid combination	超标优势(%) Over-standard heterosis
1	京724/京92	19.59	15	郑58/京92	-6.99
2	京724/京2416	9.30	16	郑58/京2416	-8.29
3	京724/昌7-2	4.59	17	郑58/昌7-2	0.00
4	京724/黄早四	-4.40	18	郑58/黄早四	-10.16
5	京724/京24	2.72	19	郑58/京24	-11.96
6	京724/Lx9801	16.78	20	郑58/Lx9801	-14.93
7	京724/Lx9801-硬	3.82	21	郑58/Lx9801-硬	-15.56
8	京724/京186	10.99	22	郑58/京186	-7.69
9	京724/早京02	10.11	23	郑58/早京02	-7.63
10	京724/哲461	-1.99	24	郑58/哲461	-17.38
11	京724/黄野4	-16.74	25	郑58/黄野4	-26.42
12	京724/四-287	-4.04	26	郑58/四-287	-9.36
13	京724/原辅黄	-7.93	27	郑58/原辅黄	-9.86
14	京724/京404	5.33	28	郑58/京404	4.49

注:小写字母标记表示处理间差异达0.05水平差异显著。下表同。

Note: The different lowercase letters indicate significant difference at 5% level. The same below.

2.5 杂交种子粒产量的贡献分析

杂交种的产量表现主要来源于双亲自身的产量表现和杂种优势指数的贡献。由表5、表6可知,京724所配组合杂种优势指数均值与郑58所配组

合相当,差异不显著;但京724所配组合的子粒产量均值比郑58所配组合高,两者相差较大,为1660.95 kg/hm²,差异显著。分析京724和郑58的子粒产量可知,京724子粒产量比郑58子粒产量高

1 697.40 kg/hm², 差异显著, 说明杂交种子粒产量增加主要是由京724子粒产量的提高所致。对比京724/京92(京科968)与郑58/昌7-2(郑单958)的杂种优势指数和子粒产量可知, 京724/京92的杂种优势指数比郑58/昌7-2低3.48%, 差异不显著; 但两者的子粒产量相差较大, 京724/京92比郑58/昌7-2高

2 399.40 kg/hm², 差异显著。分析京724/京92子粒产量显著高于郑58/昌7-2(郑单958)的主要原因是京科968的双亲京724和京92自身子粒产量比郑单958双亲郑58和昌7-2都有较大的提升, 京724比郑58高1 697.40 kg/hm², 差异显著; 京92比昌7-2高753.75 kg/hm², 差异显著。

表5 杂交组合的子粒产量和杂种优势指数

Table 5 The heterosis index and grain yield of hybrid combination

序号 No.	杂交组合 Hybrid combination	子粒产量 (kg/hm ²) Grain yield	杂种优势指数 (%) Heterosis index	序号 No.	杂交组合 Hybrid combination	子粒产量 (kg/hm ²) Grain yield	杂种优势指数 (%) Heterosis index
1	京724/京92	14 645.55	62.17 a	15	郑58/京92	11 390.55	56.50
2	京724/京2416	13 385.10	51.43	16	郑58/京2416	11 230.50	49.62
3	京724/昌7-2	12 807.90	58.09	17	郑58/昌7-2	12 246.15	65.65 a
4	京724/黄早四	11 707.20	61.06	18	郑58/黄早四	11 002.05	69.72
5	京724/京24	12 579.45	48.85	19	郑58/京24	10 782.15	48.23
6	京724/Lx9801	14 300.85	57.61	20	郑58/Lx9801	10 417.80	48.62
7	京724/Lx9801-硬	12 713.55	61.38	21	郑58/Lx9801-硬	10 340.25	59.71
8	京724/京186	13 591.95	52.15	22	郑58/京186	11 304.00	49.86
9	京724/早京02	13 484.25	50.16	23	郑58/早京02	11 311.35	48.16
10	京724/哲461	12 002.70	51.42	24	郑58/哲461	10 118.25	50.50
11	京724/黄野4	10 196.55	48.88	25	郑58/黄野4	9 010.20	51.58
12	京724/四-287	11 751.60	49.76	26	郑58/四-287	11 099.55	54.89
13	京724/原辅黄	11 275.50	54.40	27	郑58/原辅黄	11 039.10	63.69
14	京724/京404	12 898.35	55.32	28	郑58/京404	12 796.65	64.24
	均值	12 667.20 a	54.48 a		均值	11 006.25 b	55.78 a

表6 自交系的子粒产量

Table 6 The grain yield of inbred lines

序号 No.	自交系 Inbred line	子粒产量(kg/hm ²) Grain yield	5%显著水平 Significant level at 5%
1	京724	7 323.75	a
2	早京02	6 116.40	ab
3	京186	5 709.15	bc
4	京2416	5 690.10	bc
5	郑58	5 626.35	bc
6	京24	5 550.60	bc
7	Lx9801	5 087.55	bcd
8	四-287	4 483.95	cde
9	京92	4 454.10	cdef
10	哲461	4 391.55	cdef
11	京404	4 333.50	cdef
12	昌7-2	3 700.35	def
13	黄野4	3 107.40	efg
14	原辅黄	3 039.30	fg
15	Lx9801-硬	3 032.85	fg
16	黄早四	2 263.50	g

3 结论与讨论

自交系子粒产量的一般配合力对杂交组配所得杂交种的产量潜力具有重要的贡献^[13]。本研究选用X群的代表系京724和改良瑞德群的代表系郑58为基础材料,利用14个黄改群自交系为测验种,分析两个代表系的一般配合力特性,所得结果具有非常强的代表性。一般配合力分析结果表明,自交系京724子粒产量的一般配合力相对效应值极显著高于郑58,说明京724的子粒产量比郑58具有更大的利用潜力。特殊配合力相对效应值分析表明,京724/京92(京科968)在全部组合中特殊配合力效应值最高,且高于郑58/昌7-2(郑单958),说明杂交组合京724/京92(京科968)的具有非常好的产量潜力。同时,京724与系列黄改系的特殊配合力相对效应值均值高于郑58与系列黄改系的特殊配合力均值,说明京724与系列黄改系所配组合的产量潜力大于郑58所配组合,也可以进一步表明“X群×黄改群”杂种优势模式比“改良瑞德群×黄改群”杂种优势模式的具有更高的产量潜力。

以我国当前推广面积最大的品种郑单958为对照,分析京724和郑58所配组合的子粒产量表现,可有效地检验新组配的杂交组合产量在实际生产中的利用潜力^[14]。结果表明,京724所配组合的子粒产量超标优势为正值有9份,郑58所配组合有1份,其中,京724/京92(京科968)超标优势最强,且京724与系列黄改系所配组合的超标优势均值显著高于郑58的所配组合。因此,以京724所配组合为重点,对这些超对照的杂交组合进一步开展抗逆性、抗病性和适应性等综合评价试验,为筛选高产且多抗、广适的优良品种奠定基础。

解析亲本子粒产量、杂种优势指数对杂交种的子粒产量的贡献,对优良自交系的选育和杂种优势模式的利用都具有重要的指导意义^[15]。本研究结果表明,京724所配组合比郑58所配组合子粒产量均值显著增加主要是因亲本京724子粒产量比郑58显著提高。在杂种优势指数方面京724/京92(京科968)与郑58/昌7-2(郑单958)相当,但京科968双亲子粒产量比郑单958双亲显著的提高,这是遗传上京科968能够比郑单958显著增产的主要原因。因此,在选育自交系和杂交种组配过程中,在注重综合性状表现优良的基础上,应以自交系和亲本的自身子粒产量为首要的选择指标,为选育高产、优质、多抗、广适的优良杂交种提供可能。

参考文献:

- [1] 堵纯信,曹春景,曹青,等.玉米杂交种郑单958的选育与应用[J].玉米科学,2006,14(6):43-45,49.
Du C X, Cao C J, Cao Q. et al. The breeding and application of maize hybrid Zhengdan958[J]. Journal of Maize Sciences, 2006, 14(6): 43-45, 49. (in Chinese)
- [2] 李会勇,王利锋,唐保军,等.玉米单交种郑单958遗传结构及杂种优势初步研究[J].玉米科学,2009,17(1):28-31.
Li H Y, Wang L F, Tang B J, et al. Research on the genetic structure and heterosis of Zhengdan958[J]. Journal of Maize Sciences, 2009, 17(1): 28-31. (in Chinese)
- [3] 戴景瑞,鄂立柱.我国玉米育种科技创新问题的几点思考[J].玉米科学,2010,18(1):1-5.
Dai J R, E L Z. Scientific and technological innovation of maize breeding in China[J]. Journal of Maize Sciences, 2010, 18(1): 1-5. (in Chinese)
- [4] 赵久然,李春辉,宋伟,等.利用SSR标记解析京科968等系列玉米品种的杂种优势模式[J].玉米科学,2017,25(5):1-8.
Zhao J R, Li C H, Song W, et al. Elaboration of heterotic pattern in a series of maize varieties by SSR markers[J]. Journal of Maize Sciences, 2017, 25(5): 1-8. (in Chinese)
- [5] 王元东,赵久然,冯培煜,等.京科968等系列玉米品种“易制种”性状选育与高产高效制种关键技术研究[J].玉米科学,2016,24(2):11-14.
Wang Y D, Zhao J R, Feng P Y, et al. Characteristics related to 'easy seed production' and the key technology of high yield and high efficiency seed production of commercial hybrids Jingke968 et al.[J]. Journal of Maize Sciences, 2016, 24(2): 11-14. (in Chinese)
- [6] 黎裕,王天宇.我国玉米育种种质基础与骨干亲本的形成[J].玉米科学,2010,18(5):1-8.
Li Y, Wang T Y. Germplasm base of maize breeding in China and formation of foundation parents[J]. Journal of Maize Sciences, 2010, 18(5): 1-8. (in Chinese)
- [7] 李海明,胡瑞法,张世煌.外来种质对中国玉米生产的遗传贡献[J].中国农业科学,2005,38(11):2189-2197.
Li H M, Hu R F, Zhang S H. The impacts of US and CGIAR's germplasm on maize production in China[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2005, 38(11): 2189-2197. (in Chinese)
- [8] 李明顺,张世煌,李新海,等.根据产量特殊配合力分析玉米自交系杂种优势群[J].中国农业科学,2002(35):600-605.
Li M S, Zhang S H, Li X H, et al. Study on heterotic groups among maize inbred lines based on SCA[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2002(35): 600-605. (in Chinese)
- [9] 刘来福.作物数量遗传[M].北京:农业出版社,1984.
- [10] 梁文科,张世煌,戚廷香,等.热带温带玉米群体产量性状遗传力及遗传方差分量的剖析[J].中国农业科学,2006,39(11):2178-2185.
Liang W K, Zhang S H, Qi T X, et al. Dissection of heritability and genetic variance components for yield traits in tropical and temperate maize populations[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2006, 39(11): 2178-2185. (in Chinese)
- [11] 高旭东,周旭梅,高洪波,等.欧洲玉米种质资源BRC选系主要农艺性状的配合力与杂种优势分析[J].玉米科学,2015,23(3):28-33.
(下转第13页)

- [10] 向 葵. 玉米子粒脱水速率测定方法优化及遗传研究[D]. 四川农业大学博士学位论文, 2011.
- [11] 叶雨盛, 王晓琳, 李 刚, 等. 玉米子粒生理成熟后脱水速率的研究及应用[J]. 辽宁农业科学, 2015(3): 46-48.
Ye Y S, Wang X L, Li G, et al. Research progress on dehydration rate after maize grain physiological maturity[J]. Liaoning Agricultural Sciences, 2015(3): 46-48. (in Chinese)
- [12] 刘思奇, 钟雪梅, 李凤海, 等. 东北地区4个代表性玉米品种的灌浆和脱水速率比较[J]. 种子, 2015, 34(12): 69-72.
Liu S Q, Zhong X M, Li F H, et al. Comparisons of grain filling and dehydration rates in 4 representative maize varieties in Northeast provinces[J]. Seed, 2015, 34(12): 69-72. (in Chinese)
(责任编辑: 姜媛媛)

(上接第6页)

- Gao X D, Zhou X M, Gao H B, et al. Combining ability of main agronomic traits and heterosis of European maize germplasm BRC[J]. Journal of Maize Sciences, 2015, 23(3): 28-33. (in Chinese)
- [12] 张仁和, 薛吉全, 赵 静, 等. 陕西省玉米品种杂种优势群和杂种优势模式分析[J]. 玉米科学, 2007, 15(增刊): 173-176.
Zhang R H, Xue J Q, Zhao J, et al. Analysis of maize heterotic groups and patterns in Shanxi Province[J]. Journal of Maize Sciences, 2007, 15(S): 173-176. (in Chinese)
- [13] 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, 5(3): 1-8. (in Chinese)
- [14] 马延华, 孙德全, 李绥艳, 等. 20份玉米种质选系的利用潜力分析[J]. 玉米科学, 2014, 22(5): 1-5.
Ma Y H, Sun D Q, Li S Y, et al. Analysis on the utilization potentiality of 20 maize germplasm selected lines[J]. Journal of Maize Sciences, 2014, 22(5): 1-5. (in Chinese)
- [15] 铁双贵, 郑用链, 刘丁良, 等. 玉米人工合成群体配合力效应及遗传潜势研究[J]. 作物学报, 2000(26): 28-34.
Tie S G, Zheng Y L, Liu D L, et al. The research on combining ability effect and genetic potential of maize synthesized population[J]. Acta Agronomica Sinica, 2000(26): 28-34. (in Chinese)
(责任编辑: 朴红梅)