

基于 Iodent 种质玉米株系间杂种优势及配合力分析

姜 龙, 王文才, 李剑明, 于海燕, 陈殿元*

(吉林农业科技学院农学院, 吉林 吉林 132101)

摘 要: 探讨种植密度对 Iodent 种质自交系杂种优势和配合力的遗传响应, 为密植育种与高产栽培提供理论依据。采用 NC II 设计 30 份杂交组合, 研究 Iodent 种质的 5 个不同株系在不同密度下玉米株系间杂种优势和配合力表现。在 6.0 万、7.5 万、9.0 万株/hm² 密度下 30 份杂交组合单株产量杂种优势均值分别为 128.5%、86.3% 和 60.4%, 变异系数(CV)分别为 30.8%、25.8% 和 29.9%; 在 6.0 万株/hm² 密度下, Iodent 株系单株产量一般配合力(GCA)效应 JK1101 最高(9.55), JK1103 最低(-6.85); 在 7.5 万株/hm² 密度下, JK1103 最高(3.51), JK1102 最低(-4.83); 在 9.0 万株/hm² 密度下, JK1103 最高(3.95), JK1102 最低(-5.57)。仅丹 340×JK1101、JK33×JK1102 组合的 SCA 效应值在 3 种密度下为正值, 分别为 9.84、8.72、22.68、6.33、1.49 和 19.15。Iodent 种质株系与 Lancaster、改良 Reid、塘四平头和旅大红骨四大类群自交系杂交时单株产量杂种优势普遍存在, 同一杂交组合在不同密度下杂种优势存在较大差异, 单株产量杂种优势呈现随密度增加而降低的趋势; Iodent 种质株系间的 GCA 效应在不同密度下表现不同, 单株产量 GCA 在密度为 7.5 万株/hm² 和 9.0 万株/hm² 时变化趋势相近, 呈显著正相关; 由 Iodent 种质株系组配的同一组合 SCA 效应增减与供试密度增减变化的方向不一致。

关键词: 玉米; Iodent 种质; 杂种优势; 配合力

中图分类号: S513

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2021)03-0001-06

Analysis of Heterosis and Combining Ability of Maize Inbred Lines Based on Iodent Germplasm

JIANG Long, WANG Wencai, LI Jianming, YU Haiyan, CHEN Dianyuan*

(College of Agronomy, Jilin Agricultural Science and Technology University, Jilin 132101, China)

Abstract: In order to explore the genetic response of planting density to the heterosis and combining ability of Iodent inbred lines, and to provide a theoretical basis for dense planting and high yield cultivation. The NCII design was applied to 30 cross combinations, and the heterosis and combining ability of 5 different lines of Iodent germplasm under different densities were studied. Under the density of 60 thousand, 75 thousand and 90 thousand plants/ha, 30 hybrid combinations yield strains of heterosis values were 128.5%, 86.3% and 60.4%, CV were 30.8%, 25.8% and 29.9%. JK1101 GCA effect to yield was the highest under the density of 60 thousand plants/ha (9.55), while JK1103 was the lowest (-6.85); JK1103 GCA effect to yield was the highest(3.51) under the density of 75 thousand plants/ha, while JK1102 was the lowest (-4.83); JK1103 GCA effect to yield was the highest under the density of 90 thousand plants/ha(3.95), while JK1102 was the lowest(-5.57). It was the only that the SCA effect values of Dan340×JK1101 and JK33× JK1102 were positive under 3 densities, which were 9.84, 8.72, 22.68, 6.33, 1.49 and 19.15, respectively. The GCA effect of Iodent germplasm in different strains was different under different densities. The yield of GCA under the density of 75 thousand and 90 thousand plants/ha had the same trend, which was a significant positive correlation; The SCA effect of the same combination that crossed by Iodent germplasm strains was not consistent with the changing direction of the increase and decrease of the test density.

Key words: Maize; Iodent germplasm; Heterosis; Combining ability

收稿日期: 2019-04-26

基金项目: 吉林省科技发展计划项目(20200402025NC)

作者简介: 姜 龙(1988-), 男, 讲师, 博士, 主要从事玉米育种及高产栽培技术研究。

通讯作者: 陈殿元, 男, 硕士, 教授, E-mail: jlcly@sina.com

玉米在国民经济发展中具有举足轻重的地位。玉米育种是利用玉米杂种优势,不断聚合有利基因,创制新种质进而培育新品种的过程^[1-3]。耐密、宜机收型杂交种京农科 728 的大面积推广表明,当前育成品种在具备高产、优质、多抗等综合优良性状的基础上,更要突出耐密抗倒、脱水快、宜机收等特点^[4-6]。

Iodent 是爱荷华试验站瑞德黄粒马齿 (Iowa Experiment Station Reid Yellow Dent) 的缩写。Iodent Reid 最初起源于瑞德黄马牙开放授粉品种,选育始于 1909 年,由 Lyman Burnett 和 Perry Holden 教授对其早熟性和产量性状采用穗行选择法经过连续 13 年选育,从瑞德黄马牙开放授粉品种中成功选育出的一类特殊种质,具有早熟、籽粒深、有光泽、角质淀粉高的特性^[7]。Iodent 种质在杂种优势中的表现类似国内的塘四平头或旅大红骨,与 SS 和 NSS 种质都有很强的配合力,国内外学者在不同密度下对多个类群种质改良及相关性状遗传都进行了研究^[8-10],而对外引 Iodent 种质材料耐密性研究鲜见报道。

杂种优势和配合力是衡量玉米自交系优劣的重要遗传参数,但关于这两个遗传参数在不同密度条件下的表现报道较少^[11-12],表明种植密度对玉米自交系杂种优势和配合力的遗传响应尚有待

深入研究。基于此,本研究选用当前国内主要杂种优势群的种质材料,研究基于 Iodent 种质类群的不同密度下玉米株系间杂种优势和配合力表现,以期耐密育种与高产栽培提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料

试验材料均由吉林农业科技学院玉米遗传育种科技创新团队提供,双亲名称及所属类群见表 1。Iodent 种质自交系 JK1101-JK1105 是经“南北穿梭育种法”选育而成的自交系;JK9 的遗传基础为:(吉 853×四-287)×四-287,其中四-287 是东北中早熟区域试验对照品种吉单 27 的母本^[7],以 JK9 这一黄改系组配的杂交种正在参加东华北国家联合体试验;JK17 的遗传基础为:(PH4CV×PHB1M)×PHB1M,该自交系是吉林农业科技学院选育的 Lancaster 类群自交系,兼具东北地区推广面积较大的耐密型杂交种先玉 335、先玉 696 的父本遗传血缘^[13-14]。铁 C8605-2 是铁岭市农业科学院选育的优良自交系^[15];JK33 的遗传基础为:(铁 C8605-2×郑 58)×郑 58,是吉林农业科技学院选育的改良 Reid 类群自交系,具备耐密型杂交种郑单 958 母本的遗传血缘;S121 是东华北地区国审品种农华 101 的父本^[16]。

表 1 供试材料名称及其所属类群

母本	遗传基础	所属类群	父本	遗传基础	所属类群
铁 C8605-2	铁 7922×沈 5003	改良 Reid	JK1101	{(PH207×K10)×PH207}×PH207	Iodent
JK33	(铁 C8605-2×郑 58)×郑 58	改良 Reid	JK1102	{(PH207×K10)×PH207}×PH207	Iodent
JK9	(吉 853×四-287)×四-287	塘四平头	JK1103	{(PH207×K10)×PH207}×PH207	Iodent
四-287	四-444×255(金 03)	塘四平头	JK1104	{(PH207×K10)×PH207}×PH207	Iodent
S121	丹 340×(H201×H204)	旅大红骨	JK1105	{(PH207×K10)×PH207}×PH207	Iodent
JK17	(PH4CV×PHB1M)×PHB1M	Lancaster			

2017 年冬,在海南按 B.Griffing 的不完全双列杂交方法,以 Lancaster、改良 Reid、塘四平头和旅大红骨四大类群自交系为母本,以 5 份自选 Iodent 种质自交系为父本组配 30(6×5)份测交组合,并自交保留亲本。

1.2 试验设计

2018 年在吉林农业科技学院玉米遗传育种试验地对 30 份杂交组合和 11 份自交系亲本采用随机区组设计进行田间种植。试验设置 3 种密度,分别为 6.0 万、7.5 万、9.0 万株/hm²,每组 3 次重复,3 行区,行长 5 m,行距 65 cm,田间管理同大田生产。成熟期在 3 次重复中各小区中间行收获中间

位置的 10 株果穗,11 月末进行室内考查穗粒单株产量,以 10 株平均值为统计单位。

1.3 数据分析方法

试验结果为 3 次重复的平均值,先用 Excel 2013 进行数据的初步处理。杂种优势值按平均优势法^[17]计算,而后根据刘来福等^[18]的方法进行一般配合力 (General Combining Ability, GCA)、特殊配合力 (Special Combining Ability, SCA) 的测定。

平均优势计算公式如下:

$$\text{平均优势} = [(\bar{F}_1 - \overline{MP}) / \overline{MP}] \times 100\%$$

其中, \bar{F}_1 为杂种一代某性状平均值, \overline{MP} 为双亲本某性状的平均值。

2 结果与分析

2.1 不同密度下单株产量的杂种优势表现

30份杂交组合单株产量杂种 F_1 优势结果见表2。在6.0万株/ hm^2 密度下单株产量的杂种 F_1 优势平均值为128.5%,优势值变异幅度为67.3%~215.5%,变异系数(CV)为30.8%;在7.5万株/ hm^2 密度下单株产量的杂种 F_1 优势平均值为86.3%,优势值变异幅度为47.1%~123.2%,CV为25.8%;

在9.0万株/ hm^2 密度下单株产量的杂种 F_1 优势平均值为60.4%,优势值变异幅度为23.8%~104.9%,CV为29.9%。表明供试自选 Iodent 株系与 Lancaster、改良 Reid、塘四平头和旅大红骨四大类群供试自交系杂交时单株产量的杂种优势普遍存在,不同杂交组合间杂种优势存在较大差异,同一杂交组合在不同密度下杂种优势也存在较大差异,单株产量杂种优势呈现随密度增加而降低的趋势。

不同密度下单株产量杂种优势值排名前10

表2 不同密度下单株产量的杂种优势、杂种优势平均值及变异系数

%

组合	杂种优势		
	6.0万株/ hm^2	7.5万株/ hm^2	9.0万株/ hm^2
四-287×JK1101	149.4	92.0	74.3
四-287×JK1103	206.7	92.5	59.0
四-287×JK1104	96.6	52.3	32.6
四-287×JK1102	126.9	57.6	38.7
四-287×JK1105	119.7	93.4	32.9
铁 C8605-2×JK1101	171.5	118.3	86.4
铁 C8605-2×JK1103	168.2	123.2	68.4
铁 C8605-2×JK1104	129.6	115.4	85.8
铁 C8605-2×JK1102	127.9	88.9	67.4
铁 C8605-2×JK1105	134.2	111.3	51.4
JK17×JK1101	90.3	69.2	52.0
JK17×JK1103	116.3	111.4	63.0
JK17×JK1104	78.7	71.8	57.5
JK17×JK1102	136.7	69.2	64.3
JK17×JK1105	75.5	68.8	65.8
JK33×JK1101	81.5	72.6	65.2
JK33×JK1103	129.7	107.1	76.4
JK33×JK1104	119.7	71.8	69.1
JK33×JK1102	115.0	60.2	54.4
JK33×JK1105	67.3	66.1	45.1
S121×JK1101	215.5	112.8	104.9
S121×JK1103	194.2	114.9	78.0
S121×JK1104	142.3	119.2	73.6
S121×JK1102	135.2	89.1	81.6
S121×JK1105	124.2	60.5	41.5
JK9×JK1101	104.2	75.0	53.1
JK9×JK1103	203.1	95.1	48.6
JK9×JK1104	80.4	70.6	37.7
JK9×JK1102	82.4	47.1	23.8
JK9×JK1105	131.4	92.7	58.9
杂种优势平均值	128.5	86.3	60.4
CV	30.8	25.8	29.9

位的杂交组合及其杂种优势模式见表3。由表3可知,在6.0万株/ hm^2 密度下,供试自选 Iodent 株系与旅大红骨类群、塘四平头类群自交系组配的杂

交组合单株产量杂种优势高的组合分别占4/10,3/10;在7.5万株/ hm^2 密度下,供试自选 Iodent 株系与旅大红骨类群、塘四平头类群、改良 Reid 类群

自交系组配的杂交组合单株产量杂种优势高的组合各占 3/10, 仅有 1 份杂交组合是与 Lancaster 类群组配的; 在 9.0 万株/hm² 密度下, 供试自选 Iodent 株系与改良 Reid 类群、旅大红骨类群、塘四平头类群自交系组配的杂交组合单株产量杂种优势

高的组合分别占 5/10、4/10、1/10。综上所述, 在供试密度条件下自选 Iodent 株系与塘四平头、旅大红骨类群自交系均表现出较强的杂种优势, 但在高密度条件下与改良 Reid 类群自交系的杂种优势更为突出。

表 3 不同密度下单株产量杂种优势值排名前 10 位的杂交组合及其杂种优势模式

密度(万株/hm ²)	杂交组合	优势模式	杂种优势(%)
6.0	S121×JK1101	旅大红骨×Iodent	215.5
	四-287×JK1103	塘四平头×Iodent	206.7
	JK9×JK1103	塘四平头×Iodent	203.1
	S121×JK1103	旅大红骨×Iodent	194.2
	铁 C8605-2×JK1101	改良 Reid×Iodent	171.5
	铁 C8605-2×JK1103	改良 Reid×Iodent	168.2
	四-287×JK1101	塘四平头×Iodent	149.4
	S121×JK1104	旅大红骨×Iodent	142.3
	JK17×JK1102	Lancaster×Iodent	136.7
	S121×JK1102	旅大红骨×Iodent	135.2
7.5	铁 C8605-2×JK1103	改良 Reid×Iodent	123.2
	S121×JK1104	旅大红骨×Iodent	119.2
	铁 C8605-2×JK1101	改良 Reid×Iodent	118.3
	S121×JK1103	旅大红骨×Iodent	114.9
	S121×JK1101	旅大红骨×Iodent	112.8
	JK17×JK1103	Lancaster×Iodent	111.4
	铁 C8605-2×JK1105	改良 Reid×Iodent	111.3
	JK9×JK1103	塘四平头×Iodent	95.1
	四-287×JK1105	塘四平头×Iodent	93.4
	JK9×JK1105	塘四平头×Iodent	92.7
9.0	S121×JK1101	旅大红骨×Iodent	104.9
	铁 C8605-2×JK1101	改良 Reid×Iodent	86.4
	铁 C8605-2×JK1104	改良 Reid×Iodent	85.8
	S121×JK1102	旅大红骨×Iodent	81.6
	S121×JK1103	旅大红骨×Iodent	78.0
	JK33×JK1103	改良 Reid×Iodent	76.4
	四-287×JK1101	塘四平头×Iodent	74.3
	S121×JK1104	旅大红骨×Iodent	73.6
	JK33×JK1104	改良 Reid×Iodent	69.1
	铁 C8605-2×JK1103	改良 Reid×Iodent	68.4

2.2 配合力分析

由表 4 可知, 不同密度下组合间、母本间、父本间、母本×父本间均达显著或极显著水平, 表明遗传差异真实存在, 可进行配合力分析^[19]。

2.2.1 不同密度下父本 Iodent 种质株系单株产量的 GCA 分析

由表 5 可知, 在 6.0 万株/hm² 密度下, 5 份 Iodent 株系单株产量 GCA 效应以 JK1101 最高 (9.55), JK1102 次之 (3.45), JK1103 最低 (-6.85); 在 7.5 万株/hm² 密度下, JK1103 最高 (3.51),

JK1105 次之 (3.46), JK1102 最低 (-4.83); 在 9.0 万

表 4 不同密度下单株产量方差分析

变异来源	密度(万株/hm ²)		
	6.0	7.5	9.0
组合间	15.6**	17.7**	22.2**
母本间	5.0*	8.4**	4.2*
父本间	4.4**	6.4**	5.8**
母本×父本	9.2**	15.3**	17.4**

注: “*”表示达显著相关水平, “**”表示达极显著相关水平

表5 不同密度下单株产量 GCA 效应

亲本	名称	密度(万株/hm ²)		
		6.0	7.5	9.0
母本	铁 C8605-2	5.29	-0.68	7.61
	JK33	-4.79	-7.53	-19.11
	JK9	-10.81	3.48	1.87
	四-287	-5.68	-1.71	2.51
	S121	7.01	2.35	13.52
	JK17	8.96	3.91	-6.75
	JK1101	9.55	1.50	2.99
	JK1102	3.45	-4.83	-5.57
父本	JK1103	-6.85	3.51	3.95
	JK1104	0.13	-3.52	-4.79
	JK1105	-6.08	3.46	3.54

株/hm²密度下,JK1103最高(3.95),JK1105次之(3.54),JK1102最低(-5.57)。从单株产量 GCA 分析可知,以 JK1101 和吉 JK1102 作亲本在稀植条件下较容易组配出高产组合,以 JK1103 和 JK1105 作亲本在密植条件下较容易组配出高产组合。进而说明同一遗传基础 Iodent 不同株系间 GCA 不同,同一株系在不同密度下 GCA 表现也不同,在相应各密度下具有较高 GCA 的株系具备育种价值。

2.2.2 不同密度下母本各类群自交系单株产量的 GCA 分析

由表 5 可知,在 6.0 万株/hm²密度下,GCA 效应值以 JK17 最高(8.96),S121 次之(7.01),JK9 最低(-10.81);在 7.5 万株/hm²密度下,GCA 值以 JK17 最高(3.91),JK9 次之(3.48),JK33 最低(-7.53);在 9.0 万株/hm²密度下,GCA 值以 S121 最高(13.52),铁 C8605-2 次之(7.61),JK33 最低(-19.11)。

2.2.3 不同密度下单株产量的 GCA 变化趋势

由表 5 可知,Iodent 株系 JK1103 和 JK1105 单株产量 GCA 随密度的增加而增大,而 JK1102 和 JK1104 随密度增加而减小;骨干系四-287 单株产量 GCA 随密度的增加而增大,而 JK17 和 JK33 随密度的增加而减小,其他自交系 GCA 变化无规律。对 3 种密度下 GCA 作相关分析,7.5 万株/hm²和 9.0 万株/hm²密度时 GCA 相关系数为 0.68(大于 0.60),呈显著正相关。

2.2.4 不同密度下单株产量的 SCA 表现

由表 6 可知,杂交组合 S121×JK1101、JK33×JK1102 在 6.0 万、7.5 万、9.0 万株/hm²密度下的 SCA 效应均为正值,分别为 9.84、8.72、22.68、6.33、1.49 和 19.15,其中 S121×JK1101 在 9.0 万株/hm²密度下的 SCA 效应值为 30 个组合中的最高值。在 6.0 万株/hm²密度下的 SCA 效应值最高的为组合 JK17×JK1105(12.04),但在 7.5 万株/hm²和 9.0 万株/hm²密度下 SCA 均为负值,分别为-5.86 和-5.44;在 7.5 万株/hm²密度下的 SCA 效应值最高的为组合 JK17×JK1103(15.63),但在 6.0 万株/hm²和 9.0 万株/hm²密度下 SCA 均为负值,分别为-4.33 和-8.73;组合 S121×JK1102 在 6.0 万株/hm²(11.11)和 7.5 万株/hm²(9.25)密度下的 SCA 效应值均较高,但在 9.0 万株/hm²密度下较低(-14.41);JK9×JK1105 在 6.0 万株/hm²密度下 SCA 较低(-7.23),但在 7.5 万株/hm²和 9.0 万株/hm²密度时 SCA 较高,分别为 12.58 和 17.67;S121×JK1105、S121×JK1103、铁 C8605-2×JK1103、JK9×JK1101、JK33×JK1105 的 SCA 效应在 3 种密度下均为负值。综上所述,不同 Iodent 种质株系的 SCA 存在较大差异,同一株系在不同密度下 SCA 也表现出较大差异,同一组合 SCA 效应增减与密度增减变化的方向不一致。

表6 不同密度下单株产量的 SCA 效应

%

组合	杂种优势		
	6.0 万株/hm ²	7.5 万株/hm ²	9.0 万株/hm ²
四-287×JK1101	7.13	6.57	-0.18
四-287×JK1103	9.91	-4.13	5.09
四-287×JK1104	-8.56	-16.19	-10.67
四-287×JK1102	-4.48	-1.51	-4.25
四-287×JK1105	-4.09	15.13	9.87
铁 C8605-2×JK1101	-4.63	1.66	6.24
铁 C8605-2×JK1103	-2.92	-8.37	-1.85
铁 C8605-2×JK1104	9.70	-0.94	-1.46
铁 C8605-2×JK1102	-2.16	0.89	-7.67
铁 C8605-2×JK1105	-0.38	6.89	4.60
JK17×JK1101	2.09	-12.08	-7.28

续表 6

组合	杂种优势		
	6.0 万株/hm ²	7.5 万株/hm ²	9.0 万株/hm ²
JK17×JK1103	-4.33	15.63	-8.73
JK17×JK1104	-7.52	1.29	-0.79
JK17×JK1102	-2.39	1.13	21.84
JK17×JK1105	12.04	-5.86	-5.44
JK33×JK1101	-14.05	1.40	-11.03
JK33×JK1103	5.61	3.56	-5.58
JK33×JK1104	2.42	-4.57	19.14
JK33×JK1102	6.33	1.49	19.15
JK33×JK1105	-0.17	-1.76	-21.78
S121×JK1101	9.84	8.72	22.68
S121×JK1103	-18.41	-2.19	-6.86
S121×JK1104	-1.93	11.29	3.38
S121×JK1102	11.11	9.25	-14.41
S121×JK1105	-0.72	-26.96	-4.91
JK9×JK1101	-0.32	-6.07	-10.67
JK9×JK1103	10.18	-4.78	17.68
JK9×JK1104	5.89	9.11	-9.88
JK9×JK1102	-8.67	-10.99	-14.91
JK9×JK1105	-7.23	12.58	17.67

3 讨 论

本研究中,3种不同密度条件下单株产量均表现出较高的杂种优势,这与 Muhammad BasshirAlvi 等^[20]在单一密度下的研究结果相似,单株产量的杂种优势随密度的增加而减小,而实际小区产量是随密度增加而增加,表明杂交种产量提高与单株产量的杂种优势无直接关系,这与 Tsaftaris A S^[21]的研究结果相同。6.0万、7.5万株/hm²密度下 Iodent 种质株系与塘四平头、旅大红骨类群自交系的杂交组合占筛选出的单株产量杂种优势值排名前10位的高杂种优势组合比值为7/10和6/10,表现出强杂种优势,可看作新的杂种优势模式:塘四平头×Iodent、旅大红骨×Iodent。塘四平头和旅大红骨类群是我国育种家独创的两大玉米种质类群,其中塘四平头类群材料具有熟期早、株型紧凑、耐瘠薄的特点^[22],旅大红骨类群材料具有抗性强、适应性好、配合力高的特点^[23]。上述模式在试验密度条件下选育高产杂交种可满足当前我国北方生产需要。但是值得注意的是,在9.0万株/hm²密度下 Iodent 种质株系与改良 Reid 类群组合的杂交组合占筛选出的单株产量杂种优势值排名前10位的高杂种优势组合比值为5/10,说明不可忽视 Iodent 种质株系与改良 Reid 杂优模式,即

改良 Reid×Iodent 杂种优势模式,以该模式进行杂交种组配具有较大利用潜力。

本研究中,Iodent 种质不同株系间的 GCA、四大类群自交系的 GCA、同一 Iodent 株系所配组合的 SCA 在3种密度下表现均不同。对具有相同遗传背景的新选育自交系利用时既要考虑其对密度逆境的响应,也要在鉴定新组配的杂交组合时设置合适的密度选择压力,这样才能客观、准确地鉴评自交系和杂交组合。上述自交系在东北地区玉米育种中高抗多种病害、广适性强、广谱配合力高,育种价值高。本试验中上述自交系在不同密度下 GCA 表现差异较大,表明不同优势类群的自交系在不同密度下配合力表现不同,对选育耐密型或稀植型杂交种的遗传响应不同。其中 Iodent 株系 JK1101 和 JK1102 在稀植条件下对选育高产杂交种有正向作用,而 JK1103 和 JK1105 在密植条件下对选育高产杂交种有正向作用,说明外引种质对我国北方玉米育种具有一定价值,对不同株系的利用要考虑其对密度条件的遗传响应。

参考文献:

- [1] 滕文涛,曹靖生,陈彦惠,等.十年来中国玉米杂种优势群及其模式变化的分析[J].中国农业科学,2004(12):1804-1811. (下转第14页)

[7] 邹应斌,李克勤,任泽民.水稻的直播与免耕直播栽培研究进展[J].作物研究,2003(1):52-58.

[8] 王 洋,张祖立,张亚双,等.国内外水稻直播种植发展概况[J].农机化研究,2007(1):48-50.

[9] 董光书.早稻直播轻型高产栽培技术[J].安徽农业科学,2000,28(1):9-12.

[10] 王人豪,罗利敏.水稻直播的生育特点及主要栽培技术[J].浙江农业科学,2002(1):12-13.

[11] 吕和平,范友胜,宛晓萍,等.耐低温早籼稻新品系播期比较试验[J].安徽农业科学,2004,32(4):625-627.

[12] 李 杰,张洪程,董洋阳,等.不同生态区栽培方式对水稻产量、生育期及温光利用的影响[J].中国农业科学,2011,44(13):2661-2672.

[13] 刘元英,吴振雨,彭显龙,等.养分管理对寒地直播稻生长发育及产量的影响[J].东北农业大学学报,2014,45(7):1-8.

[14] 郑洪楨.不同直播栽培方式对水稻生长发育特性及产量形成的影响[D].成都:四川农业大学,2012.

[15] 刘立中,陈再高,刘建华.两优培九直播栽培的表现及配套栽培技术[J].安徽农业科学,2003,31(2):250-251.

[16] 黄示喻,吴洁远,蒋兴龙,等.直播稻的生育特点和增产因素分析[J].广西农业科学,2003(5):23-25.

(责任编辑:王 昱)



(上接第6页)

[2] 岳尧海,路 明,张建新,等.玉米DH系规模化筛选、评价技术流程初探[J].东北农业科学,2016,41(2):13-15.

[3] 姜 龙,张 野,李继竹,等.吉林省玉米主推品种杂交模式的耐密性分析[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2014,42(11):39-46,60.

[4] 李继竹,王 贺,尹日成,等.不同种植密度条件下玉米自交系最佳选系的研究[J].华南农业大学学报(自然科学版),2012,33(4):434-437.

[5] 段民孝,赵久然,李云伏,等.高产早熟耐密抗倒伏宜机收玉米新品种‘京农科728’的选育及配套技术研究[J].农学报,2015,5(2):10-14.

[6] 徐晓红,舒坤良,王洪丽,等.吉林省玉米种业现状与发展战略[J].吉林农业科学,2013,38(5):12-14.

[7] 马占林,张建华,李大勇,等.国外Iodent玉米种质WY11对塘四平头群自交系“四287”的改良效果[J].吉林农业大学学报,2016,38(6):663-670.

[8] 邢吉敏,蔡春泉,王维真,等.国外种质×国内种质玉米单交种产量构成性状的遗传分析[J].玉米科学,2005,13(1):55-59.

[9] Vasal S K, Srinivasan G, Beck D L, et al. Heterosis and combining ability of CIMMYT's tropical and temperate early-maturity maize germplasm[J]. Crop Sci., 1992(32): 884-890.

[10] 李继竹,胡 洋,张焕欣,等.美国玉米种质改良系的应用潜力研究[J].吉林农业大学学报,2012,34(1):19-23.

[11] 李 营,韩秀云,王 博,等.玉米自交系穗部性状配合力及遗传参数分析[J].农业科技通讯,2018(11):56-59.

[12] 闫海霞,柳家友,付家锋,等.10个自选玉米自交系的穗部性状配合力及遗传参数分析[J].山东农业科学,2018,50(10):30-32.

[13] 进茜宁,付志远,丁 冬,等.玉米杂交种先玉335及其亲本种子萌发过程中胚芽蛋白质组学分析[J].作物学报,2011,37(9):1689-1694.

[14] 刘日尊,赵文媛.5份美国先锋玉米种质资源的配合力分析[J].辽宁农业科学,2013(2):9-12.

[15] 陈中赫,刘敬娟,贾德涛.自交系铁C8605-2在我国玉米育种中的地位和作用[J].安徽农业科学,2008,36(15):6244-6246.

[16] 孙 琦,李文才,张发军,等.2001~2012年国审玉米品种亲本自交系系谱来源分析[J].玉米科学,2014,22(6):6-11,15.

[17] 金明华,李继竹,于 铁,等.不同密度条件玉米株系间的杂种优势及配合力研究[J].华南农业大学学报,2009,30(2):1-5.

[18] 刘来福,毛盛贤,黄远樟.作物数量遗传[M].北京:农业出版社,1984:206-250.

[19] 刘文国,李春雷,刘宏伟,等.吉林省不同时期骨干玉米黄改系主要性状配合力分析[J].东北农业大学学报,2016,47(1):9-14.

[20] Muhammad Bashir Alvi, Muhammad Rafique, Muhammad Shafiq, et al. Hybrid vigour of some quantitative characters in maize(*Zea mays* L.)[J].Pakistan Journal of Biological Sciences, 2003, 6(2): 139-141.

[21] Tsaftaris A S, Kafka M. Mechanisms of heterosis in crop plants [J]. Journal of Crop Production, 1997, 1(1): 95-111.

[22] 高 翔,曹绍书,罗仕文,等.浅谈塘四平头杂优群选系及其改良系在中国玉米育种和生产中的作用[J].玉米科学,2005,13(增刊):20-22,25.

[23] 宁家林,高洪敏,曲 岗,等.旅大红骨种群在我国玉米育种与生产中的利用[J].杂粮作物,2002,22(2):63-65.

(责任编辑:刘洪霞)