

网络出版时间:2014-10-16 12:44

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.11.073

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.11.073.html>

吉林省玉米主推品种杂交模式的耐密性分析

姜 龙, 张 野, 李继竹, 南 楠, 慈佳宾, 孙贵星, 杨伟光

(吉林农业大学 农学院, 吉林 长春 130118)

[摘 要] **【目的】**分析吉林省 4 个主推的具有不同杂种优势模式的玉米品种和 4 个自选品种的耐密性。**【方法】**在 3.0, 4.5, 6.0, 7.5, 9.0, 11.0 和 13.0 万株/hm² 密度下, 选用吉林省玉米生产中的主推品种先玉 335、郑单 958、农华 101、利民 33 和组配的 JNY688、JNY988、JNY558、JNY355 为试验材料, 采用裂区试验, 以密度为主区、品种为副区, 研究不同杂交模式下玉米杂交种的耐密性。**【结果】**4 个主推品种耐密性顺序为利民 33>郑单 958>农华 101>先玉 335; 4 个改良品种的耐密性顺序为 JNY355>JNY668>JNY988>JNY558; 不同杂交模式的耐密性顺序为改良 Reid×外杂选>改良 Reid×塘四平头>改良 Reid×Lancaster>美杂选×旅大红骨模式。**【结论】**JNY355、JNY668 和 JNY988 是改良比较成功的杂交种, JNY558 具有耐密植潜力, 但仍需继续改良。

[关键词] 玉米; 杂交模式; 种植密度

[中图分类号] S513.032

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2014)11-0039-08

Density-tolerance of mainly popularized maize varieties with different heterotic patterns in Jilin Province

JIANG Long, ZHANG Ye, LI Ji-zhu, NAN Nan,

CI Jia-bin, SUN Gui-xing, YANG Wei-guang

(Agronomy College, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118, China)

Abstract: **【Objective】** Density-tolerances of four mainly popularized maize varieties in Jilin Province and four customized varieties with different planting densities were studied. **【Method】** Mainly popularized maize varieties (XY335, ZD958, NH101, and LM33) in Jilin Province and four hybrids (JNY688, JNY988, and JNY558, JNY335) were planted with different densities (3.0, 4.5, 6.0, 7.5, 9.0, 11.0, and 13.0) × 10⁴ plants/hm². The split-plot experimental design was used. Density-based districts were treated as main districts, and variety-based districts were treated as deputy districts to study the density-tolerance with different heterotic patterns. **【Result】** The density-tolerances of mainly popularized varieties were in a decreasing order of LM33>ZD958>NH101>XY335, while that of customized varieties were in a decreasing order of JNY355>JNY668>JNY988>JNY558. The density-tolerances of different heterotic patterns were in a decreasing order of Improved Reid×Abroad-hybrid>Improved Reid×Tang4pingtong>Improved Reid×Lancaster>the USA-hybrid×Luda Red Cob. **【Conclusion】** JNY355, JNY668 and JNY988 were successfully improved hybrids, and JNY558 had high density-tolerance potential. However, improvement is still needed.

Key words: maize; heterotic pattern; planting density

早在 1990 年, 李竞雄^[1]先生就提出了密植育种 法的概念, 明确指出了密植育种的必要性。2008

[收稿日期] 2014-09-16

[基金项目] 国家“863”项目(2011AA10A103); 国家科技计划项目(2011BAD35B01); 农业部“948”项目(2011-G1-21)

[作者简介] 姜 龙(1988—), 男, 吉林农安人, 在读博士, 主要从事玉米遗传育种研究。E-mail: jianglong335@sina.com

[通信作者] 杨伟光(1960—), 男, 吉林梨树人, 博士, 教授, 主要从事玉米遗传育种研究。E-mail: yangweig789@126.com

年,张世煌等^[2]认为,中国玉米育种研究进展缓慢的一个重要原因,是长期忽视了在高密度和其他逆境条件下选育自交系和鉴定杂交组合。近年来,国内玉米育种工作者在玉米耐密、抗逆育种方面做了大量研究,育种技术得到了发展与应用^[3-5]。未来玉米生产全程机械化程度会进一步增加,要求杂交种综合性状优良,即单株产量适宜、生育期早、耐密性好、抗倒性强等^[6]。因此,持续提高玉米杂交种耐密性和抗逆性已成为我国玉米育种的首要任务。本试验选用吉林省玉米生产中主要杂种优势模式的代表品种为试验材料,在 7 种密度环境条件下,对杂交种及其组配模式的耐密性进行研究,以期为玉米耐密植

品种的选育提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验所用玉米材料由吉林农业大学作物遗传育种教研室提供。2011 年在吉林农业大学育种基地组配 JNY668、JNY988、JNY558 和 JNY355 等 4 个杂交种,2012 年用组配的 4 个强优势杂交种以及先玉 335 (XY335)、郑单 958 (ZD958)、农华 101 (NH101)和利民 33(LM33)等 4 个吉林省主推品种进行密度试验,按照品种杂种优势模式分成 4 组,分组及品种名称见表 1。

表 1 供试玉米品种名称及分组

Table 1 Names and groups of maize varieties

组号 Serial number	品种 Variety	血缘 Consanguinity	杂种优势模式 Heterotic pattern
1	先玉 335 XY335 JNY668	PH6WC×PH4CV J1492×J1395	改良 Reid×Lancaster Improved Reid×Lancaster
2	郑单 958 ZD958 JNY988	郑 58×昌 7-2 Zheng 58×Chang 7-2 J1255×J1986	改良 Reid×塘四平头 Improved Reid×Tang4 pingtou
3	农华 101 NH101 JNY558	NH60×S121 J1207×J1658	美杂选×旅大红骨 USA-hybrid×Luda Red Cob
4	利民 33 LM33 JNY355	L201×L269 J1155×J1465	改良 Reid×外杂选 Improved Reid×Abroad-hybrid

1.2 试验设计

2012 年在吉林农业大学育种基地、公主岭市范家屯试验地以及长岭县流水镇试验地对 4 组 8 个杂交种在 3. 0, 4. 5, 6. 0, 7. 5, 9. 0, 11. 0, 13. 0 万株/hm²密度下进行裂区试验^[7]。密度为主区、品种为副区,3 次重复,3 行区,行长 10 m,行距 0. 65 m,田间管理同大田。于玉米成熟时,在小区中间一行中部连续选 10 株,测定株高、穗位、茎粗、倒伏率和空秆率,收获对果穗进行室内考种。由于受台风布拉万的影响,吉林农业大学育种基地和公主岭试验点玉米倒伏,全部报废,因此仅分析长岭试验点数据。

1.3 统计方法

试验原始数据先在 Excel 软件中进行处理,再

用 DPS^[8] 软件进行分析。由苏方宏^[9]提出的耐密公式计算各杂交种的耐密系数(N)。

2 结果分析

2.1 玉米品种主要性状的方差分析及多重比较

玉米产量是多个性状间及性状与外部环境条件互作的最终表现,其中株高、穗位、茎粗、倒伏率、空秆率、籽粒长、穗长、秃尖长、单株产量和群体产量是玉米产量的主要构成因素,密度对这些性状均有一定程度的影响^[10-11]。在不同的密度下,对 8 个玉米杂交种的 10 个主要性状进行方差分析,结果见表 2。

表 2 不同密度下 8 个玉米杂交种主要性状的方差分析

Table 2 Variance analysis for main traits of eight maize hybrids with different densities

变异来源 Source of variation	性状 Traits									
	群体产量 Population yield	单株产量 Per plant yield	倒伏率 Lodging rate	空秆率 Empty pole rate	株高 Plant height	茎粗 Stem width	穗位 Ear height	籽粒长 Kernel length	穗长 Ear length	秃尖长 Bald tip length
密度 Density	3 111.72 **	18 953.97 **	172.57 **	1 052.24 **	999.07 **	120.01 **	147.29 **	79.142 **	764.19 **	238.77 **
品种 Variety	347.89 **	141.37 **	48.57 **	1 249.79 **	996.02 **	45.69 **	795.84 **	12.77 **	25.09 **	153.24 **
密度×品种 Density×Variety	102.67 **	88.31 **	8.69 **	342.81 **	119.93 **	8.16 **	21.75 **	5.11 **	13.99 **	9.27 **

注: * 表示达显著相关水平; ** 表示达极显著相关水平。
Note: * means significant correlation; ** means extremely significant correlation.

由表 2 可知,10 个性状在密度、品种、密度×品种互作的效应间差异均达到极显著水平,表明密度和品种对这 10 个性状的影响真实存在。对存在真实差异的性状进行多重比较,结果见表 3。表 3 表

明,群体产量、单株产量、籽粒长均以 JNY668 最高,茎粗以先玉 335 最大,穗长以 JNY558 最大,倒伏率和空秆率以 JNY355 最低,秃尖长则以郑单 958 最小,株高以郑单 958 最小,穗位以利民 33 最小。

表 3 不同密度主处理和玉米杂交种副处理的极值(n=3)

Table 3 Analysis of mean and extreme values for primary treatments of different densities and secondary treatments of maize hybrids (n=3)

处理 Treatment	群体产量/(kg·hm ⁻²) Population yield		单株产量/g Per plant yield		倒伏率/% Lodging rate		空秆率/% Empty pole rate		株高/cm Plant height	
	极大值 Maxima	极小值 Minima	极大值 Maxima	极小值 Minima	极大值 Maxima	极小值 Minima	极大值 Maxima	极小值 Minima	极大值 Maxima	极小值 Minima
	极大值 Maxima	极小值 Minima	极大值 Maxima	极小值 Minima	极大值 Maxima	极小值 Minima	极大值 Maxima	极小值 Minima	极大值 Maxima	极小值 Minima
主处理 Primary treatment	13138.43 (13.0)	5173.03 (3.0)	299.13 (13.0)	59.74 (3.0)	2.83 (13.0)	0 (3.0)	15.08 (13.0)	0.04 (3.0)	340.71 (13.0)	196.52 (3.0)
副处理 Secondary treatment	11516.12 (JNY668)	8360.91 (JNY558)	193.43 (JNY668)	159.45 (JNY988)	3.89 (XY335)	0 (JNY355)	21.33 (JNY558)	0.05 (JNY355)	340.71 (JNY558)	301.14 (ZD958)

处理 Treatment	茎粗/cm Stem width		穗位/cm Ear height		籽粒长/cm Kernel length		穗长/cm Ear length		秃尖长/cm Bald tip length	
	极大值 Maxima	极小值 Minima	极大值 Maxima	极小值 Minima	极大值 Maxima	极小值 Minima	极大值 Maxima	极小值 Minima	极大值 Maxima	极小值 Minima
	极大值 Maxima	极小值 Minima	极大值 Maxima	极小值 Minima	极大值 Maxima	极小值 Minima	极大值 Maxima	极小值 Minima	极大值 Maxima	极小值 Minima
主处理 Primary treatment	2.88 (13.0)	1.74 (3.0)	143.43 (13.0)	121.51 (3.0)	1.25 (13.0)	0.95 (3.0)	21.25 (13.0)	11.52 (3.0)	2.63 (13.0)	0.34 (3.0)
副处理 Secondary treatment	2.47 (XY335)	2.17 (LM33)	156.13 (JNY558)	105.52 (LM33)	1.22 (JNY668)	1.07 (JNY355)	18.53 (JNY558)	16.33 (NH101)	2.21 (JNY558)	0.81 (ZD958)

注:括号内数据表示主、副处理下的密度(万株/hm²)和品种。
Note:contents in“()” mean primary treatments of different densities (10⁴ plant/hm²) and secondary treatment of maize hybrids.

2.2 杂种优势模式的耐密性及改良品种的评价

在多重比较分析的基础上,对吉林省主推品种和改良的杂交种按照优良的性状进行作图,并以此进行不同杂种优势模式的耐密性分析,进而对改良品种进行评价。基于多重比较分析的结果,不同杂种优势模式下杂交种所表现的优良性状不同,故作图分析的指标也不同。

2.2.1 改良 Reid×Lancaster 杂种优势模式的耐密性分析 JNY668 与 XY335 的杂种优势模式均为改良 Reid×Lancaster。对改良 Reid×Lancaster 杂种优势模式的玉米品种及改良杂交种的群体产量、单株产量、茎粗、籽粒长、倒伏率和空秆率等性状进行分析,结果如图 1 所示。由图 1 可知,改良 JNY668 与 XY335 的群体产量均在 6.0 万株/hm² 密度下表现最高,7.5 万株/hm² 密度下次之,产量变化趋势基本相同,各密度下 JNY668 群体产量均高于 XY335;2 个杂交种的单株产量、茎粗和籽粒长均随密度的增大呈下降趋势;在密度大于 6 万株/hm² 时,XY335 和 JNY668 倒伏率均有增大趋势,且 XY335 倒伏率在高密度下均大于 JNY668;在密度大于 7.5 万株/hm² 时,XY335 的空秆率逐渐增加,JNY668 空秆率有增加趋势但不明显,XY335 空秆率在高密度下均大于 JNY668。XY335 和

JNY668 的耐密系数分别为 4.09 和 4.57。综上所述,JNY668 和 XY335 耐密性较好。

2.2.2 改良 Reid×塘四平头杂种优势模式的耐密性分析 JNY988 与 ZD958 的组配模式均为改良 Reid×塘四平头。对改良 Reid×塘四平头杂种优势模式的品种及改良杂交种的群体产量、单株产量、株高、秃尖长、倒伏率和空秆率 6 个性状进行分析,结果如图 2 所示。由图 2 可知,JNY988 在 6 万株/hm² 密度下群体产量最高,而 ZD958 则在 7.5 万株/hm² 密度下群体产量最高,各密度下 ZD958 的群体产量均大于 JNY988;ZD958 和 JNY988 的单株产量均随密度的增加而呈下降趋势,二者秃尖长均随密度的增加而呈增大趋势;JNY988 在种植密度达到 6 万株/hm² 和 ZD958 在种植密度达到 7.5 万株/hm² 时均出现倒伏;JNY988 在 7.5 万株/hm² 以上时,空秆率明显增加,而 ZD958 在 11 万株/hm² 以上时,空秆率出现增加趋势;ZD958 的株高随着种植密度的增加而呈增加趋势,JNY988 在 7.5 万株/hm² 以上时,株高明显增加。ZD958 和 JNY988 的耐密系数分别为 6.86 和 4.38。综上所述,ZD958 耐密性较强,JNY988 具有一定的耐密潜力。

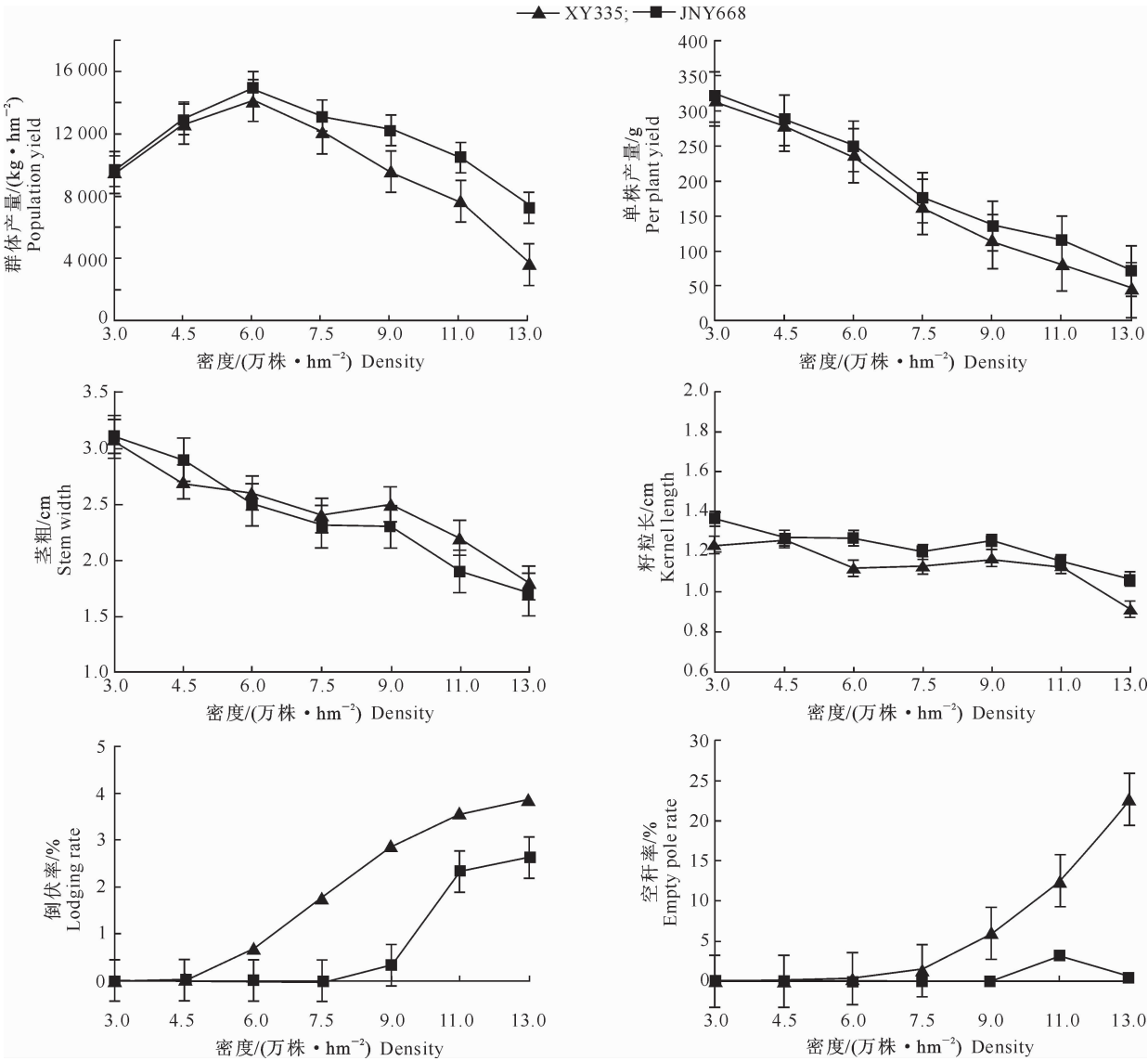


图 1 改良 Reid $\times$ Lancaster 杂种优势模式下不同密度玉米杂交种的性状表现

Fig. 1 Traits of maize hybrids with different densities under heterotic pattern of Improved Reid $\times$ Lancaster

2.2.3 美杂选 $\times$ 旅大红骨杂种优势模式的耐密性分析 JNY558 和 NH101 组配模式均为美杂选 $\times$ 旅大红骨。对美杂选 $\times$ 旅大红骨杂种优势模式的品种及改良杂交种的群体产量、单株产量、穗长和倒伏率进行分析,结果如图 3 所示。由图 3 可以看出, NH101 的群体产量在 7.5 万株/hm² 密度下最高, 6.0 万株/hm² 次之,而 JNY558 在 4.5 万株/hm² 密度下群体产量最高;在密度小于 6.0 万株/hm² 时, JNY558 单株产量大于 NH101,在密度大于 6.0 万株/hm² 时, NH101 的单株产量大于 JNY558;在密度小于 9.0 万株/hm² 时, JNY558 的穗长均大于 NH101,在密度大于 9.0 万株/hm² 时, 2 个杂交品种穗长的下降趋势基本相同; 2 个品种在密度为 7.5 万株/hm² 时均开始出现少量倒伏,随着种植密度的

继续增加, JNY558 倒伏率增加,而 NH101 虽有增加趋势,但在密度为 13.0 万株/hm² 时倒伏率下降。 NH101 和 JNY558 的耐密系数分别为 4.88 和 3.93。综上所述, NH101 的耐密性较好, JNY558 的耐密性相对较差。

2.2.4 改良 Reid $\times$ 外杂选杂种优势模式的耐密性分析 JNY355 与 LM33 杂种优势模式均为改良 Reid $\times$ 外杂选系。对改良 Reid $\times$ 外杂选杂种优势模式的品种及改良杂交种的群体产量、单株产量、穗位、倒伏率和空秆率 5 个性状进行分析,结果见图 4 和图 5。由图 4 和图 5 可知, JNY355 和 LM33 在密度 9 万株/hm² 时群体产量最高, 2 个品种群体产量的变化趋势基本一致; JNY355 与 LM33 的单株产量均随种植密度的增加而呈下降趋势; LM33 的穗

位在各种种植密度下均低于 JNY355;在密度小于 11.0 万株/hm² 时,JNY355 和 LM33 均无空秆,但密度大于 11.0 万株/hm² 时二者空秆率均呈增加趋势;LM33 在密度为 7.5 万株/hm² 时出现少量倒

伏,且随着密度的继续增大倒伏率呈增加趋势,JNY355 在各种密度下基本无倒伏现象。LM33 和 JNY355 的耐密系数分别为 8.93 和 6.04。综上所述,LM33 和 JNY355 均具有很好的耐密性。

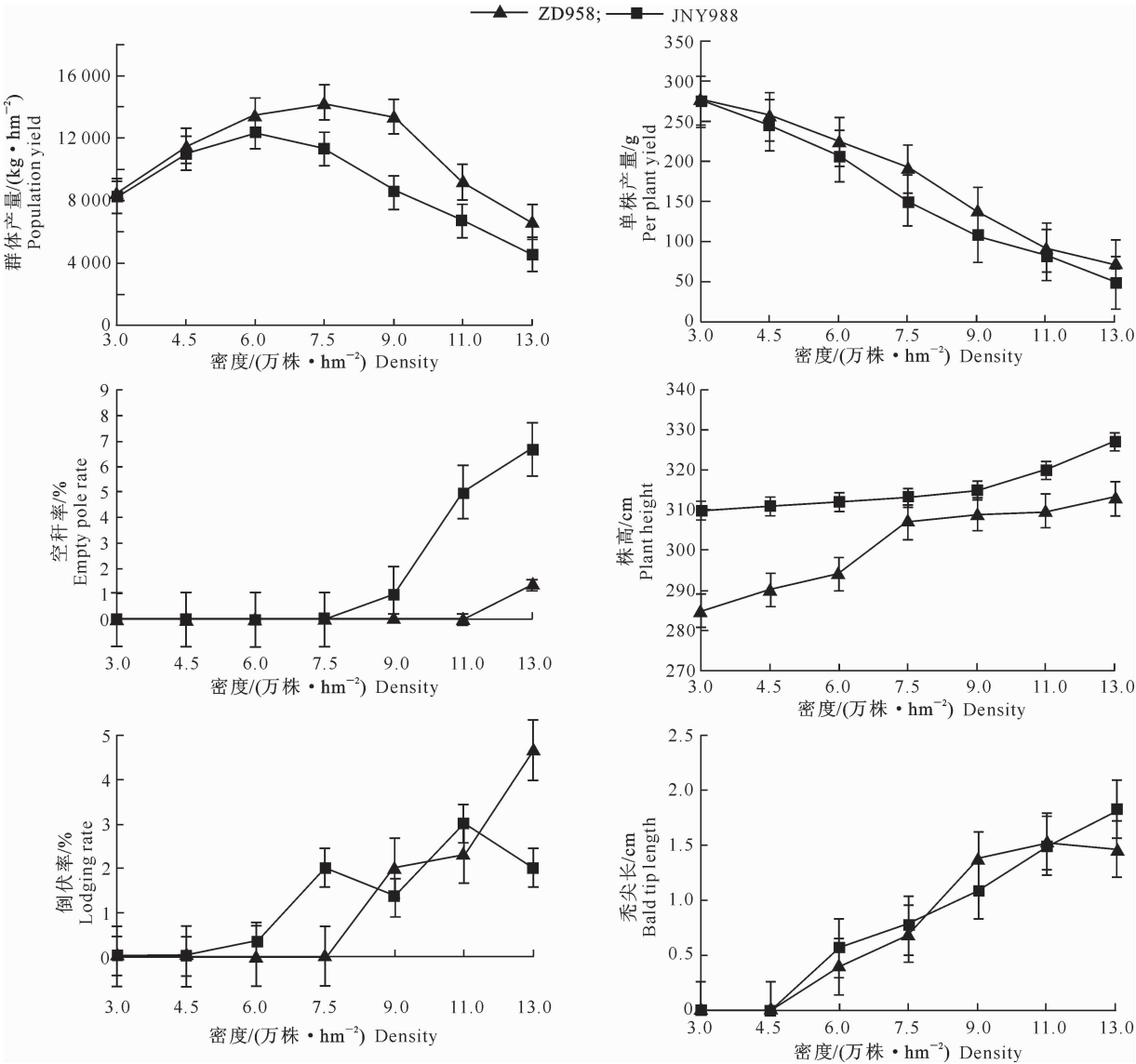


图 2 改良 Reid×塘四平头杂种优势模式不同密度下玉米杂交种的性状表现

Fig. 2 Traits of maize hybrids with different densities under heterotic pattern of Improved Reid×Tang4 pingtou

2.2.5 吉林省 4 个主要模式杂交种的耐密产量比较 从图 6 可以看出,XY335 和 NH101 的最高群体产量出现在 6.0 万株/hm²,ZD958 的最高群体产量出现在 7.5 万株/hm²,LM33 的最高群体产量出现在 9.0 万株/hm²。各品种群体产量高低顺序为 ZD958>XY335>LM33>NH101,杂交种耐密性顺序为 LM33(N 为 8.93)>ZD958(N 为 6.86)>NH101(N 为 4.88)>XY335(N 为 4.09)。

进一步对 8 个杂交种群体产量和密度试验数据

进行回归分析,得出二者的关系曲线,拟合度最好的为二次曲线,其回归方程见表 4。从回归方程可以看出,8 个杂交种产量与密度均呈二次抛物线的关系,抛物线的开口向下,说明每一个杂交种都有一个最佳种植密度和此密度下的最大产量。经过计算,XY335、ZD958、NH101、LM33、JNY668、JNY988、JNY558 和 JNY355 的理论最佳密度分别为:4.22, 7.53, 7.17, 7.71, 7.10, 6.37, 3.06 和 7.54 万株/hm²。

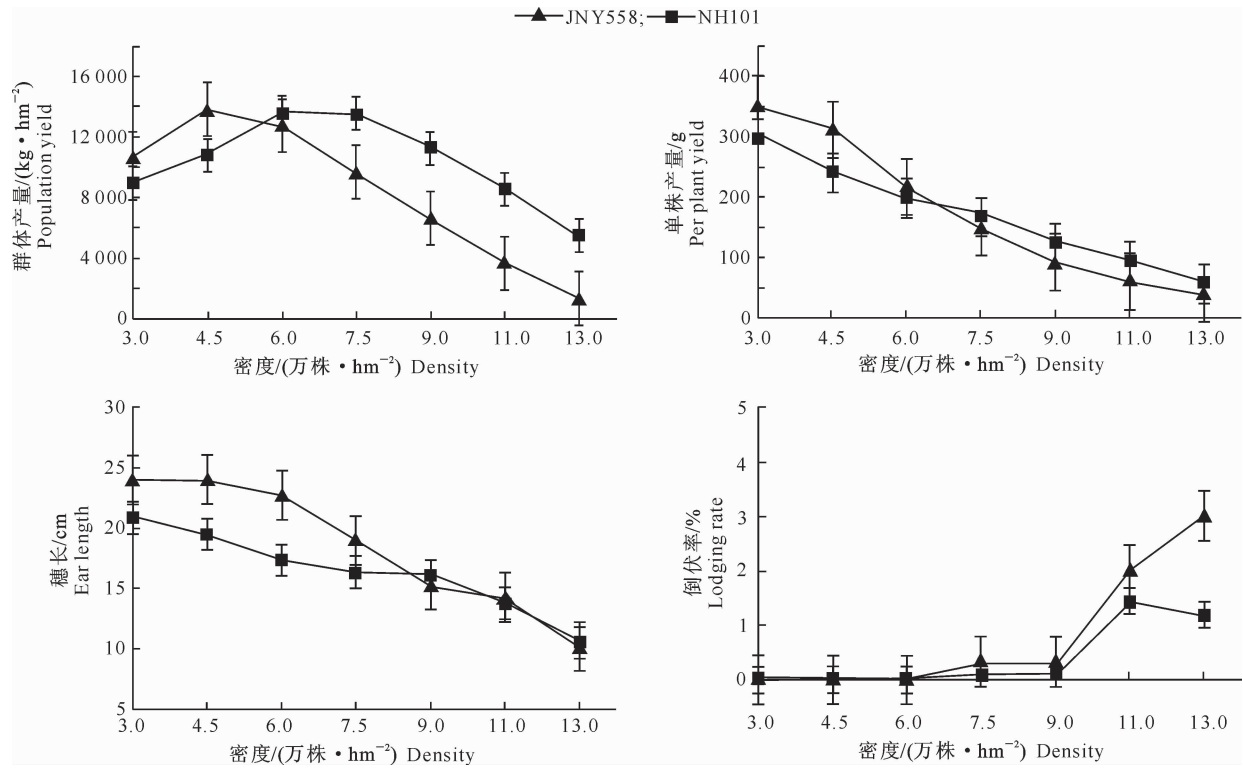


图 3 美杂选×旅大红骨杂种优势模式下不同密度玉米杂交种的性状表现

Fig. 3 Traits of maize hybrids with different densities under heterotic pattern of USA-hybrid×Luda Red Cob

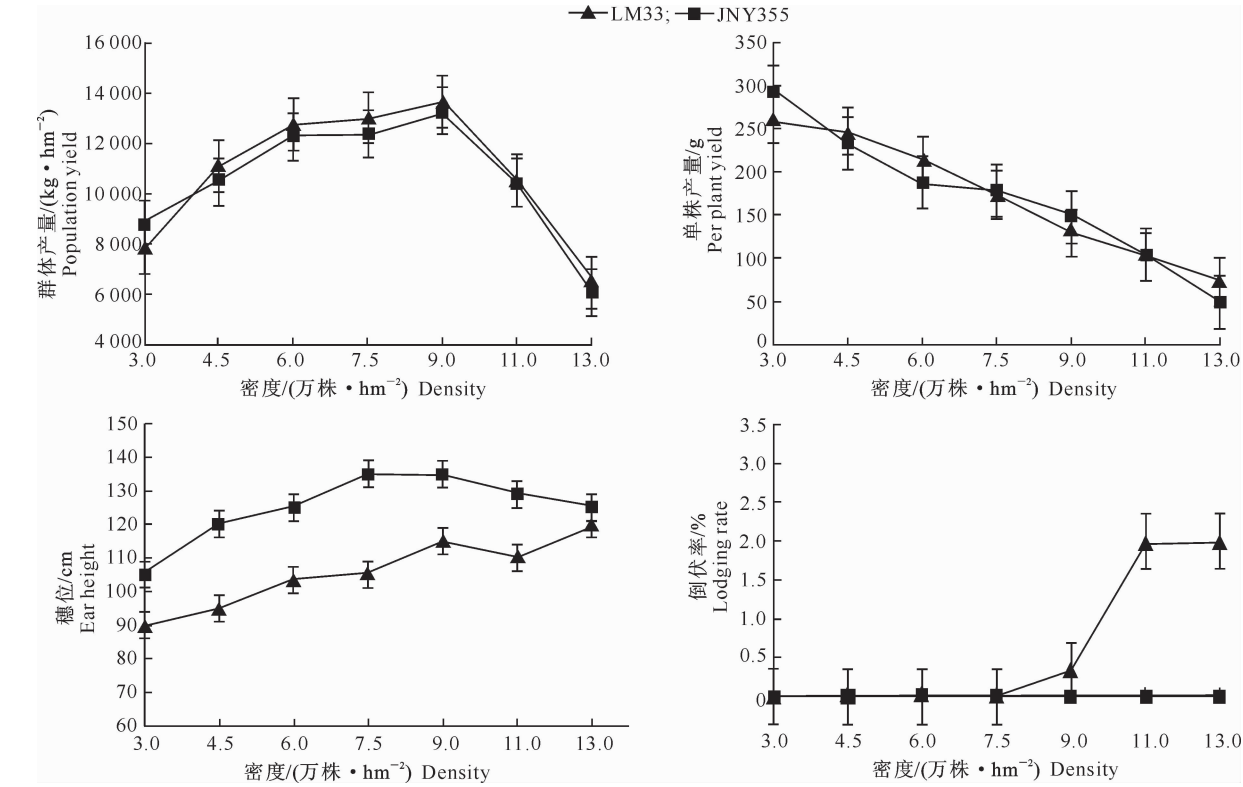


图 4 改良 Reid×外杂选杂种优势模式下不同密度玉米杂交种的群体产量、单株产量、穗位和倒伏率

Fig. 4 Traits of maize hybrids (population yield, per plant yield, ear height, lodging rate) with different densities under heterotic pattern of Improved Reid×Abroad-hybrid

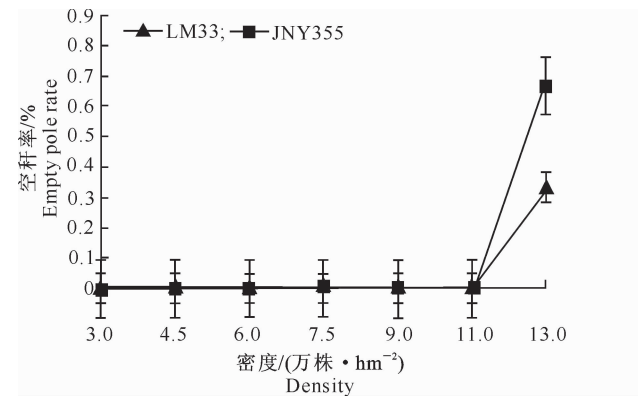


图 5 改良 Reid×外杂选杂种优势模式下
不同密度玉米杂交种的空秆率

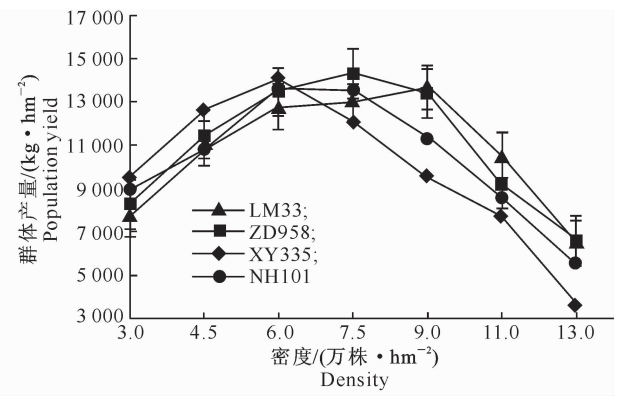


图 6 吉林省 4 个主要模式玉米杂交种
在不同密度下的群体产量比较

Fig. 5 Traits of maize hybrids (Empty pole rate) with
different densities under heterotic pattern of
Improved Reid×Abroad-hybrid

Fig. 6 Population yields of four main heterotic patterns of
hybrids with different densities in Jilin Province

表 4 8 个玉米杂交种群体产量与密度的回归方程
Table 4 Regression equations of population yields and densities of 8 hybrids

杂交种 Hybrids	回归方程 Regression equation	相关系数 Correlation coefficient
先玉 335 XY335	$y = -0.000\ 003\ 125x^2 + 0.253\ 7x + 4\ 721.12$	0.92
郑单 958 ZD958	$y = -0.000\ 002\ 598x^2 + 0.389\ 5x - 806.23$	0.94
农华 101 NH101	$y = -0.000\ 002\ 267\ x^2 + 0.321\ 2x - 1\ 483.13$	0.93
利民 33 LM33	$y = -0.000\ 002\ 536\ x^2 + 0.391\ 1x - 1\ 560.12$	0.98
JNY668	$y = -0.000\ 002\ 125\ x^2 + 0.284\ 1x + 3\ 667.31$	0.89
JNY988	$y = -0.000\ 001\ 665\ x^2 + 0.212\ 1x + 4\ 314.15$	0.86
JNY558	$y = -0.000\ 001\ 213\ x^2 + 0.074\ 1x + 11\ 165.17$	0.90
JNY355	$y = -0.000\ 002\ 216\ x^2 + 0.334\ 2x + 339.94$	0.96

注: y 表示群体产量; x 表示密度。
Note: y means population yield; x means density.

3 结论与讨论

先玉 335 (PH6WC × PH4CV) 和 JNY668 (J1492×J1395)是改良 Reid×Lancaster 模式的代表杂交种。本试验中先玉 335 在 6 万株/hm² 密度下的群体产量最高(14 103. 57 kg/hm²),密度继续增加其空秆率和倒伏率增加,先玉 335 耐密性中等(N 为 4. 09)。JNY668 的群体产量在 6 万株/hm² 密度下最高(14 988. 25 kg/hm²),产量超过先玉 335,JNY668 在高密度下空秆率较低,而先玉 335 空秆率较高。PH6WC 是国外 Reid 群骨干系,其突出优点是抗旱性强,缺点是易倒伏;PH4CV 是国外 Lancaster 群骨干系,其突出优点是耐密性好,缺点是易倒伏^[12]。PH6WC 和 PH4CV 未能实现耐密优势性状互补。J1492 和 J1359 分别是 Reid 血缘和 Lancaster 血缘中选育的自交系,本研究中 JNY668 (N 为 4. 57)表现出比先玉 335 更高的耐密性。因此 JNY668 的改良比较成功,具有一定的耐密潜力

和增产潜力。
郑单 958(郑 58×昌 7-2)和 JNY988(J1255 × J1986)是国内改良 Reid×塘四平头模式代表的杂交种^[13]。本试验中在 7. 5 万株/hm² 密度下郑单 958 的群体产量最高(14 287. 51 kg/hm²),空秆率和倒伏率低、秃尖短,多数性状随密度的增加变化较缓和,表现出较强的耐密性(N 为 6. 86)。JNY988 在 6. 0 万株/hm² 密度下群体产量最高(12 396. 03 kg/hm²),郑 58 是国内改良 Reid 群骨干系,其突出优点是矮秆、耐密植、抗倒伏;昌 7-2 是国内塘四平头群骨干系,其突出优点是耐密性好,缺点易倒伏^[13-15]。JNY988(N 为 4. 38)耐密性低于郑单 958,高于先玉 335,说明 J1255 还有待改良,JNY988 具有一定的耐密潜力,可以进一步加以改良利用。
农华 101(NH60 × S121)和 JNY558(J1207 × J1658)属于美杂选×旅大红骨模式代表的杂交种。本试验中在 7. 5 万株/hm² 密度下农华 101 的群体产量最高(13 586. 67 kg/hm²),表现出较强的耐密

性(N 为 4.88)。JNY558 在 4.5 万株/ hm^2 密度下群体产量最高(13 852.5 kg/ hm^2),其耐密性(N 为 3.93)不如农华 101。NH60 是美杂选系,其突出优点是矮秆、耐密植、抗倒伏;S121 是国内旅大红骨骨干系,突出优点是矮秆,耐密性好,抗倒性强。NH60 与 S121 实现了耐密性状互补,J1658 是 S121 的改良系,主要是改良 S121 的品质和进一步提高其耐密性,从本试验数据来看,J1658 的改良效果不理想。

利民 33(L201 $\times$ L269)和 JNY355(J1155 $\times$ J1465)属于改良 Reid $\times$ 外杂选模式杂交种。本试验中,在 9.0 万株/ hm^2 密度下利民 33 的群体产量最高(13 646.16 kg/ hm^2),其空秆率和倒伏率低、秃尖短,表现出超强的耐密性(N 为 8.93)。在 9.0 万株/ hm^2 密度下,JNY355 群体产量最高(13 293.17 kg/ hm^2),其他性状与利民 33 相似,抗倒性比利民 33 强,群体产量低于利民 33,具有一定的耐密潜力(N 为 6.04)。L201 是以竖叶 6-3 $\times$ 铁 7922 为基础选育的自交系,L269 以国外杂交种 KX0769 为基础材料自交育成,两个自交系的优点是矮秆、耐密植、抗倒性强。利民 33 组配模式为改良 Reid $\times$ 外杂选,该模式可以充分利用父母本群的耐密基因来组配高度耐密杂交种。而先锋母本 Reid 群和旅大红骨群耐密性差、塘四平头群抗倒伏性差限制了其杂交模式的进一步应用,因此须进行相应的改良^[16]。

改良 Reid $\times$ 塘四平头模式代表杂交种郑单 958 的最佳产量密度为 7.5 万株/ hm^2 ,该模式杂交种空秆率和倒伏率低、秃尖短,表现出较强的耐密性。改良 Reid $\times$ Lancaster 模式代表杂交种先玉 335 的最佳产量密度为 6 万株/ hm^2 ,该模式杂交种空秆率高、倒伏率高,不适宜密植。美杂选 $\times$ 旅大红骨模式代表杂交种农华 101 的最佳产量密度为 7.5 万株/ hm^2 ,该模式杂交种倒伏率低,具有一定的耐密潜力。改良 Reid $\times$ 外杂选模式代表杂交种利民 33 的最佳产量密度为 9 万株/ hm^2 ,该模式杂交种空秆率和倒伏率低、秃尖短,耐密性强^[17]。

[参考文献]

- [1] 李竞雄. 玉米杂种优势研究回顾与展望 [C]//植物遗传育种理论与应用研讨会文集. 北京:科学技术出版社,1990:1-7.
Li J X. Retrospect and prospect of maize heterosis [C]//Symposium of Plant Genetics and Breeding Theory and Application. Beijing: Science Press, 1990: 1-7. (in Chinese)
- [2] 张世煌,徐伟平,李明顺,等. 玉米育种面临的机遇与挑战 [J]. 玉米科学,2008,16(6):1-5.
- [3] 翟广谦,陈永欣,田福海,等. 玉米田间整齐度、单株生产力和群体产量的相关分析 [J]. 玉米科学,1998,6(2):52-55.
Qu G Q, Chen Y X, Tian F H, et al. Analysis on uniformity on yield, single productivity and group production of maize [J]. Journal of Maize Sciences, 1998, 6(2): 52-55. (in Chinese)
- [4] 张志军,刘文国,张建新,等. 吉林省耐密性玉米育种现状及选育途径初探 [J]. 玉米科学,2004,12(2):34-36,41.
Zhang Z J, Liu W G, Zhang J X, et al. Study on density-tolerance status and breeding approaches of maize breeding in Jilin Province [J]. Journal of Maize Sciences, 2004, 12(2): 34-36, 41. (in Chinese)
- [5] 苏前富,晋齐鸣,孟令敏,等. 吉林省玉米审定品种抗性分析及抗逆性育种方向选择 [J]. 玉米科学,2012,20(3):139-141.
Su Q F, Jin Q M, Meng L M, et al. Selection of corn breeding direction in the future and resistance analysis through examination and approval of corn cultivars in Jilin Province [J]. Journal of Maize Sciences, 2012, 20(3): 139-141. (in Chinese)
- [6] 杨伟光. 玉米高产育种研究 [J]. 玉米科学,2006,14(2):10-12,15.
Yang W G. Maize breeding for high yield [J]. Journal of Maize Sciences, 2006, 14(2): 10-12, 15. (in Chinese)
- [7] 盖钧镒. 试验统计方法 [M]. 北京:中国农业出版社,2000.
Gai J Y. Test statistics method [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000. (in Chinese)
- [8] 唐启义,冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统 [M]. 北京:科学技术出版社,2002:304-311.
Tang Q Y, Feng M G. Practical statistical analysis and DPS data processing system [M]. Beijing: Science Technology Press, 2002: 304-311. (in Chinese)
- [9] 苏方宏. 玉米耐密性的数学表达及其应用 [J]. 玉米科学,1998,6(1):52-54,68.
Su F H. Math expressions and utility of maize density-tolerant property [J]. Journal of Maize Sciences, 1998, 6(1): 52-54, 68. (in Chinese)
- [10] Jorge A C, Joseph G L. Plant density and hybrid influence on corn forage yield and quality [J]. Agronomy Journal, 1999, 91(6): 911-915.
- [11] 刘纪麟. 玉米育种学 [M]. 北京:中国农业出版社,2001.
Liu J L. Maize breeding [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2001. (in Chinese)
- [12] 李光发,张淑琴,徐宝峰,等. 先玉 335 玉米品种的改良利用 [J]. 现代农业科技,2010(4):116-117.
Li F G, Zhang S Q, Xu B F, et al. Utility and improvement of Xianyu 335 [J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2010(4): 116-117. (in Chinese)

[12] 杨运英,谭卫萍,余娴陈,等. 一氧化氮对非洲菊的切花保鲜效应 [J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2008,34(3):311-313.
Yang Y Y,Tan W P,Yu X C,et al. Effects of nitric oxide on cut *Gerbera jamesonii* flower [J]. Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences Edition,2008,34(3):311-313. (in Chinese)

[13] 李如亮. 生物化学实验 [M]. 武汉:武汉大学出版社,1998:57-58.
Li R L. Biochemistry experiment [M]. Wuhan:Wuhan University Press,1998:57-58. (in Chinese)

[14] 赵世杰,许长成,邹琦. 植物组织中丙二醛测定方法的改进 [M]. 植物生理学通讯,1994,30(3):207-210.
Zhao S J,Xu C C,Zou Q. Improved method for determination of MDA in plant tissues [M]. Plant Physiology Communication,1994,30(3):207-210. (in Chinese)

[15] 张志良,翟伟菁. 植物生理学实验指导 [M]. 北京:高等教育出版社,2003.
Zhang Z L,Zhai W J. The experimental guide for plant physiology [M]. Beijing: Higher Education Press,2003. (in Chinese)

[16] 惠广静,郑国生,张伟,等. 采前喷钙对芍药切花生理生化的影响 [J]. 西北植物学报,2009,29(6):1246-1251.
Hui G J,Zheng G S,Zhang W,et al. Physiological and biochemical characteristics of cut peony flowers with preharvest spraying calcium [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica,2009,29(6):1246-1251.

[17] 胡绪岚. 切花保鲜技术 [M]. 北京:中国农业出版社,1996.
Hu X L. Preservative technology of cut flowers [M]. Beijing: China Agriculture Press,1996. (in Chinese)

[18] Bailly C,Benamar A,Corbineau F,et al. Changes in malondialdehyde content and in superoxide dismutase, catalase and glutathione reductase activities in sun flower seed as related to deterioration during accelerated aging [J]. Physiol Plant,1996,97:104-110.

[19] Guo C X,Chen L Q,Chen F Z,et al. Comparison of heat tolerance of ten Iris cultivars [C]//International Conference on Green Energy and Environmental Sustainable Development. Research Progress of Green Energy and Sustainable Development. Changchun,Jilin:Jilin University Press,2011:119-127.

(上接第 46 页)

[13] 宋向东,刘文国. 从分析郑单 958 和先玉 335 优缺点看吉林省玉米育种与种子生产方向 [J]. 吉林农业科学,2009,34(4):11-13,20.
Song X D,Liu W G. Finding direction of maize breeding and seed production in Jilin province by analyzing the advantages and disadvantages of ‘Zhengdan 958’ and ‘Xianyu 335’ [J]. Journal of Jilin Agricultural Sciences,2009,34(4):11-13,20. (in Chinese)

[14] 白彩云,李少坤,张厚宝,等. 郑单 958 在东北春玉米区生态适应性研究 [J]. 作物学报,2010,36(2):296-302.
Bai C Y,Li S K,Zhang H B,et al. Ecological adaptability of Zhengdan 958 hybrid in northeast of China [J]. Acta Agronomica Sinica,2010,36(2):296-302. (in Chinese)

[15] 景海玲,梁瑞峰,慕芳,等. 耐密型玉米品种郑单 958 种植密度研究 [J]. 现代农业科技,2013(4):35.
Jing H L,Liang R F,Mu F,et al. Research on planting density of high-density-tolerance maize hybrid Zhengdan 958 [J]. Modern Agricultural Science and Technology,2013(4):35. (in Chinese)

[16] 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.
Li J Z,Hu Y,Zhang H X,et al. Study on potential utilization of improved maize lines of American germplasm [J]. Journal of Jilin Agricultural University,2012,34(1):19-23. (in Chinese)

[17] 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.
Li J Z,Wang H,Yin R C,et al. The best maize inbred lines selected under the different density conditions [J]. Journal of South China Agricultural University: Nat Sci Ed,2012,33(4):434-437. (in Chinese)