

不同种植密度条件下玉米自交系最佳选系的研究

李继竹¹, 王贺¹, 尹日成², 任雪娇¹, 胡洋¹, 杨伟光¹

(1 吉林农业大学农学院, 吉林 长春 130118; 2 延边州种子管理站, 吉林 延吉 133001)

摘要:以 PH4CV × 昌 7-2 为基础材料, 在种植密度分别为 6×10^4 、 9×10^4 、 1.2×10^5 和 1.5×10^5 株/hm² 的选择压力下选系, 于 F4 代分别选出 5 个代表系与 4 个骨干自交系构成 NCII 设计, 对其产量表现、一般配合力和特殊配合力进行分析。结果表明: 在 1.2×10^5 株/hm² 密度下选择的 5 个自交系其一般配合力均为正值, 最高值 12F-3 为 12.74, 特殊配合力最高值的组合亲本也来源于 1.2×10^5 株/hm² 密度下选择的自交系, 并且该密度下选育的自交系能组配出产量高于对照品种数量最多的组合, 其中小区产量最高的组合 PH6WC × 12F-5 为 15.57 kg。在 4 种选系种植密度中, 1.2×10^4 株/hm² 为基础选系材料 PH4CV × 昌 7-2 选系的最佳种植密度。

关键词:玉米; 密度; 自交系; 配合力

中图分类号: S330

文献标志码: A

文章编号: 1001-411X(2012)04-0434-04

The Best Maize Inbred Lines Selected Under the Different Density Conditions

LI Ji-zhu¹, WANG He¹, YIN Ri-cheng², REN Xue-jiao¹, HU Yang¹, YANG Wei-guang¹

(1 College of Agronomy, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China;

2 Yanbian Station Seed Administration, Yanji 133001, China)

Abstract: Taking PH4CV × chang7-2 as the basic material, inbred lines were selected under the selective pressure of 6×10^4 , 9×10^4 , 1.2×10^5 and 1.5×10^5 plants/hm². The NC II design was composed of 4 backbone inbred lines and 5 representative lines which were selected from the F4 generation, and the yield performance, GCA and SCA were analyzed. The results indicated that GCA of 5 inbred lines selected under the 1.2×10^5 plants/hm² were all positive, and the highest value 12F-3 was 12.74, the parents who had the highest value of SCA also came from the inbred lines under the selective density of 1.2×10^5 plants/hm². Meanwhile, the yield of the combination which derived from that density was much higher than the best of CK, and the highest grain yield per plot was 15.57 kg from PH6WC × 12F-5. The 1.2×10^5 plants/hm² was considered the best density for PH4CV × Chang7-2 combination among the 4 selective densities.

Key words: maize; density; inbred line; combining ability

玉米高产是一个永恒的话题, 有研究认为, 产量就是抗逆性, 高密度筛选法是玉米抗逆性育种的一个突破口, 且玉米产量的不断提高与双亲平均产量的不断提高相一致^[1-3], 选育出优良的自交系是组配高产杂交种的关键。玉米育种经验认为, 育种的原始材料要好, 基础群体要大, 逆境环境的强度要够, 以

及严格的选拔才有可能选育出性状优良的玉米自交系^[4]。人为增大自交系选择压力, 增大群体间的竞争力, 使分离群体中携带不同基因型的个体在竞争中增大表现型差异, 扩大了基因型的变异谱, 使遗传方差最大化, 有利于增加选择效果。近些年来, 国内越来越多的育种家致力于玉米高密度育种的研究, 验

收稿日期: 2011-11-18

作者简介: 李继竹(1977—), 男, 讲师, 博士; 通信作者: 杨伟光(1960—), 男, 教授, 博士, E-mail yangweiguang60919@126.com

基金项目: 农业部 948 项目(2011-G1-21); 吉林省科技发展计划项目(20116030); 农业部转基因生物新品种培育重大项目(2009ZX08003-024B)

证了高密度选择玉米自交系是实现玉米高产育种目标的有效方法^[5]. 对于高密度选系效果优于低密度选系效果的结论给予了肯定. 但目前关于高密度压力下筛选自交系最佳密度的研究鲜见报道, 本试验以此为目的, 对同一二环系在不同高密度压力下选系进行研究, 以期为高密度育种方法提供相关的理论依据.

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验材料由吉林农业大学农学院玉米研究室提供. 2007年组配基础选系材料 PH4CV × 昌7-2, 同年冬天在海南育种基地套袋自交, 2008年将其自交的 F2代分别在 6×10^4 、 9×10^4 、 1.2×10^5 、 1.5×10^5 株/hm²的种植密度下按系谱法选系, 至2010年形成 F4代. 2010年底4种密度下分别选出5株自交系作为被测系, 按对应选系种植密度分别以 6F-、9F-、12F-、15F-编号, 分别与测验种 PH6W、郑58、J1483(自选系)和 J1485(自选系)进行不完全双列杂交, 形成20个杂交组合. 同时以本地区主推品种郑单958和先玉335作为对照品种用于比较测验.

表1 供试材料及编号

Tab.1 Materials tested and Numbers

单株编号	不同密度选系编号				测验种
	6×10^4 株·hm ⁻²	9×10^4 株·hm ⁻²	1.2×10^5 株·hm ⁻²	1.5×10^5 株·hm ⁻²	
1	6F-1	9F-1	12F-1	15F-1	PH6WC
2	6F-2	9F-2	12F-2	15F-2	郑58
3	6F-3	9F-3	12F-3	15F-3	J1483
4	6F-4	9F-4	12F-4	15F-4	J1485
5	6F-5	9F-5	12F-5	15F-5	

1.2 试验设计

2011年在吉林农业大学作物育种教学科研基地种植4个 5×4 组合和对照品种先玉335和郑单958, 随机区组设计. 种植密度为 6×10^4 株/hm², 3次重复, 3行区, 行长5m、行距65cm, 小区面积为9.75m², 田间管理同大田. 成熟时全区收获, 测量小区产量, 收中间行中间10株的果穗进行室内考种测量单株产量.

配合力分析按刘来福^[6]等提供的公式计算.

2 结果与分析

2.1 不同密度条件下选系产量表现

4种密度条件下所选自交系组配的组合小区平均产量, 以 1.2×10^5 株/hm² 最高, 为13.96kg, 其次是 6×10^4 株/hm² (13.26kg) 和 9×10^4 株/hm² (13.12

kg), 以 1.5×10^5 株/hm² 密度下所选自交系表现最差 (11.96kg). 6×10^4 、 9×10^4 和 1.2×10^5 株/hm² 密度条件下所选自交系组配组合的小区产量均值之间没有显著差异 ($P > 0.05$), 但均与 1.5×10^5 株/hm² 密度下选育的自交系组配组合的小区产量差异达到显著水平 ($P < 0.05$), 表明前3个密度选育的自交系均有良好表现, 以 1.2×10^5 株/hm² 最好. 为此, 可进一步分析比较, 以探讨其选系的最适密度.

2.2 被测系一般配合力分析

从表2可以看出, 同一育种材料在不同密度条件下选系时, 被测系一般配合力(GCA)相对效应值有明显区别. 在 6×10^4 株/hm² 密度条件下所选的5个自交系小区产量 GCA 相对效应值为正值的自交系有2个, 最大值6F-3为11.11; 在 9×10^4 株/hm² 密度条件下所选的5个自交系小区产量 GCA 相对效应值为正值的自交系有4个, 最大值9F-4为12.40; 在 1.2×10^5 株/hm² 密度条件下所选的5个自交系小区产量 GCA 相对效应值均为正值, 最大值12F-3为12.74; 在 1.5×10^5 株/hm² 密度条件下所选的5个自交系小区产量 GCA 相对效应值为正值的自交系仅有1个, 其余4个均为负值, 最大值15F-2为0.98. 由4种密度下所选的自交系其一般配合力相对效应值高低变化规律可知, 4种密度条件下所选自交系小区产量 GCA 相对效应值高低排序为 1.2×10^5 株/hm² > 9×10^4 株/hm² > 6×10^4 株/hm² > 1.5×10^5 株/hm².

上述结果表明, 在一定密度范围内自交系 GCA 相对效应值随选系密度的增大而增大. 增大选系密度能够增大自交系群体内基因的加性效应^[7], 在高密度选择时有利于选育出数量较多的 GCA 相对效应值高的玉米自交系. 但选系密度并不是越高越好, 当密度增大到一定数值时, 如本试验中选系密度达到 1.5×10^5 株/hm² 时, 自交系的自交选系难度增大, 也使一些拥有优良基因的自交系丢失, 选系效果不甚理想.

表2 被测系一般配合力相对效应值

Tab.2 General combining ability for relative effect value

单株编号	6F-	9F-	12F-	15F-
1	-9.98	1.32	0.51	-0.51
2	4.87	6.65	9.28	0.98
3	11.11	-10.57	12.74	-10.28
4	-3.85	12.40	5.19	-22.19
5	-2.45	2.98	4.03	-12.21
合计	-0.31	12.77	31.74	-44.20

2.3 特殊配合力分析

由表3可知, 80个组合中小区产量特殊配合力

(SCA)相对效应值以 J1483 × 12F-1 (18.70)最高,其中亲本 12F-1 为基础材料 PH4CV × 昌 7-2 在 1.2×10^5 株/hm² 密度条件下选育的 1 号自交系,而 12F-1 一般配合力相对效应值(9.28)处于一个相对较高值,因此该自交系 12F-1 既具有较高的一般配合力,又与自选系 J1483 组配出产量最高的组合,认为可以对其作为目标系重点培养,以期获得纯合优良的自交系。

表 3 小区产量特殊配合力相对效应值

Tab. 3 Specific combining ability for yield per plot

组合	SCA	组合	SCA
郑 58 × 6F-1	4.49	6WC × 6F-1	7.06
郑 58 × 6F-2	4.9	6WC × 6F-2	-31.07
郑 58 × 6F-3	1.62	6WC × 6F-3	8.18
郑 58 × 6F-4	-1.50	6WC × 6F-4	-2.61
郑 58 × 6F-5	-11.48	6WC × 6F-5	6.26
郑 58 × 9F-1	12.13	6WC × 9F-1	-14.13
郑 58 × 9F-2	-8.60	6WC × 9F-2	3.41
郑 58 × 9F-3	-1.71	6WC × 9F-3	3.41
郑 58 × 9F-4	6.38	6WC × 9F-4	10.43
郑 58 × 9F-5	6.94	6WC × 9F-5	-22.70
郑 58 × 12F-1	-8.48	6WC × 12F-1	0.07
郑 58 × 12F-2	-1.59	6WC × 12F-2	4.35
郑 58 × 12F-3	-0.32	6WC × 12F-3	6.31
郑 58 × 12F-4	-2.65	6WC × 12F-4	6.80
郑 58 × 12F-5	5.49	6WC × 12F-5	9.20
郑 58 × 15F-1	0.17	6WC × 15F-1	-16.09
郑 58 × 15F-2	7.84	6WC × 15F-2	4.17
郑 58 × 15F-3	3.47	6WC × 15F-3	16.53
郑 58 × 15F-4	0.45	6WC × 15F-4	3.38
郑 58 × 15F-5	-17.55	6WC × 15F-5	-3.02
J1483 × 6F-1	-17.17	J1485 × 6F-1	5.60
J1483 × 6F-2	11.06	J1485 × 6F-2	15.10
J1483 × 6F-3	-11.58	J1485 × 6F-3	1.77
J1483 × 6F-4	3.46	J1485 × 6F-4	0.64
J1483 × 6F-5	-9.26	J1485 × 6F-5	14.48
J1483 × 9F-1	8.75	J1485 × 9F-1	-6.75
J1483 × 9F-2	6.06	J1485 × 9F-2	-0.86
J1483 × 9F-3	2.76	J1485 × 9F-3	-4.46
J1483 × 9F-4	-18.58	J1485 × 9F-4	1.76
J1483 × 9F-5	11.43	J1485 × 9F-5	4.32
J1483 × 12F-1	18.70	J1485 × 12F-1	-10.29
J1483 × 12F-2	-2.46	J1485 × 12F-2	-0.30
J1483 × 12F-3	-11.60	J1485 × 12F-3	5.61
J1483 × 12F-4	-4.10	J1485 × 12F-4	-0.04
J1483 × 12F-5	-10.48	J1485 × 12F-5	-4.21
J1483 × 15F-1	11.23	J1485 × 15F-1	4.68
J1483 × 15F-2	4.08	J1485 × 15F-2	-16.10
J1483 × 15F-3	-6.33	J1485 × 15F-3	-13.67
J1483 × 15F-4	-1.84	J1485 × 15F-4	-1.99
J1483 × 15F-5	15.87	J1485 × 15F-5	4.70

在不同密度下选育自交系小区产量 SCA 相对效应值存在差异。 6×10^4 株/hm² 密度条件下选育的自交系组配的组合中 SCA 正向值的组合数为 13 个, 9×10^4 、 1.5×10^5 株/hm² 次之,都为 12 个, 1.2×10^5 株/hm² 密度下选育的自交系 SCA 正向值的组合数最少,为 8 个。但从正向与负向效应值变幅来看, 1.2×10^5 株/hm² 密度下选育的自交系 SCA 相对效应值变幅最小,差值为 30.18,而 6×10^4 株/hm² 密度下选育的自交系 SCA 相对效应值变幅最大,差值为 46.17(表 4)。不同密度条件下选育的自交系 SCA 相对效应值与选系密度之间虽然并无明显规律,但随着密度的增大,自交系 SCA 相对效应值变幅变小,说明高密度压力下选育的自交系具有更加稳定的遗传性,后代受环境因素影响较小。

表 4 4 种密度选育自交系特殊配合力效应分析

Tab. 4 Specific combining ability effect of selected lines under four densities

种植密度/ (株·hm ⁻²)	SCA 正向 值频数	变幅 范围	极差	SCA 效应值 最高组合	SCA 效应值 最低组合
6×10^4	13	-31.07 ~ 15.10	46.17	J1485 × 6F-2	PH6WC × 6F-2
9×10^4	12	-22.70 ~ 12.13	34.83	郑 58 × 9F-1	PH6WC × 9F-5
1.2×10^5	8	-11.60 ~ 18.58	30.18	J1483 × 12F-1	J1483 × 12F-3
1.5×10^5	12	-17.56 ~ 16.53	33.86	PH6WC × 15F-3	郑 58 × 15F-5

2.4 测交种与对照品种产量的比较

对 4 种密度条件下选育的 20 个自交系与 4 个测验种所组配的 80 个组合与对照先玉 335 和郑单 958 进行产量比较试验。其中郑单 958 小区产量为 14.17 kg,先玉 335 的小区产量为 13.14 kg。由图 1 可看出,在 6×10^4 株/hm² 密度下选育的 5 个自交系组配的 20 个组合中,小区产量高于先玉 335 的组合数为 12 个,高于郑单 958 的组合数为 8 个。在 9×10^4 株/hm² 密度下,小区产量高于先玉 335 的组合数为 13 个,高于郑单 958 的组合数为 5 个;在 1.5×10^5 株/hm² 密度下,小区产量高于先玉 335 的组合数为 8 个,高于郑单 958 的组合数仅为 2 个。而 1.2×10^5 株/hm² 密度下选育的 5 个自交系组配的 20 个组合中,小区产量高于先玉 335 的组合数为 13 个,高于郑单 958 的组合数为高达 9 个。可见,该密度下选育自交系能组配出高产组合数最多。

综上所述,本试验中关于同一育种基础材料在 高密度条件下的最佳选系密度研究表明,在 1.2×10^5 株/hm² 密度下能选育出数量最多的一般配合力为 正值的自交系,并且选育自交系的特殊配合力变幅较小,表现出较强的适应性,并能组配出最多的产量较高的组合,可以认为, 1.2×10^5 株/hm² 是基础材料 PH4CV × 昌 7-2 高密度条件下选系的最佳密度。

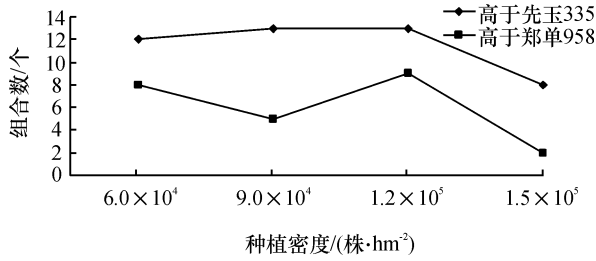


图1 4种密度下所选自交系的测交种产量优于对照的个数比较

Fig. 1 Comparison of yields from combinations of inbred lines selected under four densities

3 讨论

毛建昌等^[8]对2种密度系谱法选择玉米自交系的一般配合力分析表明,高密度选育的一般配合力较高的自交系数量多于低密度选育的自交系,证实了高密度选育法能准确有效地选育出一般配合力较高的玉米自交系.杨泽勇等^[9]选用高、中、低3种密度选系,同时又在不同密度条件下鉴定自交系的配合力,结果表明高密度选育的自交系一般配合力效应值变幅小,表现出较强的适应性,中等密度选育的自交系一般配合力和特殊配合力正效应值的比例高,选择效果最好,但未提出最佳选系密度.本研究中对于基础选系材料PH4CV × 昌7-2采用4种密度选育自交系的研究表明,在一定范围内随着选系密度的增加,选育出配合力较高的自交系数量随之增加.这一点与前人的研究结果相一致^[9-12].本试验重点致力于最佳选系密度的研究,对于在4种密度选择环境下选育的自交系在同一密度下对其配合力进行鉴定,可以更加直观地鉴别出不同选系密度下选择效果的差别,并对所选自交系组配的组合与对照品种进行产比试验,又进一步验证了密度压力增大了同一育种材料的分离群体,并找到使其遗传方差最大化的最佳选择密度.

关于高密度选系,应重视育种基础材料的选择,本试验以耐密材料昌7-2与先锋父本PH4CV进行杂交,从中选育二环系,其遗传基础比较广泛,在进行高密度选择时可以获得较好的分离群体.高密度选系密度梯度的选择必须具有科学性和代表性,常规选系密度一般为 6×10^4 株/hm²,关于高密度选系国外都在 9×10^4 株/hm²及其以上的密度压力下进行选择.本试验还提出密度并不是越高越好,应该有最佳选系密度.本试验研究表明,当选择密度达到 1.5×10^5 株/hm²时,实际操作难度非常大,很多植株都出现空秆、倒伏的现象,这也使一些具有优良基因的自交系丢失,所以在进行高密度选系时不能盲

目追求选择密度,应有一个最佳密度,本试验对于基础选系材料PH4CV × 昌7-2在高密度条件下选系的最佳选择密度为 1.2×10^5 株/hm².如果想要继续提升选择密度,必须对现有的种质进行遗传改良,以期能在更高的种植密度下具有相对优良的性状.育种最终目标是在生产上获得高产优质的玉米品种.玉米产量的持续提高与新品种增加了抗逆性密切相关^[13-14].所以本试验以小区产量作为论证依据,以期通过对自交系高压力的选择,使其组配的杂交种能在加大种植密度时无空秆和倒伏现象,从而达到增产的最终目的.

参考文献:

- [1] DUVICK D N. The contribution of breeding to yield advances in maize (*Zea mays* L.) [M] // SPARKS D N. Adv Agron. San Diego, CA : Academic Press, 2005: 83-145.
- [2] DUVICK D N. What is yield [R]. Mexico: CIMMYT, 1996.
- [3] 杨伟光. 玉米高产育种研究[J]. 玉米科学, 2006, 14(2): 10-12, 15.
- [4] 张铭堂, 徐国梁, 才卓. 玉米自交系选育的理论基础与实践经验[J]. 玉米科学, 2010, 18(2): 1-4.
- [5] 高景瑞, 李泾孝, 张仁和, 等. 两种密度系谱法选择玉米自交系的一般配合力分析[J]. 西北农林科技大学学报, 2008, 36(6): 56-60.
- [6] 刘来福. 作物数量遗传[M]. 北京: 农业出版社, 1984: 206-250.
- [7] 孔繁玲. 植物数量遗传学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2006.
- [8] 毛建仓, 张世煌, 李向拓. 选育高产, 高配合力玉米自交系的途径与方法[J]. 中国农业科学, 2006, 39(5): 872-878.
- [9] 杨泽勇, 张兴华, 薛吉全. 3种密度玉米自交系选择的一般配合力分析[J]. 湖北农业科学, 2009, 48(3): 576-579.
- [10] 赵久然. 优良玉米自交系选育新方法[J]. 玉米科学, 2005, 13(2): 31-32.
- [11] 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.
- [12] 邢锦丰, 赵久然, 黄长玲, 等. 密植育种法在选育玉米自交系中的应用[J]. 玉米科学, 2008, 16(2): 54-55.
- [13] TOLLENAAR M, WU J. Yield improvement in temperate maize is attributable to greater stress tolerance [J]. Crop Sci, 1999, 39(6): 1597-1604.
- [14] YING J, LEE E A, TOLLENAAR M. Response of maize leaf photosynthesis to low temperature during the grain filling period [J]. Field Crop Research, 2000, 68(10): 87-96.