

文章编号: 1005-0906(2009)03-0055-05

高密度条件下不同生态区变换地选育 优良玉米自交系的研究

王元东, 段民孝, 邢锦丰, 张雪原, 王继东, 张春原, 赵久然

(北京市农林科学院玉米研究中心, 北京 100097)

摘要: 在吉林省、北京和河南省 3 个生态环境中对同一来源于 X 系单交种的早代 S_1 、 S_2 和 S_3 等后代群体进行变换地选择, 研究在 $90\,000$ 株 $/\text{hm}^2$ 的高密度种植条件下, 各世代群体的非有利基因型植株的淘汰效果和入选优良植株的选择效果, 并对不同生态区的变换选择途径进行评价。结果表明, 在河南省生态环境下对影响产量潜力的子粒败育、果穗畸形植株淘汰效果较为突出。北京和吉林省生态环境对影响抗旱和耐低 N 等抗性性状的雌雄不协调植株淘汰效果突出; 在 S_3 代入选植株的平均粒重高达 130 g/穗 , 显示出较高的单株产量潜力, 其相关农艺性状和果穗产量性状得到进一步改善。在 3 个生态环境中, 河南省环境胁迫性最强, 入选果穗最少, 入选果穗平均单穗粒重最低, 对玉米植株与产量间接相关的抗性选择更有利; 吉林省和北京则入选果穗多, 入选果穗的平均粒重相对较高, 对玉米产量直接性状选择更为有效。因此, 在北京、吉林省和河南省不同生态区变换地选择育种可以选出产量潜力高、综合抗性理想的基因型。

关键词: 玉米自交系; 高密度; 不同生态区; 异地选择**中图分类号:** S513.03**文献标识码:** A

Studying on Elite Inbred Lines Breeding in Maize by Selecting in High Density Under Different Ecological Conditions

WANG Yuan-dong, DUAN Min-xiao, XING Jin-feng, ZHAO Jiu-ran, et al.

(Beijing Academy of Agricultural & Forestry Sciences, Beijing 100097, China)

Abstract: Low generations S_1 , S_2 as well as S_3 progenies from one hybrid developed from X germplasm were planted in high density (9×10^4 plants/ha) for selecting under Jilin, Beijing and Henan ecological conditions. The elimination effects of high density on progenies under different ecological conditions and the characteristics of selected excellent plants were analyzed. In this paper, the selecting ways among 3 ecological conditions were also evaluated. The results showed that, the prominent elimination on badly performing plants with kernel abortion and abnormal ear which directly related to yield was made in Henan ecological condition representing Huanghuaihai area, in contrast, Beijing and Jilin ecological conditions representing Northeast area were more favorable for eliminating plants with in-harmony of anthesis and silking which directly related to drought and low N resistance. The average kernel weight per ear of the selected plants from S_3 progenies was as high as 130 g , showing high promising yielding potential. And the agronomic traits of them were also improved greatly. Among 3 different ecological conditions, the environment stressing in Henan was the strongest with the least numbers of selected ears and the lowest average kernel weight per ear, and more advantageous the resistance selection indirectly related to yielding, by contrast, more ears were selected with high average kernel weight per ear under Beijing and Jilin ecological conditions which were considered more effective to traits selection directly to yielding. Ideal plants with high yielding potential and prominent resistance could be selected through selecting under Jilin, Beijing and Henan ecological conditions.

Key words: Maize inbred lines; High density; Different ecological conditions; Selecting in different conditions**收稿日期:** 2008-08-05**基金项目:** 国家科技支撑计划“超级玉米新品种选育与产业化开发”(2007BAD31B02)、北京农业育种平台“超级玉米”项目(YZPT02)、北京市科技新星项目“新种质与新方法相结合选育优良玉米自交系研究”(2005B36)**作者简介:** 王元东(1973-), 男, 山东诸城人, 副研究员, 从事玉米育种研究。

赵久然为本文通讯作者。E-mail: jiuran@263.net

具有耐旱和耐贫瘠(耐低 N)的玉米自交系是在高密度种植环境下选育而成的。高密度可以人为创造出多种非生物胁迫高压逆境,同时也可以诱发病虫害加重等生物胁迫,是一种提高种质耐多种非生物胁迫(包括抗旱和耐低 N)和生物胁迫的育种策略。研究认为,玉米品种的耐密植能力的提高是玉米产量增加的主要原因。李登海通过加强玉米紧凑型理想株型育种实现了种植密度和高密度条件下的单株粒重的突破,选育出的品种耐密植能力大大增强,单位面积产量大幅提高。选育耐高密的玉米品种是今后我国超高产玉米育种的重要目标之一。不同生态区的育种环境对于玉米优良基因型鉴定和选择的重要性被越来越多的育种者所关注。利用不同生态区的自然选择压力进行变换地选择育种,主动寻求主产区可能遇到的各种逆境,使一个优良自交系在选育中经受多种逆境选择,可以将优良基因不断累积起来,增强材料的适应性和抗逆性。

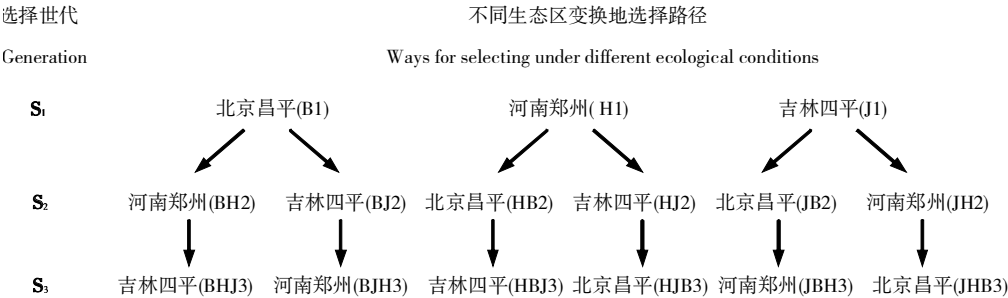
本研究在 90 000 株 /hm² 的高密度环境下,通过不同生态区的自然选择压力的联合鉴定,探讨同一来源于 X 系种质的优良单交种早代 S₁、S₂ 和 S₃ 等选择群体在产量、产量相关性状以及其他农艺性状的选择效果,为进行耐高密、多抗、广适、产量潜力高的自交系选育提供理论基础。

1 材料与方法

试验利用外来新种质 X 系优良单交种,经鉴定具有株型清秀、出籽率高、后期子粒脱水速度快、容重高、千粒重高、综合抗性好等特性。在株型上除紧凑外,其雄穗小、雄穗分枝数少等特点非常鲜明。2003 年在其 S₀ 代植株经混合授粉获得约 30 000 粒 S₁ 代种子;2004 年将获得的 S₁ 代种子平均分成 3 份,分别在北京昌平、吉林省四平和河南省郑州种植

(北京昌平、吉林四平代表温度较低、较为干旱、病虫害尤其是丝黑穗发病严重的环境;河南省郑州代表阴雨寡照、高温、高湿、病虫害严重的环境),进行自交并严格筛选鉴定。播种日期分别为 4 月 20 日、4 月 22 日和 6 月 11 日。3 点试验种植小区均为 10 m 行长,55 行区,行距 60 cm,株距 18 cm,密度为 90 000 株 /hm²。整个试验约 3 000 穴,播种 3 粒 /穴,留苗 1 株。2005 年各点鉴定筛选出的果穗混合脱粒,将获得的 S₂ 代种子分别在变换的生态环境中种植,具体变换地选择设计如图 1 所示。播种日期分别为 4 月 19 日(北京)、4 月 26 日(吉林省)、6 月 15 日(河南省)。试验小区 10 m 行长,每个材料 2 行区,行距 60 cm,株距 18 cm,密度为 90 000 株 /hm²。2006 年各点鉴定筛选出的果穗混合脱粒,将获得的 S₃ 代种子再进行异地生态环境种植,播种日期分别为 4 月 20 日(北京)、4 月 23 日(吉林省)、6 月 8 日(河南省),试验小区设计与 2005 年相同。所有点、所有年份的试验周围种植 4 行保护行。

在 S₁ 代定苗前,淘汰弱病株,留健康长势强植株;授粉前,通过严格选择淘汰大量的不符合要求的基因型,入选单株挂牌,并记载其抽雄期、吐丝期;授粉期间,选择雌雄协调、吐丝快而集中的植株进行一次性授粉;收获前,对各生态区的病虫害植株率、空秆率、倒伏(倒折)率、子粒败育和果穗畸形率进行观察记载并计算;对入选单株进行株高、穗位高、雄穗分枝数进行调查;对入选果穗进行室内考种,观察记载果穗的单穗重、轴重、穗行数、穗长、百粒重;计算入选优株的散粉与吐丝间隔值(ASI)、出籽率、单穗粒重等。在 S₂、S₃ 代的淘汰选择和相关项目的观察记载和室内考种同 S₁ 代。所有数据的分析计算均通过计算机 Excel 软件计算。



注:括号内的 B1、BH2、BHH3 等表示变换地选择后代群体名称。
Note: B1, BH2 and BHH3 represent different selecting progenies.

图 1 不同生态区异地选择鉴定育种的变换地流程

Fig.1 Selecting ways under 3 different ecological conditions

2 结果与分析

2.1 在高密度、不同生态环境下非优良农艺性状植株的淘汰效果

在大群体、高密度胁迫条件下,后代群体的选择压力大大提高,在世代群体的早代可以淘汰大量非有利基因型植株。从表 1 可以看出,在 S_1 代群体具有非优良农艺性状的单株总淘汰率高达 77.9%;在 S_2 代仍然较高,为 61.0%; S_3 代下降到 44.3%。在 S_1 、 S_2 代和 S_3 代,对不利基因型植株淘汰率贡献最大的是雌雄不协调植株率,分别为 22.8%、15.9%和 11.1%;其次是群体中子粒败育、果穗畸形植株率和群体倒伏、倒折植株率。因此,通过高密度的种植环境可以对与玉米的抗旱、耐贫瘠(耐低 N)密切相关的雌雄不协调植株进行有效选择,可以大量淘汰直接影响玉米产量潜力的子粒败育、果穗畸形植株,提高对植株倒伏、倒折的选择效率。从表 1 还可以看出,群体中植株子粒败育、果穗畸形淘汰率在 S_1 、 S_2 代中较高,分别为 20.6%和 15.2%,在 S_3 代则很快下降到

8.3%,说明在 S_1 、 S_2 代等早代中选择效果更显著;其他几个非有利农艺性状在 S_1 、 S_2 、 S_3 代中的植株淘汰率均是下降,但下降平缓,说明对这些具有不利农艺性状植株的淘汰在较高世代中也应注意加强。

在不同生态环境中, 河南省的群体中非优良农艺性状植株率最高, 淘汰率最高。在 S_1 代, 河南省的总淘汰率在 80% 以上, 说明在相同高密度环境下, 河南省生态区对选择群体的胁迫强度最高; 其次是北京; 胁迫程度最低的为吉林省生态区。在 S_1 、 S_2 代和 S_3 代中, 河南省生态环境对不利基因型植株淘汰率贡献最大的依次为群体植株子粒败育、果穗畸形、群体植株感病虫害、群体植株倒伏、倒折和植株雌雄不协调, 对直接影响产量潜力的子粒败育、果穗畸形植株选择效果较为突出。北京和吉林省生态环境对不利基因型植株淘汰率贡献突出的依次为植株雌雄不协调、群体子粒败育、果穗畸形, 而群体植株感病虫害和群体植株倒伏、倒折相对要小些, 对影响抗旱和耐低 N 等抗性性状的雌雄不协调植株选择效果突出。

表 1 高密度、不同生态环境下非优良农艺性状植株的选择淘汰效果

Table 1 Effects of high density on eliminating plants with bad agronomic characteristics under different ecological conditions

选择世代	选择地点	选择群体	感病虫害植	雌雄不协调	空秆植株率	倒伏、倒折植	子粒败育、果穗	其他因素造成	植株总淘汰率
Generation	Ecological	Progenies	株率	植株率	Barren stem	株率	畸形植株率	的淘汰植株率	Total elimination
	conditions		Disease and insect plants percentage	Inharmonious anthesis and silking plant percentage	percentage	Lodging and stalk breaking percentage	Plants percentage with kernel abortion and abnormal ear	Eliminated plants percentage for other factors	percentage
S ₁	北 京	B1	14.2	21.8	3.6	18.4	18.8	2.5	79.3
	吉林省	J1	13.7	29.1	1.8	7.9	12.7	1.8	67.0
	河南省	H1	18.7	17.5	7.4	18.3	23.4	2.1	87.4
	平 均		15.5	22.8	4.3	14.9	18.3	2.1	77.9
S ₂	北 京	JB2	11.2	17.7	4.8	15.5	21.6	1.5	72.3
		HB2	8.9	16.5	6.1	10.8	12.1	1.8	56.2
	吉林省	BJ2	10.3	15.4	2.1	8.0	11.2	2.0	49.0
		HJ2	8.4	16.0	5.0	9.3	10.7	2.1	51.5
	河南省	BH2	15.4	13.4	4.5	13.2	17.3	1.4	65.2
		JH2	16.8	16.4	3.8	14.7	18.4	1.7	71.8
	平 均		11.8	15.9	4.4	11.9	15.2	1.8	61.0
	S ₃	北 京	JHB3	8.4	9.7	3.8	11.1	7.4	0.9
	HJB3	7.5	7.8	4.1	10.8	8.1	1.5	39.8	
吉林省	BHJ3	6.8	10.1	3.2	6.5	7.0	1.4	35.0	
	HBJ3	5.6	11.3	3.5	6.2	6.8	2.3	35.7	
河南省	BJH3	12.4	14.4	5.1	13.4	10.4	1.6	57.3	
	JBH3	13.7	13.1	4.8	12.5	9.8	2.7	56.6	
平 均		9.1	11.1	4.1	10.1	8.3	1.7	44.3	

2.2 在 高 密 度、不 同 生 态 环 境 下 入 选 优 良 单 株 的 农 艺 性 状 选 择 效 果

从表 2 可以看出,在 S₁ 代中入选优良单株的平均单穗粒重高达 151.8 g;在 S₃ 代,其单穗平均粒重仍高达 130.2 g,显示出良好的单株产量潜力,表明材料累积了较多对产量有利的基因。入选单穗的数量由 S₁ 代的平均入选 44 个减少到 S₃ 代的 21 个,淘汰率在 50%以上,表明严格选择可以有效控制选育规模,提高选择效率。在产量相关性状中,入选果穗

的穗行数、出籽率以及百粒重在 3 个世代中变化不大,没有显著降低。显著降低的是入选果穗的穗长,由 S₁ 代的 18.3 cm 减少到 S₃ 代的 15.5 cm。入选优良单株田间农艺性状获得逐步改善,趋于理想农艺性状。入选植株株高连续降低,尤其是穗位下降的幅度比较大(株高 / 穗位比由 S₁ 代的 2.4 增加到 2.9),在雄穗分枝数和 ASI 值上 S₃ 代均呈减少趋势,ASI 值由原来的 S₁ 代 2.9 下降到 S₃ 代的 2.1,雌雄协调得到进一步改善。

表 2 高 密 度、不 同 生 态 环 境 下 入 选 优 良 单 株 农 艺 性 状 植 株 的 选 择 效 果

Table 2 Agronomic characteristics of selected excellent plants under high density and different ecological conditions								
选择世代 Generation	选择地点 Ecological conditions	选择群体 Progenies	入选果穗数(个) Selected ear number	株高(cm) Plant height	穗位高(cm) Ear height	株高 / 穗位高 Plant height/ Ear height rate	雄穗分枝数(个) Anthesis branch number	雌雄穗开花 间隔时间 ASI
S ₁	北 京	B1	46	301.5	127.7	2.4	3.0	2.8
	吉林省	J1	48	306.4	128.3	2.4	3.0	3.4
	河南省	H1	39	301.3	120.1	2.5	2.2	2.5
	平 均		44	303.1	125.4	2.4	2.7	2.9
S ₂	北 京	JB2	30	286.6	107.4	2.7	3.1	3.1
		HB2	38	284.8	105.7	2.7	2.8	2.0
	吉林省	BJ2	40	294.1	112.4	2.6	2.5	2.7
		HJ2	42	283.1	110.7	2.6	2.1	2.1
	河南省	BH2	25	294.2	105.5	2.8	3.1	2.4
		JH2	20	291.7	106.3	2.7	3.1	2.5
	平 均		33	289.1	108.0	2.7	2.8	2.5
	北 京	JHB3	25	270.5	96.7	2.8	2.4	2.5
S ₃		HJB3	20	276.5	92.4	3.0	2.1	1.9
	吉林省	BHJ3	21	273.4	90.8	3.0	2.4	2.1
		HBJ3	22	264.8	94.2	2.8	2.3	2.4
	河南省	BJH3	19	251.3	87.8	2.9	1.8	1.9
		JBH3	18	260.1	92.6	2.8	2.1	1.8
	平 均		21	266.1	92.4	2.9	2.2	2.1
选择世代 Generation	选择地点 Ecological conditions	选择群体 Progenies	果穗平均粒重(g) Mean kernel weight per ear	出籽率(%) Kernel rate	穗行数(行) Ear rows	穗长(cm) Ear length	百粒重(g) 100-kernal weight	
S ₁	北 京	B1	151.6	88.7	17.1	18.1	39.8	
	吉林省	J1	167.2	89.2	17.5	19.3	40.2	
	河南省	H1	137.7	88.1	16.4	17.4	37.7	
	平 均		151.8	88.7	17.0	18.3	39.2	
S ₂	北 京	JB2	155.7	88.2	16.4	15.1	39.1	
		HB2	151.8	88.2	16.8	14.6	39.4	
	吉林省	BJ2	164.3	88.5	17.7	17.4	40.1	
		HJ2	158.6	88.4	16.2	17.0	39.6	
	河南省	BH2	132.3	88.5	16.1	15.5	38.6	
		JH2	128.7	88.1	15.7	15.1	39.1	
	平 均		148.6	88.3	16.5	15.8	39.3	
	北 京	JHB3	135.8	88.1	16.4	15.1	38.7	
S ₃		HJB3	131.6	88.1	17.1	14.9	37.9	
	吉林省	BHJ3	144.3	88.9	16.6	16.5	40.6	
		HBJ3	138.6	88.0	16.8	15.9	40.5	
	河南省	BJH3	118.3	87.1	16.6	15.4	37.8	
		JBH3	112.4	87.8	16.2	14.9	38.1	
	平 均		130.2	88.0	16.6	15.5	38.9	

在 3 个生态环境中,河南省在相同高密度环境下胁迫性最强,3 个世代入选果穗最少,入选果穗平均单穗粒重最低,对玉米植株与产量间接相关的抗性选择更有利;吉林省和北京则入选果穗多,入选果穗的平均粒重相对较高,对玉米产量直接性状选择更为有效。

2.3 在 高密度条件下不同生态区变换地的选择育种效果

河南省生态区为黄淮海玉米生产区,生态环境主要特征是阴雨寡照、高温、高湿、多风,可以对群体植株子粒败育、果穗畸形、群体植株倒伏(倒折)和植株雌雄不协调进行有效选择,经过 1 次该生态环境的选择后,入选后代在吉林省、北京等东北生态区的表现明显改善。 S_1 代经河南省选择后,入选植株在抗病虫害和耐子粒败育、果穗畸形等方面在北京和吉林省两地的表现相对较轻;相反,在吉林省和北京入选植株在河南省生态区的植株感病虫害和子粒败育、果穗畸形以及倒伏(倒折)率相对较高。

在河南省生态区,由于环境胁迫性强,入选单株和果穗均较少,果穗的平均粒重较低,难以正确评价后代的真正产量潜力,因此对产量有利基因的选择不利。北京和吉林省生态区为东北主产区,生态环境主要表现为玉米生长期长,温度较冷凉,空气较为干燥,同时丝黑穗发病严重。在该环境下,优良单株的子粒产量潜力发挥较为充分,入选果穗较多,可以对其产量潜力有个真实评价鉴定。北京、吉林省和河南省不同生态区变换地选择育种则可以选出产量潜力高、综合抗性理想的基因型。

3 结论与讨论

在本研究中,高密度种植造成大量单株雌雄不协调、发病严重、倒伏(倒折)、子粒败育和果穗畸形、空秆等不良农艺性状,因此在早代可以淘汰大量不符合要求的基因型。

在河南省生态环境下对影响产量潜力的子粒败育、果穗畸形植株选择效果较为突出。北京和吉林省生态环境(东北玉米生态区)对影响抗旱和耐低 N 等抗性性状的雌雄不协调植株选择效果突出。

经过高密度严格选择, S_3 代入选植株的单穗平均粒重高达 130 g,显示出良好的单株产量潜力,累积了较多对产量有利的基因,相关植株农艺性状和果穗产量性状得到进一步改善。

在 3 个生态环境中,河南省环境胁迫性最强,入选果穗最少,入选果穗平均单穗粒重最低,对玉米植株与产量间接相关的抗性选择更有利;吉林省和北京则入选果穗多,入选果穗的平均粒重相对较高,对玉米产量直接性状选择更为有效。

北京、吉林省和河南省不同生态区变换地选择育种可以选出产量潜力高、综合抗性理想基因型。

在进行耐密植自交系选育过程中,应注意几个问题:①对基础种质的选择很重要,选用优异新种质作为高密度选系的基础材料不仅可以增大优异单株入选的几率,而且可以创造出新的耐密种质;②加大基础选择群体的容量,使选择优异基本单株机会增加,给严格淘汰选择留够空间;③田间和室内选择要严、准,根据实际情况制定出入选标准,控制育种材料的迅速膨胀,迅速累积与产量潜力直接和间接有利基因;④根据材料特性和育种目标要求合理确定不同类型的生态区变换地选择育种;⑤经过 2~3 世代的高密度严格选择,虽然累积了大量有利基因,但仍有不利基因在以后的世代中参与重组,因此,即使不在高密度环境下选择,也要注意严格选择;⑥与配合力选择测定相结合。

参考文献:

- [1] Monneveux P, Zaidi P H, Sanchez C. Population density and low nitrogen affects yield-associated traits in tropical maize[J]. Crop Sci., 2005, 45: 535-545.
- [2] 柏大鹏. 先锋玉米育种试验系统和现代玉米育种有关问题探讨[M]. 中国玉米品种科技论坛, 北京:中国农业科学技术出版社, 2007.
- [3] 李登海. 玉米株型在育种中的作用 I. 株型的增产效果[J]. 山东农业科学, 1992(3): 4-8.
- [4] 赵久然, 孙世贤. 对超级玉米育种目标及技术路线的再思考[J]. 玉米科学, 2007, 15(1): 21-23, 28.
- [5] 王元东, 段民孝, 邢锦丰, 等. X 系新种质利用技术途径与策略探讨[J]. 作物杂志, 2008(1): 1-3.

(责任编辑:朴红梅)