



马金丰,李志江,李延东. 谷子嫩选 15×大金苗 F₂群体农艺性状评价[J]. 黑龙江农业科学,2019(9):4-8.

谷子嫩选 15×大金苗 F₂群体农艺性状评价

马金丰,李志江,李延东

(黑龙江省农业科学院 作物资源研究所,黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:为促进矮秆、早熟、优质谷子选育,以嫩选 15 和大金苗杂交组合 F₂群体为研究材料,对 F₂群体 1 104 个单株的株高、穗长、茎长、穗粗、节数、穗重、穗粒重等主要农艺性状进行分析。结果表明:该组合 F₂群体株高、穗长、节数、茎长、穗粗等主要农艺性状的偏度和峰度几乎都小于 1,呈正态分布,穗重、穗粒重的偏度和峰度均明显大于 1,呈现偏离正态分布;各农艺性状之间均显著正相关;其中株高分离特别明显,F₂群体中株高低于 120 cm 的个体达到了 46.29%,为矮秆育种增添了丰富的新型矮秆遗传基础资源。

关键词:谷子;F₂群体;农艺性状;相关分析

谷子[*Setaria italica* (L.) Beauv.]是我国的传统作物,栽培历史悠久,曾经是北方旱地农业的主栽作物,也是黑龙江省旱地农业的粮草兼用作物,由于其抗旱耐盐的特性,在盐碱干旱、丘陵坡地以及水资源贫乏的地区种植面积较大^[1-2]。中国农业供给侧改革结构调整为具有环境友好、资源节约型特点、兼具抗旱耐瘠等优点的谷子提供了发展的机遇,在中国乃至世界范围内水资源日益短缺的情况下,谷子抗旱的特性具有其他作物无法替代的作用和意义。面临日益干旱的环境压力和人们对优质谷子消费需求的增加,必须加大力度培育和推广抗旱、节水、适口性好、适宜产业化发展的矮秆优质谷子品种,谷子优异品种的选育,主要是通过有性杂交的手段进行层层选拔。选取地理远缘和生态差异较大的品种作为有性杂交亲本,由于其亲本遗传背景差异较大,能够使杂种具有丰富的遗传基础,获得超亲类型的几率较大,虽然杂种后代分离强烈,稳定较慢,但是容易出现超亲的有利性状,有利于挖掘新类型的谷子品种^[3]。

在水稻(*Oryza sativa* L.)^[4-6]、小麦(*Triticum aestivum* L.)^[7-8]、甜瓜(*Cucumis melo* Linn.)^[9-10]等作物中,均有对 F₂群体农艺性状及其相关性的报道。关于谷子杂种后代遗传研究报道较少,主要集中在研究不同杂交组合株高、穗长、熟期、穗粒重、千粒重等主要农艺性状 F₂群体

变异情况^[11-12],郭德仁等^[11]对谷子杂种 F₁、F₂早熟性遗传进行研究与分析,发现 F₂抽穗期分离趋势以中间型为主并趋向于早熟亲本。刘晓辉^[12]对谷子 8 个组合的 6 个性状 F₂代遗传变异进行分析,其穗重、码数、千粒重和株高等性状分离均呈单峰曲线,近似于正态分布,而且 F₂群体普遍存在超亲遗传现象。

谷子的适口性是消费者和品种选育者最先考虑的目标,大金苗是目前市场上主导的优质品种之一,其具有米色鲜黄、适口性好、适宜煮粥和焖饭、不回生等优点,但是由于大金苗是农家品种,具有晚熟、不抗倒伏、秆高不高产、区域适应性差等缺点,因此选用能够跟大金苗优势互补的嫩选 15 作为杂交亲本。嫩选 15 是黑龙江省第二积温带的主栽品种,其具有高产、抗倒伏、中矮秆、中熟、抗病等特点,用这两个品种进行有性杂交为选育融合大金苗的优质、嫩选 15 高产、抗倒伏、中矮秆、中熟、抗病等特点的谷子品种提供了可能。本研究用黑龙江省的中熟中秆主栽品种嫩选 15 作母本,内蒙古的优质农家品种大金苗作父本,两个亲本不仅生态类型不同,而且在株高、生育期、穗型等多个农艺性状均差异较大,构建的谷子 F₂分离群体,不仅在株高、生育期、穗型等农艺性状分离明显,而且其米色等品质相关性性状也有明显分离,通过分析谷子 F₂群体各农艺性状之间的相关和差异,为选育矮秆、早熟、优质品系选育提供了丰富的基础材料,增加后代选择的有效性和目的性,对谷子 F₃以后的选择起到指导作用。

1 材料与方法

1.1 材料

以嫩选 15 和大金苗杂交组合 F₂群体

收稿日期:2019-05-19

基金项目:国家现代农业产业技术体系(CARS-06-13. 5-B22)。

第一作者简介:马金丰(1966-),男,硕士,副研究员,从事谷子遗传育种研究。E-mail:hljmjf@163.com。

1 104 个单株为供试材料。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 2015 年在黑龙江省现代农业示范区试验基地种植杂交种,通过鉴定真伪杂种,甄选出真杂种;2016 年种植 F₁单穗,收获前调查 F₂群体株高、穗长、茎长、穗粗、节数等主要农艺性状,考种时测定穗重、穗粒重,共调查 1 104 个 F₂单株。

1.2.2 数据分析 对 F₂群体株高、穗长、茎长、穗粗、节数、穗重、穗粒重等主要农艺性状数据用 Excel 2003 进行数据整理统计。用 SAS 8.0 软件分析各性状之间的相关性^[13]。用 DPS 7.05 软件计算通径系数^[14]。

2 结果与分析

2.1 亲本及 F₂农艺性状的评价

首先对嫩选 15 和大金苗组合的 F₂群体株高、穗长、茎长、穗粗、节数、穗重、穗粒重共 7 个主要农艺性状的最大值、最小值、中位数等特征值分别进行统计(图 1 和表 1),发现各农艺性状之间差异较大,从农艺性状在 F₂群体中的分布频率可以看出,株高、穗长、节数、茎长、穗粗的偏度都小

于 1,呈现近似正态分布^[15-16]。穗长、穗重、穗粒重和穗粗偏度为正值,个体分布都偏向于大于平均数的方向偏斜,表现了明显的趋优趋势;株高、茎长和节数偏度为负值,个体分布都偏向于小于平均数的方向偏斜,有利于选择矮秆株系;其中,跟轻简栽培育种紧密相关的株高性状,其 F₂群体株高平均值为 120.23 cm(表 1),均小于双亲(♀ 135.6 cm;♂ 173.7 cm)。对株高性状进行统计分析,株高 100 cm 以下的特矮秆占到了 27.54%,株高 120 cm 以下的矮秆占到了 46.29%,株高 150 cm 以下的中矮秆占到了 90.67%,为矮秆育种增添了丰富的新型矮秆遗传基础资源,指导 F₃矮秆品系选育。

2.2 F₂农艺性状间的相关性

在 F₂群体中,各农艺性状之间普遍存在着相关性^[17],本研究中茎长和株高、穗重和穗长、穗重和穗粒重、穗粒重和穗长、穗重和穗粗等性状间相关系数均大于 0.80,且穗重和穗粒重的相关系数高达 0.99,节数和其他农艺性状之间虽然呈正相关,但是相关系数均较小,对产量的影响较少,可以通过选育节数较少的后代品系达到降低株高的目的。

表 1 F₂群体主要农艺性状分布

Table 1 Distributions of agronomic traits in F₂ population

性状 Character	均值 Average	标准偏差 Standard deviation	标准 误差 Standard error	方差 Variance	最小值 Minimum	最大值 Maximum	中位数 Median	极差 Range	校正平方和 Corrected sum of squares	偏差 系数 Deviation factor	偏度 Skewness	峰度 Kurtosis	t
株高 Plant height/cm	120.23	24.92	0.75	620.82	50.00	174.00	124.00	124.00	684769.70	20.72	-0.27	-0.99	160.33
穗长 Spike length/cm	18.92	5.66	0.17	31.98	5.00	40.00	19.00	35.00	35243.79	29.89	0.30	0.27	111.12
茎长 Stem length/cm	27.18	7.77	0.23	60.34	8.00	48.00	28.00	40.00	66491.03	28.58	-0.15	-0.74	116.20
穗重 Spike weight/g	13.85	9.32	0.31	86.77	0.60	64.60	11.80	64.00	77142.28	67.27	1.37	2.78	44.35
穗粒重 Grain weight per spike/g	11.20	7.40	0.22	54.80	0.50	53.60	9.60	53.10	59565.17	66.07	1.38	3.01	49.92
穗粗 Diameter of spike/mm	1.86	0.57	0.02	0.33	0.80	4.10	1.80	3.30	358.72	30.92	0.51	-0.10	106.66
节数 Node number	10.38	1.39	0.04	1.92	4.00	15.00	10.00	11.00	2117.59	13.36	-0.40	1.03	248.66

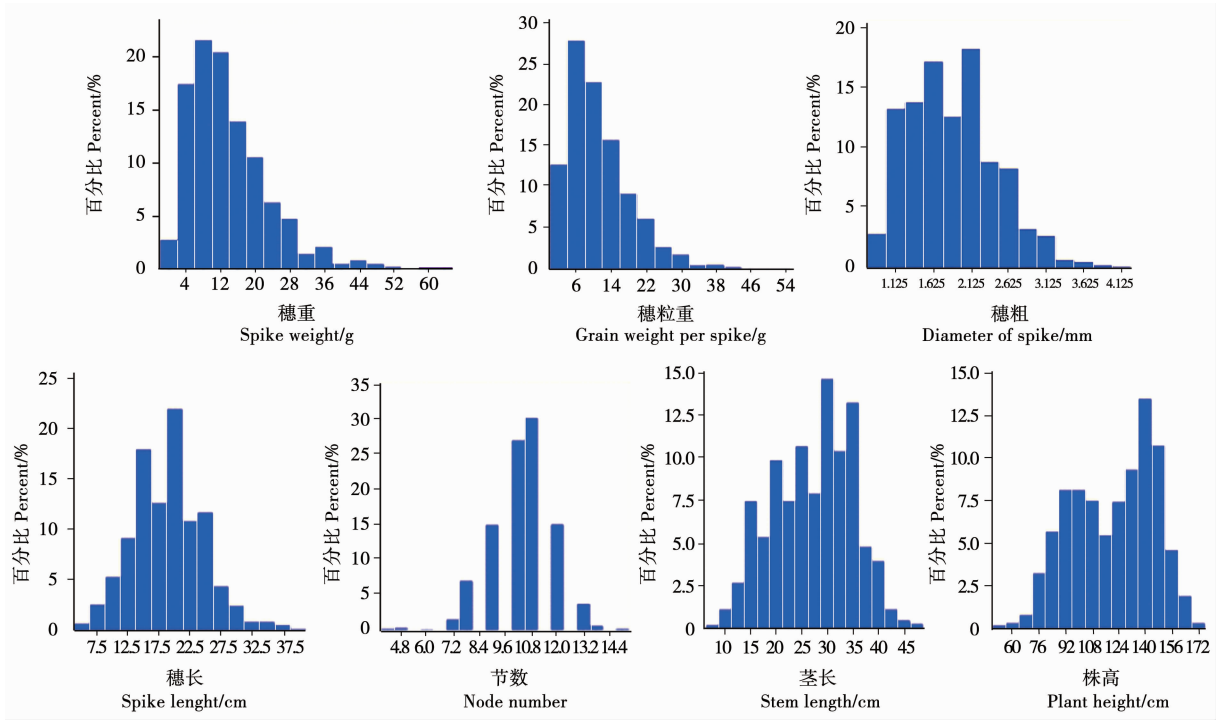


图 1 农艺性状在 F₂ 群体中的分布

Fig.1 Phenotype distribution in F₂ population

表 2 F₂ 群体主要农艺性状相关性分析

Table 2 Correlation analysis of the main agricultural traits in F₂ population

项目 Items	株高 Plant height	穗长 Spike length	茎长 Stem length	穗重 Spike weight	穗粒重 Grain weight per spike	穗粗 Diameter of spike
穗长 Spike length	0.49**					
茎长 Stem length	0.82**	0.30**				
穗重 Spike weight	0.47**	0.83**	0.29**			
穗粒重 Grain weight per spike	0.49**	0.81**	0.32**	0.99**		
穗粗 Diameter of spike	0.21**	0.71**	0.07*	0.83**	0.78**	
节数 Node number	0.52**	0.40**	0.27**	0.38**	0.39**	0.30**

* 为显著相关 $P<0.05$; ** 为极显著相关 $P<0.01$ 。
* is the significant correlation($P<0.05$); ** is extremely significant($P<0.01$).

2.3 F₂主要农艺性状对穗粒重的多元回归分析

以株高(X_1)、穗长(X_2)、茎长(X_3)、穗重(X_4)、穗粗(X_5)、节数(X_6) 6 个农艺性状为自变量,穗粒重为因变量进行多元逐步回归分析,用逐步回归法将茎长和节数两个性状剔除,筛选影响穗粒重最主要的性状,建立了穗粒重和其他性状的最优回归方程: $Y = 0.24946 + 0.00709 X_1 - 0.03229 X_2 + 0.83434 X_4 - 0.43102 X_5$ ($R^2 = 0.9876$, $F = 17376.7355$),回归方程和回归系数均达到极显著水平,其中株高、穗长、穗重和穗

粗决定了穗粒重变异的 98.76%。从最优方程中可以看出,株高、穗长、穗重和穗粗都对穗粒重有显著影响,其中穗重对穗粒重的影响最大。

2.4 F₂群体通径分析

谷子的各个农艺性状之间相互作用,相互影响,而相关系数只表明了两个性状之间的简单线性关系,忽略了性状间的互作,而通径分析可以将相关系数分解为直接作用和间接作用,这样就可以直接表示相关变量间对结果的直接影响效应。因此,本研究对 F₂ 群体进行了通径分析,结果如

表 3 所示,虽然株高、穗长、穗粗和穗重对穗粒重的综合作用均为正相关效应,但是从直接效应看,穗重直接效应最大,其他 3 个性状也是通过穗重

起作用,因此,穗粒重是影响单株产量最主要的因素^[18],在其他因素不变的情况下,选择大穗品种能够在一定程度上增产。

表 3 F₂群体通径系数
Table 3 Pathcoefficient of F₂ population

自变量 Independent variable	总相关系数 Total correlation coefficient	直接通径系数 Direct path coefficient	间接通径系数 Indirect path coefficient			
			→X ₁	→X ₂	→X ₄	→X ₅
X ₁	0.48926	0.02321		-0.01193	0.48484	-0.00686
X ₂	0.82160	-0.02443	0.01133		0.85838	-0.02368
X ₄	0.99319	1.02996	0.01092	-0.02036		-0.02733
X ₅	0.80559	-0.03307	0.00482	-0.0175	0.85134	

X₁、X₂、X₄ 和 X₅ 分别代表株高、穗长、穗重和穗粗。
X₁, X₂, X₄ and X₅ represent plant height, spike length, spike weight and spike diameter, respectively.

3 结论与讨论

大豆、绿豆、玉米、小麦、水稻等作物的农艺性状多数是受多基因控制的数量性状^[4,19-24],王晓宇等^[25]用沈 3 和晋谷 20 杂交组合的 F₂ 群体构建了谷子 SSR 分子图谱,其表型数据呈现连续分布,表明谷子农艺性状也是多基因控制的数量性状,存在基因连锁和互作。分析不同农艺性状之间的相关性,有利于找到跟育种目标紧密相关的性状,通过早期快速选择实现选育优良品种的目的。

3.1 亲本及 F₂ 农艺性状的评价

F₂ 群体普遍存在着超亲遗传现象^[26],特别是选择地理和生态类型差异较大的品种做亲本更为突出,因此,在 F₂ 分离群体中应该特别注意优良变异个体的选择^[12]。本研究中选择用黑龙江省第二、三积温带高产、矮秆、抗病的主栽品种嫩选 15 做母本,内蒙古自治区品质优良的农家品种大金苗做父本,既满足了母本高产早熟、父本优质晚熟的特征,又具有地理生态类型差异。

F₂ 群体除穗粒重和穗重外,其他主要农艺性状的偏度和峰度都小于 1,说明它们的分布频率大致符合正态分布,总体变异分布比较分散^[15];穗粒重的峰度大于 3,表明它的分布陡峭,峰态明显,总体变异的分布比较集中,穗重次之,其它性状峰度较小,分布平缓。构建的 F₂ 群体后代株高出现了超矮现象,最矮的单株株高只有 50.00 cm,统计学分析其偏度为-0.27,即 F₂ 群体多数个体株高偏矮,F₂ 群体株高的平均值为 120.23 cm,株高显著比父母本降低,个体分布向

小于均值的方向偏斜,有利于挖掘和选育矮秆株型品系。

本研究在对 F₃ 后代群体考种的过程中发现,极矮秆的个体不再继续分离,中高秆后代中可以继续分离出极矮秆个体,推测该类型极矮秆材料是由隐性基因控制,为谷子矮秆育种中矮秆基因的创造和导入提供了可能;F₃ 后代群体米色也存在很大程度的分离,为深入研究小米品质差异性奠定了基础。

3.2 F₂ 农艺性状间的相关性分析

通过该组合 F₂ 群体的 7 个农艺性状的相关性分析发现,茎长和株高、穗重和穗长、穗重和穗粒重、穗粒重和穗长、穗重和穗粗等性状间相关系数均大于 0.80,且穗重和穗粒重的相关系数高达 0.99,同李会霞等^[27]的研究结果一致。节数与穗重和穗粒重的相关系数小于 0.40,对产量的影响较小,株高与茎长和节数相关系数较高,在一定程度上可以通过降低茎长和减少节数达到降低株高的目的。但是实践证明,谷子遗传和表型相关存在一个极其复杂的关系,从单一性状作为有效相关选择十分困难,所以在育种中需要对多种相关性状综合考虑为宜。在主要目的性状的选择上严格把关,又要兼顾其他综合性状。对亲本差异较大的组合,由于后代 F₂ 群体分离幅度较大,需要在一定程度上加大选择压力,促进其产生较高的遗传进度^[12],增加选择效率。

参考文献:

[1] 刁现民. 中国谷子产业与未来发展[M]//刁现民. 中国谷子产业与产业技术体系. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2011: 20-30.

- [2] Diao X M. Production and genetic improvement of minor cereals in China[J]. The Crop Journal, 2017(5): 103-114.
- [3] 李景春. 黑龙江省谷子育种三十五年[J]. 黑龙江农业科学, 1986(2): 1-6.
- [4] 郭小蛟, 张涛, 蒋开锋, 等. 水稻籼梗交 F_8 、 F_2 群体穗长 QTL 比较分析[J]. 中国农业科学, 2013, 46(23): 4849-4857.
- [5] 王石华, 谭学林. 不同海拔产生的水稻 F_2 群体杂种优势及自交衰退研究[J]. 西南农业学报, 2015, 28(1): 16-21.
- [6] 康翠芳, 向珣朝, 龙小龙, 等. 籼爪交水稻 F_2 群体的蒸煮食味品质研究[J]. 植物遗传资源学报, 2015, 16(3): 561-568.
- [7] 毛善锋, 梁荣奇, 龙明山, 等. 17 个小麦 F_2 群体中单株籽粒 GMP 含量的分布[J]. 麦类作物学报, 2010, 30(4): 745-748.
- [8] 杨春华, 王淑荣, 杨力. 小麦杂种 F_2 代群体研究初报[J]. 麦类作物, 1998, 18(2): 1-3.
- [9] 杨光华, 王学林, 林幸, 等. ‘金蜜六号’甜瓜 F_2 群体重要农艺性状分析[J]. 中国瓜菜, 2017, 30(8): 12-15.
- [10] 盛云燕, 陈克农, 矫士琦, 等. 甜瓜 F_2 代群体果实性状的遗传分析[J]. 北方园艺, 2016(7): 9-12.
- [11] 郭德仁, 王光玲, 于延祚, 等. 谷子杂种 F_1 、 F_2 代早熟性遗传研究与分析[J]. 黑龙江农业科学, 1981(3): 9-13.
- [12] 刘晓辉. 谷子杂交育种研究 II. F_2 代遗传及选择效果的研究[J]. 吉林农业科学, 1991(3): 12-16.
- [13] 宁海龙. 田间试验数据的计算机分析[D]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [14] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 处理系统[D]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [15] 白戈, 王志民, 李秀秀. 甜瓜 F_2 群体农艺性状的分析[J]. 华北农学报, 2009, 24(S): 99-102.
- [16] 郭龙彪, 罗利军, 邢永忠, 等. 汕优 63 重组自交系群体重要农艺性状遗传分析和利用[J]. 作物学报, 2002, 28(5): 644-649.
- [17] 孙蕾, 程须珍, 王素华, 等. 栽培绿豆 V2709 抗豆象特性遗传分析[J]. 植物遗传资源学报, 2007, 8(2): 209-212.
- [18] 赵禹凯, 王显瑞, 陈高勋, 等. 谷子主要农艺性状的相关和通径分析[J]. 内蒙古农业大学学报, 2014, 35(2): 35-38.
- [19] 杨吉吉, 关荣霞, 王跃强, 等. 大豆遗传图谱的构建和若干农艺性状的 QTL 定位分析[J]. 植物遗传资源学报, 2004, 5(4): 309-314.
- [20] 梅丽, 程须珍, 王素华, 等. 绿豆产量相关农艺性状的 QTL 定位[J]. 植物遗传资源学报, 2011, 12(6): 948-956.
- [21] 倪正斌, 朱俊凯, 王陈燕, 等. 22 个玉米杂交组合农艺性状的主成分和动态聚类分析[J]. 大麦与谷类科学, 2017, 34(5): 18-22.
- [22] 李文振, 冯晓敏, 严金波, 等. 利用高代回交重组自交系群体定位玉米部分农艺性状的 QTL[J]. 华中农业大学学报, 2015, 34(4): 8-12.
- [23] 刘子会, 李国良, 张华宁, 等. 小麦耐热性性状鉴定及相关性状 QTL 研究进展[J]. 中国农学通报, 2016, 32(21): 51-57.
- [24] 魏少博, Priya L B, 王文生, 等. 两个水稻骨干恢复系重要农艺性状的遗传基础研究[J]. 植物遗传资源学报, 2017, 18(5): 801-809.
- [25] 王晓宇, 刁现民, 王节之, 等. 谷子 SSR 分子图谱构建及主要农艺性状 QTL 定位[J]. 植物遗传资源学报, 2013, 14(5): 871-878.
- [26] 程须珍, 王素华, 吴绍宇, 等. 绿豆抗豆象育种后代 F_2 群体遗传变异分析[J]. 植物遗传资源学报, 2004, 5(4): 364-368.
- [27] 李会霞, 王玉文, 田岗, 等. 谷子一些数量性状的遗传相关分析及其在育种上的应用[J]. 甘肃农业科技, 2005(4): 12-14.

Agronomic Characters Evaluation on F_2 Population of Nenxuan 15 \times Dajinmiao of Millet

MA Jin-feng, LI Zhi-jiang, LI Yan-dong

(Institute of Crop Resources, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

Abstract: In order to promote the breeding of dwarf, early maturity and high quality millet, this research took the 1 104 F_2 individuals of Nenxuan 15 and Dajinmiao as the materials. Seven major agronomic traits such as plant height, spike length, stem length, spike weight, grain weight per spike, diameter of spike, spike type, and node number were analyzed. The results showed that the bias and peak of the main agronomic traits such as plant height, spike length, node number, stem length, diameter of spike of the F_2 population were almost all less than 1, and they were normally distributed. The bias and peak of the spike weight and grain weight per spike were all significantly greater than 1, departure from the normal distribution; There was significant positive correlation among the agronomic traits. Among them, plant height separation was particularly obvious. Individuals with plant height below 120 cm in the F_2 generation reached 46.29%, which added rich new genetic resources for dwarf stalks breeding.

Keywords: foxtail millet; F_2 population; correlation analysis