

# 玉米籽粒性状的遗传效应分析

李玉玲<sup>1</sup>, 张泽民<sup>2</sup>, 许自成<sup>1</sup>, 席章营<sup>1</sup>

(1. 河南农业大学农学院, 郑州 450002; 2. 河南省洛阳农业高等专科学校农学系, 洛阳 471003)

**摘要:** 采用二倍体胚和三倍体胚乳种子遗传模型及其分析方法, 以 5 个玉米自交系及其配制的  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $BC_1$ ,  $BC_2$  世代为材料, 研究 5 个玉米种子性状的胚直接效应、胚乳直接效应、母体效应和细胞质效应。分析结果表明, 除粒宽外, 各性状的遗传同时由细胞质效应和胚、胚乳、母体基因效应所控制, 百粒重主要受胚乳和母体效应的影响, 粒长的遗传以母体效应为主, 粒宽和粒厚以胚乳效应为主。各部位籽粒百粒重的胚乳直接加性效应与母体加性效应的协方差达到显著或极显著水平, 其余性状的胚、胚乳直接效应与母体效应间的协方差均不显著, 通过母体植株的遗传表现可以对这些性状进行有效的选择。S<sub>22</sub> 是改良百粒重的优良亲本。

**关键词:** 玉米 种子性状 遗传方差和协方差 遗传效应

中图分类号: Q343.3

文献标识码: A

文章编号: 0253-9772(2000)03-0133-04

## Analysis of Genetic Effects on Kernel Traits in Maize (*Zea mays* L.)

LI Yu-ling<sup>1</sup>, ZHANG Ze-min, XU Zi-cheng, XI Zhang-ying

(1. Agronomy Department of Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002; 2. Agronomy Department of Luoyang Agricultural College, Luoyang 471003, China)

**Abstract:** The embryo, endosperm and cytoplasm effects of seven seed traits were studied by genetic model for diploid embryo and triploid endosperm plant seeds using five inbreds and their  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $BC_1$  and  $BC_2$  generations. The estimates of genetic variance components indicated that the inheritance of all other kernel traits was controlled by the four effects except kernel width. The 100-kernel weight was mainly controlled by endosperm and maternal effects, and kernel length was controlled by the maternal effects, while endosperm controlled kernel width and kernel thickness. Except the significant or highly significant covariances between the endosperm direct additive and maternal additive effects for 100-kernel weight, all other traits between the embryo or endosperm direct effect and the maternal were not significant. So, maize inbreds could be developed by direct selection based on maternal plants for these traits. S<sub>22</sub> was the best inbred of the improvement for kernel weight in this study.

**Key words:** maize; seed trait; genetic variance and covariance; genetic effects

作物的种子主要由胚和胚乳两部分组成, 且生长在母体植株上, 与母体植株相差一个世代。因此, 种子的某些性状可能同时受二倍体胚、三倍体胚乳、细胞质和母体植株基因的影响。以往人们主要从核基因角度采用形态性状的分析方法对百粒重的配合力、遗传力、遗传效应等进行了研究<sup>[1~2]</sup>, 而对粒长、粒宽、粒厚研究较少。且难以同时分析种子直接效

应、母体效应和细胞质效应。朱军、Zhu & Weir 根据混合线性模型的原理, 提出了可以同时分析二倍体胚或三倍体胚乳种子三类遗传效应的遗传模型及其分析方法<sup>[3~9]</sup>。吴吉祥、石春海、阿布东、何光华等分别对陆地棉种子性状<sup>[4]</sup>、籼型杂交稻的碾磨品质<sup>[5]</sup>、外观品质<sup>[6]</sup>、籼稻的稻米蒸煮品质<sup>[7]</sup>、高赖氨酸玉米的数量性状<sup>[11]</sup>和水稻籽粒游离氨基酸含量及产量

收稿日期: 1999-04-30; 修回日期: 1999-09-10

基金项目: 河南省攻关项目资助

作者简介: 李玉玲(1962-), 女(汉族), 硕士学位, 教授, 专业方向为作物遗传育种。

等<sup>[12]</sup>进行了遗传研究。但国内外均未能将普通玉米籽粒性状的遗传变异进一步分解为包括胚、胚乳、母体植株和细胞质 4 类遗传效应。本文采用二倍体胚和三倍体胚乳的种子遗传模型及其分析方法<sup>[3]</sup>, 研究玉米籽粒性状的各项遗传效应方差分量及其间的协方差分量, 预测各项遗传效应、遗传相关及遗传率, 旨在为玉米籽粒性状的改良提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 供试材料及田间试验

1997 年选用 5 个粒重和系谱来源不同的普通玉米自交系 (①S<sub>22</sub>, ②478, ③489, ④87-1, ⑤综 3) 按 Griffing(I) 模型组配单交组合, 1998 年种植亲本及 F<sub>1</sub>, 随机区组排列, 8 行区, 4 次重复, 密度为 56250 株/hm<sup>2</sup>。自交产生亲本和 F<sub>2</sub>, 以亲本和 F<sub>1</sub> 为双亲获得 F<sub>1</sub> 及回交一代种子 BC<sub>1</sub>, BC<sub>2</sub>(以 F<sub>1</sub> 作母本)。生理成熟时收获, 待自然干燥后选有代表性的 20 穗, 按单穗考查穗长、穗粗、穗行数、行粒数, 每穗分上、中、下不同部位 (各占 1/3) 分别脱粒, 称取各部位籽粒百粒重和平均百粒重 (依次以 LW<sub>1</sub>, LW<sub>2</sub>, LW<sub>3</sub> 和 LW 表示), 量穗轴粗 (LC)、中部籽粒的粒宽 (LK) 和粒厚 (LH) 然后计算各性状的平均值。

### 1.2 统计分析方法

应用二倍体胚和三倍体胚乳的种子遗传模型及其分析方法<sup>[3,9-10]</sup>估算各性状的胚直接加性方差 (V<sub>Ao</sub>)、胚直接显性方差 (V<sub>Do</sub>)、胚乳直接加性方差

(V<sub>Ae</sub>)、胚乳直接显性方差 (V<sub>De</sub>)、细胞质方差 (V<sub>c</sub>)、母体加性方差 (V<sub>Am</sub>)、母体显性方差 (V<sub>Dm</sub>)、胚与胚乳直接加性协方差 (C<sub>Ao·Ae</sub>)、胚与胚乳直接显性协方差 (C<sub>Do·De</sub>)、胚与母体加性协方差 (C<sub>Ao·Am</sub>)、胚与母体显性协方差 (C<sub>Do·Dm</sub>)、胚乳与母体加性协方差 (C<sub>Ae·Am</sub>) 和胚乳与母体显性协方差 (C<sub>De·Dm</sub>) 以及成对性状间各项遗传相关系数。采用调整无偏预测法<sup>[10]</sup> 预测亲本的各项遗传效应值。采用 Jackknife 重复抽样技术估算各估计值和预测值的标准误<sup>[8-9]</sup>, 对各参数进行显著性测验。所有数据的运算均采用朱军的软件<sup>[3]</sup>在 IBM PC 机上进行。

## 2 结果与讨论

### 2.1 玉米籽粒性状的遗传方差和协方差分析

各性状的基因效应方差分量及协方差分量估值列于表 1。由表 1 可知, 除粒宽的胚直接遗传方差分量 (V<sub>Ao</sub> + V<sub>Do</sub>) 不显著外, 其余各性状的胚直接遗传方差分量、胚乳直接遗传效应方差分量 (V<sub>Ae</sub> + V<sub>De</sub>)、母体遗传效应方差分量 (V<sub>Am</sub> + V<sub>Dm</sub>) 和细胞质遗传方差分量 (V<sub>c</sub>) 均达到极显著水平, 且中下部位籽粒百粒重的胚乳直接方差分量和母体方差分量大于胚直接方差分量和细胞质方差分量, 表明胚直接基因效应、胚乳直接基因效应、细胞质效应和母体基因效应同时控制百粒重、粒长和粒厚。百粒重主要受胚乳和母体效应的影响; 粒长的遗传以母体效应为主, 粒宽和粒厚以胚乳效应为主。

表 1 普通玉米籽粒性状的遗传方差和协方差

Table 1 Genetic variances and covariances of kernel traits in normal maize

参数	LW <sub>1</sub>	LW <sub>2</sub>	LW <sub>3</sub>	LW	LC	LK	LH
V <sub>Ao</sub>	10.7488**	11.4223**	10.0828**	10.3411**	0.0138	0.0000	0.0137**
V <sub>Do</sub>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0241**	0.0000	0.0000
V <sub>Ae</sub>	10.2069**	9.8170**	10.6861**	9.9270**	0.01**	0.0000	0.0140*
V <sub>De</sub>	45.6479**	97.6184**	102.6800**	88.8561**	0.0000	0.1583**	0.1789**
V <sub>c</sub>	19.2032**	28.3540**	0.0000	6.0496**	0.0000	0.0206**	0.0000
V <sub>Am</sub>	47.8627**	49.5526**	48.1085**	46.4253**	0.0663**	0.0000	0.0582**
V <sub>Dm</sub>	21.9724**	25.9910**	30.3253**	24.3303**	0.0380**	0.0114**	0.0195**
C <sub>Ao·Ae</sub>	0.0875	-0.9732	-2.1634	-0.9475	-0.0049	0.0000	0.0045
C <sub>Do·De</sub>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C <sub>Ao·Am</sub>	-19.0772	-19.9414	-13.5764	-18.2091	-0.0146	0.0000	-0.0163
C <sub>Do·Dm</sub>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0521	0.0000	0.0000
C <sub>Ae·Am</sub>	132.16**	33.6725**	40.1051*	34.2177*	0.0000	0.0000	0.0076
C <sub>De·Dm</sub>	11.7882	36.7994	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0053	0.0000
V <sub>e</sub>	15.0767	11.5744	9.6295*	11.3072	0.0114**	0.0116**	0.0191*
V <sub>p</sub>	420.635**	333.444**	260.242**	227.3590**	0.2311**	0.1912**	0.2949*

表2 5个亲本籽粒性状的遗传效应序测值

Table 2 Predicted genetic effects of kernel characters in five inbreds

自交系	$LW_1$					$LW_2$						
	<i>Aoi</i>	<i>Aei</i>	<i>Dei</i>	<i>Ci</i>	<i>Ami</i>	<i>Dmi</i>	<i>Aoi</i>	<i>Aei</i>	<i>Dei</i>	<i>Ci</i>	<i>Ami</i>	<i>Dmi</i>
S <sub>2</sub>	-1.9283**	-0.3877	1.5781	4.3927**	3.0812**	-1.3116	-1.8801**	-0.0991	1.0331	4.5634**	3.5621**	-1.001
478	1.9646**	0.1362	0.1877	-0.7981	-3.6563**	-3.0966**	1.6925*	-0.0536	0.4819	-0.5338	-3.4917**	-3.3459**
489	1.5092**	-0.2423	0.0400	-1.9785	-3.5026**	-6.2523**	1.5412**	-0.2088	-0.2649	-0.7944	-3.4994**	-6.0233**
87-1	-1.6447**	-0.0250	0.1256	-0.5676	3.2392**	-3.4566**	-1.6628**	-0.0056	0.5908	-1.7904*	3.3141**	-4.0373**
综3	0.0095	0.5191	0.9434	-1.0488	0.8390	-3.2511	0.3095	0.3674	-0.6085	-1.4447	0.1154	-5.2137*

  

自交系	$LW_3$					$LC$				$LK$			
	<i>Aoi</i>	<i>Aei</i>	<i>Dei</i>	<i>Ami</i>	<i>Dmi</i>	<i>Aoi</i>	<i>Doi</i>	<i>Aei</i>	<i>Ami</i>	<i>Dmi</i>	<i>Dei</i>	<i>Ci</i>	<i>Dmi</i>
S <sub>2</sub>	-1.0506	0.4986	-0.0948	3.0985**	-0.4698	0.0444	-0.0083	0.0040	-0.0807*	-0.1141**	0.0937	0.1092**	-0.0456
478	1.3833**	-0.0446	0.3789	-2.8552**	-2.9468**	0.0576	0.0379	0.0079	-0.0996	-0.0881**	0.0075	-0.0117	-0.0371
489	1.0855	-0.4458	-0.3980	-3.0622**	-4.7928**	-0.0482	-0.0343	-0.0043	0.0879*	-0.0988**	0.0429	-0.0629	-0.1308**
87-1	-1.7944**	-0.3133	1.0210	2.9619**	-5.4196**	-0.0086	-0.0101	-0.0043	0.0086	-0.2445**	-0.0013	-0.0063	-0.0069
综3	0.3765	0.3054	-0.7383	-0.1425	-5.6581**	-0.0452	-0.0469*	-0.0034	0.0837	-0.1313	-0.0246	-0.0283	-0.0756

  

LW						LH				
<i>Aoi</i>	<i>Aei</i>	<i>Dei</i>	<i>Ci</i>	<i>Ami</i>	<i>Dmi</i>	<i>Aoi</i>	<i>Aei</i>	<i>Ami</i>	<i>Dmi</i>	
-1.6231**	0.0028	0.8415	4.1793**	3.2519**	-0.9275	0.0967	0.0575	-0.0783	-0.0003	
1.6757**	0.0111	0.3509	-0.5351	-3.3287**	-3.1287**	-0.1386	-0.0504*	0.1765	-0.0271	
1.3795*	-0.2989	-0.2504	-0.9931	-3.3564**	-5.6919**	0.0584	-0.0027	-0.1222**	0.0741	
-1.6989**	-0.1137	0.5805	-1.4525	3.1701**	-4.3062**	-0.0039	-0.0039	0.0001	0.1357**	
0.2672	0.3991	-0.7626	-1.1988	0.2636	-4.7140*	-0.0125	-0.0005	0.0239	0.1526**	

在基因主效应中,除粒宽外,各性状的胚直接加性、胚乳直接加性和母体加性方差均达到极显著水平,各部位籽粒百粒重的胚乳直接显性方差和母体显性方差,粒长、粒宽和粒厚的母体显性方差,粒长的胚直接显性方差,粒长的胚直接显性方差,粒宽和粒厚的胚乳直接显性方差均达到极显著水平,表明这些性状的母体杂种优势、胚乳杂种优势及粒长的胚杂种优势会同时存在。在玉米自交系选育过程中,除粒宽外,对各性状均可以有效地进行基因的累加选择,在组配杂交组合时,还要充分利用母体植株和胚乳的杂种优势。

在各项协方差中,仅各部位籽粒百粒重的胚乳直接加性效应与母体加性效应的协方差( $C_{Ae \cdot Am}$ )达到显著或极显著水平,其余均不显著。说明在玉米育种中,可以通过母体植株的表现对这些性状进行有效的选择,百粒重的胚乳直接加性效应与母体加性效应间有较强的遗传正相关,对大粒玉米自交系的选育也是十分有利的。此外,下部籽粒百粒重、粒长、粒宽和粒厚的机误方差分量也达到了极显著或显著水平,说明这些性状同时受环境误差、抽样误差或测定误差的影响,但其在表现型总方差中所占的分量均较小。

## 2.2 亲本各性状遗传效应值的预测

对5个亲本遗传方差显著的籽粒性状估算其遗传效应值。由表2可知,5个亲本中, $S_{22}$ 的母体加性效应对各部位籽粒百粒重,细胞质效应对上、中部籽粒和平均百粒重均具有极显著的正向效应,且各类显性效应均不显著,虽然上、中部籽粒和平均百粒重的胚直接加性效应达到显著或极显著水平,但其在表现型总方差中所占份额较小;87-1的各部位籽粒百粒重具有极显著的正向母体加性效应,但胚直接加性效应和母体显性效应均为极显著负值;489和478百粒重的胚直接加性效应虽为显著或极显著的正值,但母体加性、母体显性效应均为极显著负值;综3中、下部籽粒及平均百粒重的母体显性效应为显著负值,其余各类效应均不显著。因此,就改良百粒重而言,以 $S_{22}$ 作母本组配选系基础材料,有利于提高后代选系的百粒重,87-1次之,478、489和综3不宜作为提高粒重的改良亲本。此外,各自交系百粒重的各类显性效应均为极显著、显著的负值或不显著的正值和负值,因此,要组配出粒重较高的杂交种,必须从选育大粒自交系入手,在选系过程中不断聚集更多的有利基因。

从粒长、粒宽和粒厚3个粒度性状的亲本各类遗传效应看,以 $S_{22}$ 作母本有利于粒宽的改良,87-1和综3作亲本组配杂交组合对提高 $F_1$ 粒厚有利。

## 2.3 玉米籽粒性状的遗传率表现

表3列出了各性状的遗传率计算结果。由表3可以看出,除粒宽外各性状均以母体遗传率最高,其次为种子直接遗传率,而细胞质遗传率较小,说明这些性状主要通过母体植株遗传,也可以通过种子直接遗传给后代。粒宽只通过细胞质遗传,且粒长、粒

表3 普通玉米籽粒性状的遗传率

参数	$LW_1$	$LW_2$	$LW_3$	$LW$	$LC$	$LK$	$LH$
$h_o^2$	0.3189	0.1014	0.1734	0.1554	0.0281	0.0000	0.0797
$h_m^2$	0.3826	0.1898	0.2868	0.2746	0.2237	0.0000	0.1679
$h_c^2$	0.0457	0.0085	0.0000	0.0266	0.0000	0.1077	0.0000
$h_N^2$	0.7472	0.3762	0.4602	0.4566	0.2518	0.1077	0.2476

宽、粒厚的狭义遗传力均较小,说明它们同时受其他因素的影响较大,不宜在早代直接进行选择。

在本研究的供试材料中, $S_{22}$ 是改良粒重的最适亲本。

## 参考文献:

- [1] 张文正.一种估算加性和非加性遗传变异的新方法[J].遗传,1991,13(1):10~13.
- [2] 张泽民、贾长柱.株型对遗传增益的影响[J].遗传,1997,19(2):31~34.
- [3] 朱军.遗传模型分析方法[M].北京:中国农业出版社,1997.
- [4] 吴吉祥、王国建、朱军,等.陆地棉种子性状直接效应和母体效应的遗传分析[J].作物学报,1997,21(6):658~664.
- [5] 石春海、朱军.粳型杂交水稻碾米品质的遗传分析[J].生物数学学报,1992,7(4):37~45.
- [6] 石春海、朱军.粳型杂交稻米外观品质的种子和母体遗传效应分析[J].北京农业大学学报,1993,19(增刊):69~74.
- [7] 石春海、朱军.粳稻米蒸煮品质的种子和母体遗传效应分析[J].中国水稻科学,1994,8(3):129~134.
- [8] 朱军.Mixed model approaches for estimating variances and covariances[J].生物数学学报,1992,9(1):1~11.
- [9] Zhu J, B S Weir. Analysis of cytoplasmic and maternal effects II. Genetic model for triploid endosperms[J]. Theor Appl Genet, 1994, 89(2):160~166.
- [10] 朱军.作物杂种后代基因型值和杂种优势的预测方法[J].生物数学学报,1993,8(2):32~44.
- [11] 阿布东、张全德.高赖氨酸玉米(Opaque-2)数量性状的遗传研究[J].浙江农业大学学报,1994,20(6):560~565.
- [12] 何光华、谢戎、郑家奎,等.水稻籽粒游离氨基酸含量及其产量的种子和母体遗传效应分析[J].生物数学学报,1995,10(4):71~77.