

# 饲用玉米主要农艺性状的基因效应与遗传变异分析

逯晓萍<sup>1</sup>,米福贵<sup>2</sup>,云锦凤<sup>2</sup>,张瑞霞<sup>3</sup>,张 众<sup>2</sup>,吕学理<sup>1</sup>

(1. 内蒙古农业大学 农学院,内蒙古 呼和浩特 010019;

2. 内蒙古农业大学 生态环境学院,内蒙古 呼和浩特 010019;3. 呼和浩特市种子管理站,内蒙古 呼和浩特 010020)

**摘要:**采用世代均数分析法研究了2个饲用玉米杂交组合的 $P_1, P_2, F_1, F_2$ 和 $B_1, B_2$ 6个世代材料的8个性状的遗传表达特点。结果表明,世代间有显著差异,8个性状中加性效应是世代间遗传变异的主要因子,其遗传贡献率在60%以上,因而,可以对这些性状进行直接选择。显性效应和上位性效应在大多数性状中达到了显著和极显著水平,并且,遗传贡献率在10%以上,只因性状和试材不同,非加性效应的重要程度有一定差异,但其遗传变异的作用是不可忽视的。

**关键词:**饲用玉米;基因效应;遗传变异

**中图分类号:**S513.01 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-7091(2005)01-0067-04

## Gene Effect and Genetic Variation of Main Agronomic Characters in Feeding Maize

LU Xiao-ping<sup>1</sup>, MI Fu-gui<sup>2</sup>, YUN Jin-feng<sup>2</sup>, ZHANG Rui-xia<sup>3</sup>, ZHANG Zhong<sup>2</sup>, LÜ Xue-li<sup>1</sup>

(1. College of Agronomy, Inner Mongolia Agriculture University, Huhhot 010019, China;

2. College of Ecology and Environment, Inner Mongolia Agriculture University, Huhhot 010019, China;

3. Huhhot Seed Management Station, Huhhot 010020, China)

**Abstract:** Generation mean analysis was used in eight agronomic characters associated with  $P_1, P_2, F_1, F_2, B_1$  and  $B_2$  from two feeding maize hybrid combination. The results showed that difference was significant in the six generations above. The genetic contribution rate of additive effect was more than 60%. These characters can be selected directly. For dominant effect and epistatic effect, the difference was also significant. Their heritability was more than 10%. Non-additive effect differed with different traits and materials.

**Key words:** Feeding maize; Gene effect; Genetic variation

随着饲养业及饲料工业的飞速发展,对玉米的需求量大量增加。培育高产、早熟和矮秆的玉米品种是大多数地区玉米育种的目标,而且,关于这些目标及其有关的一些性状的遗传规律已有许多研究报道<sup>[1~4]</sup>。然而,以饲养牲畜需求为目标的研究甚少。本文是对所选育的两个杂交组合,在蛋白质含量、纤维含量、脂肪含量和粗、精比以及绿叶保持时间等一系列的研究基础上,进一步分析其主要农艺性状的基因效应及各类基因效应的遗传贡献率,以便为饲用玉米育种提供一些信息。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

供试材料采用自交系196和吉63以及近年来根据饲用育种目标利用二环系自选的2000-2-F和2000-1-M两个自交系,组配的两个杂交组合(以下简称为组合1和组合2)。2001~2002年进行自交、杂交和回交,得到 $P_1, P_2, F_1, F_2, B_1, B_2$ 种子,2003年将这12个世代材料种植在内蒙古农业大学高新技术园区,随机排列,重复3次,行长5 m,行距0.50

收稿日期:2004-05-16

基金项目:内蒙古自然科学基金资助项目(200208020301)

作者简介:逯晓萍(1960-),女,在读博士,副教授,主要从事饲用作物遗传育种的教学和研究工作。

m,株距 0.30 m。 $P_1, P_2, F_1$  为 3 行区, $F_2, B_1, B_2$  为 10 行区。试验田管理与大田管理相同。

## 1.2 方法

各世代分别考查每重复各小区植株的株高、穗位高、叶片数、穗上叶均长、穗上叶均宽、茎粗、穗长、单株鲜重 8 个性状,其中  $P_1, P_2$  和  $F_1$  每小区考查 10 株, $B_1, B_2$  和  $F_2$  每小区考查 60 株。

将试验小区平均数进行基因型间的方差分析,基因型间方差显著后,再进行分离世代株间和基因型间的方差分析,株间及基因型方差显著后,按 Mather<sup>[5]</sup>介绍的单一尺度法检验 8 个性状的遗传有无上位性效应存在。当测验结果表明有上位性效应存在时,采用世代均数法<sup>[6]</sup>估算了各性状的  $m, [a], [d], [aa], [ad], [dd]$  6 个基因效应值,并利用相应的标准误进行显著性测验。最后采用郭平仲等<sup>[7]</sup>介绍的多元回归程序进行各性状基因效应平方和的

剖分,并进而求出各基因对性状总遗传变异贡献的百分率,即遗传贡献率。

## 2 结果与分析

### 2.1 方差分析

将 8 个性状的方差分析结果列于表 1。从表 1 可知,重复内方差不显著,基因型间方差均达极显著差异,表明供试材料的世代群体间有很大的遗传差异。

在以上方差分析结果的基础上,对分离世代 8 个性状又进一步作了方差分析(表 2),结果表明,各分离世代群体间差异极显著,同一分离世代株间差异也达极显著水平。说明由于亲本性状差异导致了自交和回交后代群体的性状分离。在同一分离世代内,由于基因的分离与重组,使群体株间也发生了广泛的遗传变异。

表 1 8 个性状的方差分析结果

Tab.1 Variance analysis of 8 agronomic characters

变异来源 Source of variation	自由度 df	株高 Plant height	穗位高 Ear height	叶片数 Number of leaves	穗上叶均长 Average leaf length above spike	穗上叶均宽 Average leaf width above spike	茎粗 Stem diameter	穗长 Spike length	单株鲜重 FW. per plant
重复	2	36.56	41.62	16.38	8.78	2.32	12.51	5.66	4.48
基因型	11	861.25**	346.56**	435.86**	203.08**	46.12**	132.35**	276.58**	76.46**
误差	22	64.56	38.83	21.41	15.38	2.46	9.59	3.62	4.36

表 2 分离世代 8 个性状方差分析结果

Tab.2 Variance analysis of 8 segregatin characters

变异来源 Source of variation	自由度 df	株高 Plant height	穗位高 Ear height	叶片数 Number of leaves	穗上叶均长 Average leaf length above spike	穗上叶均宽 Average leaf width above spike	茎粗 Stem diameter	穗长 Spike length	单株鲜重 FW per plant
株间	179	568.52**	208.43**	138.62**	106.46**	11.58**	52.26**	76.38**	26.16**
基因型	5	6758.62**	3569.46**	2134.85**	1026.38**	65.62**	189.76**	466.23**	256.96**
误差	895	86.48	67.22	42.11	21.36	1.98	18.25	9.21	5.28

### 2.2 尺度检验

采用单一尺度法对 8 个性状是否存在上位性遗传效应进行了检验。结果见表 3。从表 3 可以看

出,8 个性状的遗传除具有加性效应和显性效应外,还存在上位性效应。

表 3 尺度检验结果

Tab.3 Measure test

组合	检验尺度	自由度	株高 Plant height	穗位高 Ear height	叶片数 Number of leaves	穗上叶均长 Average leaf length above spike	穗上叶均宽 Average leaf width above spike	茎粗 Stem diameter	穗长 Spike length	单株鲜重 FW per plant
组合 1	A	47	22.533** ± 1.265	18.136** ± 2.148	7.384** ± 1.025	5.216** ± 1.856	1.066 ± 0.832	6.261** ± 2.417	-4.853** ± 1.563	0.968 ± 0.736
	B	47	86.126** ± 3.232	34.521** ± 1.853	2.016* ± 0.354	9.335** ± 2.937	5.525** ± 2.161	-8.782** ± 3.881	5.315** ± 2.072	-3.621** ± 0.614
	C	86	35.625** ± 5.556	52.227** ± 6.915	1.529 ± 0.423	16.783** ± 3.472	0.431 ± 1.256	-11.543** ± 5.126	17.163** ± 4.117	4.276** ± 1.431
组合 2	A	47	-16.564** ± 3.517	8.75** ± 2.017	10.29** ± 3.185	1.238 ± 0.612	-0.886 ± 0.521	3.808** ± 1.017	2.145* ± 0.432	0.288 ± 1.606
	B	47	42.376** ± 2.316	1.385 ± 0.253	-6.752** ± 2.136	-0.589 ± 1.322	0.369 ± 1.286	-1.126 ± 0.736	-0.798 ± 0.816	2.312* ± 0.255
	C	86	91.169** ± 4.125	62.158** ± 3.413	33.615** ± 4.863	4.562** ± 1.892	3.758** ± 0.589	0.654 ± 0.847	3.812** ± 1.045	1.018 ± 0.856

### 2.3 基因效应分析

将组合 1 和组合 2 的 8 个性状采用世代均数法

对  $m, [a], [d], [aa], [ad], [dd]$  效应值进行了估算,并将结果列于表 4。从表 4 可知,在组合 1 和组合 2

中,株高的加性、显性和三种上位性效应都达显著和极显著水平,而且在数值大小上,[d]有最大效应值,并为正值。说明供试材料株高的正向杂种优势是明

显的。另外,加性效应也都达到极显著,但数值上小于显性效应,表明[a]的作用小于[d]的作用。在上位性效应中,[ad](加性×显性)都达极显著水平。

表 4 8 个性状的基因效应估值

Tab. 4 Gene effect value of 8 characters

变异来源	参数	株高 Plant height	穗位高 Ear height	叶片数 Number of leaves	穗上叶均长 Average leaf length above spike	穗上叶均宽 Average leaf width above spike	茎粗 Stem diameter	穗长 Spike length	单株鲜重 FW per plant
组合 1	m	130.990** ± 12.186	106.750** ± 8.425	20.676** ± 3.586	61.130** ± 15.172	11.116** ± 1.232	19.425** ± 5.229	21.385** ± 4.267	32.320** ± 6.378
	[a]	24.420** ± 2.921	10.956** ± 1.318	6.208** ± 2.159	9.392** ± 0.261	8.165** ± 0.212	10.615** ± 1.304	9.915** ± 0.452	10.156** ± 1.024
	[d]	78.6861* ± 6.836	27.072** ± 4.036	2.866** ± 0.432	12.860** ± 2.258	15.048** ± 3.274	4.468 ± 0.231	6.425* ± 0.313	17.359** ± 5.135
	[aa]	7.042* ± 0.431	-6.803* ± 0.129	0.680 ± 0.153	6.846* ± 0.813	12.260** ± 2.138	-0.340 ± 2.456	-1.669 ± 2.584	-0.496 ± 1.258
	[ad]	38.040** ± 9.532	31.102** ± 5.532	-1.025 ± 0.217	-18.805** ± 4.732	-8.702* ± 0.151	0.030 ± 3.218	-1.716 ± 0.988	6.300* ± 0.216
	[dd]	-27.126** ± 3.139	-15.820* ± 0.217	-3.229** ± 1.013	-6.360* ± 0.245	-3.760 ± 2.138	8.810* ± 0.027	2.110 ± 1.266	10.910** ± 1.503
组合 2	m	40.370** ± 10.734	56.275** ± 9.892	21.825** ± 7.863	50.805** ± 9.126	14.530** ± 4.412	17.086* ± 4.125	23.325** ± 5.533	28.045** ± 3.481
	[a]	19.626** ± 0.487	28.345** ± 3.481	4.215** ± 1.135	15.215** ± 3.439	-13.789** ± 2.563	9.476** ± 0.253	7.685* ± 1.082	6.135* ± 0.122
	[d]	48.684** ± 15.263	38.545** ± 6.535	2.775* ± 0.381	4.905 ± 1.734	-16.220** ± 5.116	-3.139 ± 2.721	5.175 ± 0.153	19.905** ± 3.658
	[aa]	-39.080** ± 7.124	-26.060** ± 5.046	0.740 ± 0.216	4.881 ± 1.102	-4.068 ± 1.374	-0.280 ± 1.517	3.540 ± 2.316	-2.480 ± 2.569
	[ad]	45.926** ± 11.217	24.410** ± 2.343	-1.578* ± 0.132	-13.036** ± 2.124	-2.269 ± 2.087	0.946 ± 0.384	-2.630 ± 1.829	6.476* ± 0.457
	[dd]	-6.720* ± 0.512	-9.396* ± 1.163	-1.056 ± 0.343	-28.119** ± 6.345	11.920** ± 1.315	2.620 ± 0.892	-6.659 ± 0.412	8.836* ± 1.625

注: \* 表示 5% 水平上显著, \*\* 表示 1% 水平上显著 Note: \*, \*\* denoted significance at 0.05, 0.01 levels

穗位高的各种基因效应与株高的情况基本一致,表明穗位高和株高在遗传上有内在联系。叶片数的加性效应和显性效应与株高和穗位高的情况相近。但在上位性效应中,[aa](加性×加性)对组合 1 和组合 2 均不显著,[ad]对组合 1 不显著,对组合 2 显著,而[dd](显性×显性)是组合 1 达到极显著,组合 2 不显著。

从穗上叶均长的基因效应来看,两组合的加性效应为极显著,显性效应是组合 1 为极显著,组合 2 不显著,[ad]效应两组合均是极显著的,[aa]对组合 1 显著,组合 2 不显著,[dd]是组合 1 显著,组合 2 极显著。

加性效应对穗上叶均宽的作用是组合 1 为显著,组合 2 为极显著,显性效应是两组合均为极显著,[aa]是组合 1 极显著,组合 2 不显著,[ad]是组合 1 显著,组合 2 不显著,[dd]是组合 1 不显著,组合 2 极显著。

控制茎粗的基因效应中,两组合的加性效应均为极显著,显性效应均为不显著。组合 1 中的[dd]为显著。

对控制穗长的基因效应来说,加性效应在两组合中分别为极显著和显著,显性效应是组合 1 显著,组合 2 不显著,另外,组合 2 的[dd]为显著。

在单株鲜重中,两组合的[d]均为极显著,并且有较大的正效应值,表明了正向的杂种优势。另外,

上位性效应的影响也很明显,两组合的[ad]和[dd]分别达到了显著和极显著水平。

## 2.4 基因效应的遗传贡献率

为分析基因效应在世代间的遗传变异中所起作用的相对大小,采用回归程序对世代平均值平方和进行了分割,结果列于表 5。株高的表现在两个组合内基本一致,各基因效应贡献于世代间总变异的百分率为很相近(表 6)。两个组合的加性效应为极显著,并且,加性遗传变异分别占世代间总变异的 83.56% 和 77.58%,两组合穗位高的加性遗传变异分别占总变异的 80.51% 和 71.33%;加性效应对两组合的叶片数、穗上叶均长、均宽、茎粗、穗长、单株鲜重的遗传贡献率分别是: 74.52% 和 80.77%; 84.51% 和 82.34%; 73.64% 和 60.13%; 90.94% 和 85.54%; 70.93% 和 88.07%; 86.07% 和 79.26%。说明加性效应是这 8 个性状遗传变异的主导因素。显性效应的作用也相当重要,在组合 1 中,除茎粗不显著外,其他性状均达到显著或极显著水平;组合 2 中,除穗上叶均长、茎粗和穗长不显著外,其他性状也均达显著或极显著水平,并且,其遗传贡献率均在 10% 以上。

由表 5 可知,在两组合中,穗上叶均宽和穗长的离差均是显著的,同时,在组合 2 中,株高、穗位高和单株鲜重的离差达到极显著和显著水平,而且,这些性状的上位性效应的遗传贡献率都在 1/5 以上。显

然,上位性效应也是不可忽视的。特别是对于穗长来说,上位性效应似乎比显性效应的作用更重要些。

表 5 各性状世代平均值平方和的分割

Tab.5 Analysis on the quadratic sum of generation mean value of the traits

组合 Combination	变异来源 Source of variation	自由度 df	株高 Plant height	穗位高 Ear height	叶片数 Number of leaves	穗上叶均长 Average leaf length above spike	穗上叶均宽 Average leaf width above spike	茎粗 Stem diameter	穗长 Spike length	单株鲜重 FW. per plant
组合 1	世代	5	215.88	156.46	58.35	81.23	26.02	2.76	0.86	15.58
	a	1	180.39**	125.96**	43.48**	68.65**	19.16**	2.51**	0.61**	13.41**
	d	1	26.93**	17.73**	12.63**	9.39*	3.87*	0.04	0.11*	1.56*
	离差	3	8.56	12.77*	2.42	3.19	2.99*	0.21	0.14*	0.61
	aa	1	4.02	4.38	1.09	1.22	1.06	0.18	0.06	0.18
	ad	1	3.25	5.25	0.81	1.05	1.42	0.05	0.05	0.09
	dd	1	1.29	3.14	0.52	0.92	0.51	0.02	0.03	0.34
	组合 2	5	189.26	138.75	62.83	76.52	38.65	3.25	2.18	28.16
组合 2	世代	5	189.26	138.75	62.83	76.52	38.65	3.25	2.18	28.16
	a	1	146.93**	98.97**	50.75**	63.01**	23.24**	2.78**	1.92**	22.32**
	d	1	22.51**	23.34**	6.36*	6.12	4.82*	0.28	0.04	3.01*
	离差	3	19.92**	16.44	5.72	7.39	10.59*	0.19	0.22*	2.83*
	aa	1	8.08	5.22	3.26	1.24	5.18*	0.10	0.13	1.52
	ad	1	6.78	6.92	1.41	2.13	0.52	0.06	0.05	0.85
	dd	1	5.06	4.30	1.05	4.02	4.89*	0.03	0.04	0.46

表 6 各基因效应贡献总遗传变异的百分率

Tab.6 Percentage of the overall genetic variation of genes effect contributions

%

组合 Combination	变异来源 Source of variation	株高 Plant height	穗位高 Ear height	叶片数 Number of leaves	穗上叶均长 Average leaf length above spike	穗上叶均宽 Average leaf width above spike	茎粗 Stem diameter	穗长 Spike length	单株鲜重 FW. per plant
组合 1	世代	100	100	100	100	100	100	100	100
	a	83.56	80.51	74.52	84.51	73.64	90.94	70.93	86.07
	d	12.47	11.33	21.65	11.56	14.87	1.45	12.79	10.01
	离差	3.97	8.16	4.14	3.93	11.49	7.61	16.28	3.92
	aa	1.86	2.80	1.87	1.50	4.07	6.52	6.98	1.16
	ad	1.51	3.36	1.39	1.29	5.48	1.81	5.81	0.58
	dd	0.60	2.01	0.89	1.13	1.96	0.72	3.49	2.18
	组合 2	100	100	100	100	100	100	100	100
组合 2	世代	100	100	100	100	100	100	100	100
	a	77.58	71.33	80.77	82.34	60.13	85.54	88.07	79.26
	d	11.89	16.82	10.12	8.00	12.47	8.62	1.83	10.69
	离差	10.53	11.85	9.10	9.66	27.40	5.85	10.09	10.05
	aa	4.27	3.76	5.19	1.62	13.40	3.08	5.96	5.40
	ad	3.58	4.99	2.24	2.78	1.35	1.85	2.29	3.02
	dd	2.67	3.10	1.67	5.25	12.65	0.92	1.83	1.63

### 3 讨论

在育种中,把遗传效应划分为加性和非加性效应两大类。本试验的结果表明,控制株高、穗位高、叶片数、叶长、叶宽、茎粗、穗长、单株鲜重等性状表现的基因效应基本上是加性的。这意味着这些性状的狭义遗传力和一般配合力的估值较高,进行直接选择的效果将是好的。因为,当性状的遗传显著地受加性效应控制时,只要选择相应的这类性状的优良亲本,就有可能得到相应的优良性状表现的杂交组合。因此,为改良以上性状的育种提供了有益的参考。

数量性状遗传受多基因控制,因而,在众多位点间彼此不可能没有互作。本研究上上位性效应对性状的遗传贡献大小,不同组合、不同性状的上位效应类型有所不同,但总的来看,株高、穗位高、穗上叶均宽、穗长以及单株鲜重等性状的效应值达到了显著或极显著,并且,其遗传贡献率达 10% 以上,有些性

状达 20% 以上。因此,在某些组合中上位性效应可能是对杂种优势和丰产性的重要贡献因子。Gamble 曾指出:在玉米群体产量遗传机制中上位效应不仅存在而且是重要的。所以,应重视上位性效应的分析和研究,充分利用非加性效应对性状所产生的杂种优势,提高玉米育种水平。

#### 参考文献:

- [1] 尹燕桦. 玉米主要性状基因效应及其与杂种优势关系的研究[J]. 山东农业大学学报, 1987, (1): 19-32.
- [2] 赖仲铭. 玉米几个自交系株型数量性状遗传的研究[J]. 中国农业大科学, 1981, (4): 28-35.
- [3] 郭晓明. 早熟高赖氨酸玉米发育进程中的形态差异及遗传分析[J]. 玉米科学, 1997, (2): 23-25.
- [4] 吴子恺. 玉米几个光合作用性状与生物学产量和籽粒产量间的关系[J]. 作物学报, 1983, 9(1): 23-29.
- [5] Mather K, Jinks J L. Biometrical Genetic[M]. New york: Cornell University Press, 1971. 31-58.
- [6] 高三仁编. 数量遗传学[M]. 成都: 四川大学出版社, 1986. 7-78.
- [7] 郭平仲. 世代平均值分析多元回归程序[J]. 作物学报, 1985, 11(4): 217-225.