

## 东北地区玉米骨干自交系的子粒长和百粒重的遗传研究

姜龙<sup>1</sup>,南楠<sup>2</sup>,慈佳宾<sup>1</sup>,张野<sup>1</sup>,孙贵星<sup>1</sup>,杨伟光<sup>1\*</sup>

1. 吉林农业大学 农学院, 吉林 长春 130118

2. 东北师范大学 生命科学学院, 吉林 长春 130024

**摘要:** 以Lancaster类群(Mo17、J1782、吉1037、合344、917)骨干自交系为母本,以塘四平头类群(吉853、444)、Reid类群(C8605-2、本7884-7、B73)自交系、旅大红骨类群(丹8415)的骨干自交系为父本,采用增广NC II设计,对东北地区玉米骨干自交系子粒长度、百粒重进行了遗传研究。杂种优势分析表明:子粒长度均为正向优势,杂种优势的平均值为26.82%,变化范围是14.95%~38.26%,变异系数为22.13%。其中,以J1782×C8605-2杂种优势最高,为38.26%;以吉1037×本7884-7杂种优势最低,为14.95%。百粒重的杂种优势:组合Mo17×444最高,为44.76%;合344×丹8415最低,为0.90%,杂种优势平均值为27.99%,变异系数为24.08%,其他组合的中亲杂种优势集中25%~35%之间。配合力和遗传分析模型表明:该2性状杂种F<sub>1</sub>代均有正向优势,其遗传为超显性遗传。子粒长度不符合加性-显性模型,存在着明显的显性效应和上位性效应,而百粒重则符合加性-显性模型,加性效应更为重要。

**关键词:** 玉米;子粒长;百粒重;遗传

**中图分类号:** S531.032

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-2324(2015)03-0326-05

## Genetic Studies on Kernel Length and 100-grain Weight of Maize Inbred Lines in Northeast of China

JIANG Long<sup>1</sup>, NAN Nan<sup>2</sup>, CI Jia-bin<sup>1</sup>, ZHANG Ye<sup>1</sup>, SUN Gui-xing<sup>1</sup>, YANG Wei-guang<sup>1\*</sup>

1. College of Agronomy, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China

2. School of Life Sciences, Northeast Normal University, Changchun 130024, China

**Abstract:** Based on taxa inbred lines of Lancaster groups(Mo17, J1782, J1037, H344,917)as the female parent, the inbred lines of Tangsipingtou(J853,444), Reid(C8605-2,B7884-7,B73), LvDAHONGGU(D8415) groups as the male parent, the genetic characteristics of maize kernel length and 100-grain weight in northeast of China were studied with using the augmented NC II designs in this experiment. The analytic results of heterosis showed that the kernel length were positive in heterosis, the average heterosis was 26.82%, the range of variation was 14.95%~38.26%, the coefficient of variation was 22.13%. Among them, the highest heterosis was J1782×C8605-2 (38.26%), the lowest heterosis was J1037×B7884-7(14.95%). Heterosis of 100 kernel weight, the combination of Mo17×444 was the highest(44.76%); H344 ×D8415 was the lowest(0.90%).The average heterosis was 27.99% and the coefficient of variation was 24.08%.The other combinations of parent heterosis focus between 25% to 35%. Combining ability and genetic analysis model showed that the two traits in F<sub>1</sub> generation had positive advantages for ultra-dominant inheritance of genetics. The kernel length was not in line with additive-dominance genetic model, there were dominance and epistatic effects in it. However, 100-grain weight was in line with additive-dominance genetic model, the additive genes were more important.

**Keywords:** Maize; kernel length; 100-grain weight; inheritance

高产、稳产历来是玉米育种的主要目标。玉米百粒重是产量构成因素,子粒长度则是影响其产量的重要性状。了解子粒长、百粒重的遗传规律对玉米的高产、稳产育种具有重要意义。有关玉米子粒性状及百粒重的遗传研究尚有报道,但利用北方地区骨干自交系进行子粒长、百粒重的遗传研究的相关报道较少<sup>[1-6]</sup>。因此,本研究选用东北地区Lancaster类群的骨干自交系及其他群自交系为试验材料,采用增广NC II设计分析方法,对玉米子粒长度、百粒重进行了研究,以期对玉米高产、稳产育种提供理论参考。

### 1 材料与方法

#### 1.1 供试材料

**收稿日期:** 2013-04-16

**修回日期:** 2013-04-26

**基金项目:** 国家“863”项目(2011AA10A103); 国家科技计划项目(2011BAD35B01); 农业部“948”项目(2011-G1-21)

**作者简介:** 姜龙(1988-),男,在读博士,主要从事玉米种质资源创新与DH育种研究. E-mail:jianglong335@sina.com

**\*通信作者:** Author for correspondence. E-mail:yangweig789@126.com

试验材料由吉林农业大学农学院种子科学与工程教研室提供, 其所属类群见表 1。2011 年以 Lancaster 类群自交系为母本, 其他类群为父本, 按 B.Griffing 的不完全双列杂交试验设计方法配制 1 组 (5×6) 共计 30 个测交组合, 并自交保留亲本。

表 1 供试材料

母本 Female	所属类群 Groups	父本 Male	所属类群 Groups
Mo17	Lancaster	吉 853	塘四平头
J1782	Lancaster	444	塘四平头
吉 1037	Lancaster	C8605-2	Reid
合 344	Lancaster	本 7884-7	Reid
917	Lancaster	B73	Reid
		丹 8415	旅大红骨

表 2 玉米子粒长、百粒重的杂种优势及变异系数 (%)

Table 2 The heterosis and coefficient of kernel length and 100-grain weight(%)

组合 Crosses	性状 Traits	
	子粒长 Kernel length	百粒重 100-grain weight
Mo17×吉 853	24.01	33.63
Mo17×444	33.45	44.76
Mo17×C8605-2	30.71	17.95
Mo17×本 7884-7	22.33	39.32
Mo17×B73	29.65	17.42
Mo17×丹 8415	19.37	39.42
J1782×吉 853	36.37	28.42
J1782×444	29.73	36.43
J1782×C8605-2	38.26	34.44
J1782×本 7884-7	21.42	27.45
J1782×B73	17.02	26.51
J1782×丹 8415	28.11	17.83
吉 1037×吉 853	26.88	25.88
吉 1037×444	25.59	24.97
吉 1037×C8605-2	24.95	30.22
吉 1037×本 7884-7	14.95	25.24
吉 1037×B73	25.26	24.07
吉 1037×丹 8415	31.25	33.02
合 344×吉 853	24.06	43.56
合 344×444	24.98	17.51
合 344×C8605-2	31.41	26.68
合 344×本 7884-7	29.71	9.43
合 344×B73	31.33	36.53
合 344×丹 8415	29.65	0.90
917×吉 853	18.75	32.83
917×444	30.28	21.47
917×C8605-2	29.37	32.43
917×本 7884-7	30.26	33.44
917×B73	25.32	29.45
917×丹 8415	20.19	28.51
平均值 Mean	26.82	27.99
变异系数 CV	22.13	24.08

## 1.2 试验方法

2012 在吉林农业大学育种教学基地, 对 30 个组合及其 11 个亲本, 共计 41 份材料进行了增广 NC II 设计, 3 次重复, 3 行区, 行长 5 m, 行距 0.65 m, 株距 0.30 m, 田间管理同大田。成熟时在小区中间一行中部连续选取 10 株, 进行室内考种。调查果穗中部的穗粗 (mm) 和穗轴粗 (mm), 根据穗粗和穗轴粗计算子粒长度, 测量 10 穗的百粒重。均以 10 株 (穗) 平均值作为统计单位。

杂种优势分析按平均优势法<sup>[7]</sup>进行。遗传参数估算按照刘来福<sup>[8]</sup>提供的方法进行。遗传模型测验

按莫惠栋 1991 年提出的方法进行<sup>[9]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 子粒长、百粒重的杂种优势分析

由表 2 可知,子粒长度均为正向优势,杂种优势的平均值为 26.82%,变化范围是 14.95%~38.26%,变异系数为 22.13%。其中,以 J1782×C8605-2 杂种优势最高,为 38.26%;以吉 1037×本 7884-7 杂种优势最低,为 14.95%。百粒重的杂种优势:组合 Mo17×444 最高,为 44.76%;合 344×丹 8415 最低,为 0.90%,杂种优势平均值为 27.99%,变异系数为 24.08%,其他组合的中亲杂种优势集中 25%~35%之间。

### 2.2 子粒长、百粒重的遗传参数估算

2.2.1 方差分析 方差分析结果表明,子粒长、百粒重的基因型间、亲本间、杂种间以及雌亲间、雄亲间、雌雄互作均达到显著、极显著水平(见表 3)。说明遗传差异普遍存在,可进一步作遗传分析。

表 3 子粒长、百粒重的方差分析 F 值

Table 3 F value of Variance for the kernel length and 100-grain weight

变异来源 Source of variance	子粒长度 Kernel length			百粒重 100-grain weight		
	自由度 DF	均方 MS	F 值 F value	自由度 DF	均方 MS	F 值 F value
基因型 Genotypes	40	0.28	22.1**	40	107.86	32.03**
亲本 Parents	10	0.14	9.3**	10	71.52	19.91**
雌亲 Female parents	4	0.13	14.26**	4	76.01	26.38**
雄亲 Male parents	5	0.14	6.89**	5	54.79	20.01**
雌亲对雄亲 Female vs. male	1	0.21	4.04*	1	94.69	0.06
杂种 Hybrids	29	0.10	5.53**	29	75.82	17.96**
由于雌 Due to females	4	0.10	21.05**	4	157.95	11.83**
由于雄 Due to males	5	0.08	4.96**	5	62.86	62.83**
雌×雄 Females×males	20	0.10	1.84	20	50.61	4.54**
亲本对杂种 Parents vs. hybrids	1	6.64	439.47**	1	1336.26	396.35**
误差 Error	80	0.02		80	1.91	

注: \*5%水平上显著, \*\*1%水平上显著, 下同

Note: \*,\*\* Significance at the 5% and 1% levels, respectively, the same behind.

2.2.2 遗传参数估算 子粒长、百粒重各遗传参数列于表 4。由表 4 可知:子粒长、百粒重的一般配合力方差分别为 80.57%、65.92%,表现该 2 性状以加性基因效应为主。特殊配合力方差分别为 19.43%、34.08%,亦较大,表明非加性基因效应在子粒长、百粒重的遗传中所起的作用不可忽视。子粒长、百粒重的狭义遗传力值较高,分别为 58.47%、43.41%。由此说明育种过程中对粒长、百粒重这两个性状的选择宜在 F<sub>3</sub>-F<sub>4</sub> 世代进行。

表 4 子粒长、百粒重的遗传参数 (%)

Table 4 The genetic parameters of kernel length and 100-grain weight (%)

参数 parameters	性状 Traits	
	子粒长 Kernel length	百粒重 100-grain weight
$\sigma_{g_1}^2$	0.003	0.001
$\sigma_{g_2}^2$	0.001	0.002
$\sigma_s^2$	0.001	0.002
$V_g$	80.57	65.92
$V_s$	19.43	34.08
$h_B^2$	72.57	65.85
$h_N^2$	58.47	43.41

### 2.3 子粒长、百粒重的遗传模型测验

采用 Hayman 的 Vr—Wr 分析法<sup>[10]</sup>,计算各公共亲本的方差 Vr 和协方差 Wr。将试验资料 3 个区组合并成各基因型总和数,由各基因型总和数算出各公共亲本的方差 Vr 和协方差 Wr(表略)。以系列方

差  $V_r$  为自变量  $X$ , 系列协方差  $W_r$  为依变量  $Y$ , 进行协方差分析得表 5。由表 5 中 F+M 一行进行回归分析, 得到  $W_r$  依  $V_r$  的直线回归系数  $b_{F+M}$ 。如此回归系数  $b_{F+M}$  能满足①: 与 0 有显著性差异, 且②: 与 1 差异不显著, 则可认为所研究的性状符合加性-显性模型。否则, 可能存在上位性效应或显性效应不存在, 为区别这两种情况, 还需作方差分析。子粒长度和百粒重这 2 性状回归系数  $b_{F+M}$  的测验结果列于表 6。由表 6 可知, 子粒长度  $b_{F+M}=0.53$ ,  $S_b=0.15$ , 测验  $H_0:\beta=0$ , 有  $t=3.75$  极显著;  $H_0:\beta=1$ , 有  $t=-3.16$ , 极显著。说明玉米子粒长度的遗传不符合加性-显性模型。百粒重  $b_{F+M}=0.61$ ,  $S_b=0.25$ , 测验  $H_0:\beta=0$ , 有  $t=2.63$  显著;  $H_0:\beta=1$ , 有  $t=-1.58$ , 不显著。说明百粒重的遗传符合加性-显性模型。

表 5 子粒长度、百粒重协方差分析  
Table 5 Covariance analysis for kernel length and 100-grain weight

差异来源 Source of variation	DF	SSx	Ssy	SP	离回归分析 Away regression analysis				
					DF	Q	MS	F	
子粒长度 kernel length	总 Total	10	0.23459	0.46724	0.12639	9	0.3991		
	Fvs.M	1	0.00017	0.00397	-0.0008				
	F+M	9	0.23443	0.46327	0.1272	8	0.3942	0.0493	
	Testing $H: pq=mv$					1	0.0049	0.0049	0.1
百粒重 100-grain weight	总 Total	10	104408.4	93548.1	70497.1				
	Fvs.M	1	14531.75	14319.2	14425.0				
	F+M	9	89876.67	79228.9	56072.0	8	44246.80	5530.9	
	Testing $H: pq=mv$					1	1701.25	1701.3	0.3

表 6  $W_r-V_r$  回归系数显著性测验  
Table 6 Significance test for  $W_r-V_r$  regression coefficient

性状 Traits	$b$	$S_b$	$\beta=0$		$\beta=1$	
			t		t	
子粒长度 (cm) Kernel length	0.53	0.15	3.75**		-3.16**	
百粒重 (g) 100-grain weight	0.61	0.25	2.63*		-1.58	

## 2.4 子粒长度 $V_r-W_r$ 的方差分析

针对玉米子粒长度不符合加性-显性模型, 需进行  $V_r-W_r$  的方差分析以区别上位效应或显性效应。为此, 将所得试验资料按区组计算每一区组中各公共亲本系列方差  $V_r$  和协方差  $W_r$  值, 再算出  $(W_r+V_r)$  和  $(W_r-V_r)$  (表略)。对这 11 个亲本 3 次重复的  $(W_r+V_r)$  和  $(W_r-V_r)$  值作常规方差分析列于表 7。从表 7 可知, 测验  $H_0:h=0$ ,  $F=5.98$  极显著, 说明存在显著效应。测验  $H_0:l=0$ ,  $F=2.71$  显著, 说明存在上位性效应。

表 7 子粒长度  $V_r-W_r$  方差分析  
Table 7  $V_r-W_r$  variance analysis for kernel length

变异来源 Source of variance	$W_r+V_r$				$W_r-V_r$		
	DF	SS	MS	F	SS	MS	F
F+M	9	0.03015	0.00334	5.98**	0.01859	0.00211	2.71**
Fvs.M	1	0.00014	0.00015	0.29	0.00068	0.00061	0.81
误差 Error	9	0.01121	0.00056		0.01527	0.00075	

## 2.5 有关基因频率及其他遗传信息

表 7 中 Fvs.M 一行的离回归分析即是雌亲 ( $V_r-W_r$ ) 和雄亲 ( $V_r+W_r$ ) 两条回归线的回归截距的测验  $H_0: \alpha_F=\alpha_M$ , 亦即  $H_0: pq=uv$ ,  $\alpha_F=uv(a^2-c^2h^2)$ ,  $\alpha_M=pq(a^2-c^2h^2)$ 。由表 7 可知子粒长度和百粒重  $F<I$ , 均不显著; 说明该二性状基因频率在雄亲和在雌亲相等 ( $pq=uv$ )。

由于玉米子粒长度和百粒重均存在显著效应, 其效应的性质可由  $(W_r-V_r)$  之差来确定。 $(W_r-V_r)>0$  为部分显性,  $(W_r-V_r)=0$  为完全显性,  $(W_r-V_r)<0$  为超显性。本研究中,  $(W_r-V_r)=-1.24$  (11 个亲本的均值), 子粒长度为超显性遗传; 百粒重  $(W_r-V_r)=-33.07$  亦为超显性遗传。 $(W_r+V_r)$  与亲本表型值的相关系数 ( $r$ ) 指明显性方向,  $r<0$  增效基因为显性,  $r>0$  减性基因为显性,  $r=0$  为双向显性。

本研究中子粒长度、百粒重的  $r$  值分别为 0.44 和 -0.15, 均未达显著水平, 为双向显性。

### 3 讨论

李玉玲<sup>[1]</sup>等的研究表明, 子粒长度遗传中存在母体效应和细胞质效应。吴渝生<sup>[3]</sup>认为, 子粒长度主要受加性效应控制。樊庆琦<sup>[4]</sup>等的研究表明, 子粒长度的遗传效应是以加性效应和显性效应为主, 显性效应大于加性效应。杨伟光<sup>[6]</sup>的研究结果中, 子粒长度不符合加性—显性遗传模型, 存在显性效应和上位性效应。

近几年来, 美国等国外杂交种在东北地区试验、示范<sup>[11]</sup>。这些杂交种表现耐密抗倒、抗病、叶片持绿时间长等特性<sup>[12]</sup>。子粒中等、着粒深也是其重要特征。后代分离群体出现着粒深、中等子粒类型, 表明至少亲本之一是这种类型。这说明国外玉米育种注重子粒长度的选择。着粒深的果穗, 出籽率高, 脱水快, 产量高为重要农艺性状<sup>[13]</sup>。东北地区, 特别吉林北部、黑龙江地区, 霜来得早(一般9月10日至9月20日)。因当地农户越区种植晚熟品种及其它原因, 玉米秋后子粒脱水成为难题, 给卖粮、贮藏带来负面影响<sup>[14]</sup>。为此当地农民要求种植脱水快的高产杂交种。小粒脱水快但产量不高, 大粒脱水又慢。经验表明, 中等偏长子粒脱水快, 产量高。而子粒大小、长短常通过遗传育种加以改良。

此外, 在我们的育种中发现: 先玉335、先玉696、先玉508等先锋优良玉米杂交种的后代分离群体中绝大多数表现为长粒或中等子粒长度类型, 且百粒重高, 由此表明至少亲本之一是长粒类型, 并且表现为百粒重高, 这说明国外玉米育种中也十分注重对子粒长度、百粒重的选择。先玉T24、先玉32D22、郑单958等优良耐密型杂交种的一个共同特征就是子粒长、着粒深、百粒重高。

根据前人的育种经验并考虑到子粒长度的加性基因效应为主的遗传特性, 在育种中要想选配出长子粒类型杂交种, 则双亲之一应为长粒类型亲本。

### 4 结论

子粒大小、长短常通过遗传育种加以改良。关于其遗传特性本试验研究获得如下结果: (1) 子粒长度的遗传不符合加性-显性模型, 存在显性效应和上位性效应, 杂种  $F_1$  代有明显正向优势, 为超显性遗传。(2) 百粒重则符合加性-显性模型, 加性效应重要, 因而受亲本影响大, 也存在正向优势及超亲遗传现象。由于本研究中子粒长度、百粒重的杂种优势值较低, 并且主要受加性基因控制, 所以我们在育种工作中要注重对亲本自身粒长、百粒重的选择, 充分利用基因的累加效应。在选系过程中注重基础材料子粒长度、百粒重的选择, 在选配杂交组合时注重亲本的子粒长度、百粒重的选择。

### 参考文献

- [1] 李玉玲, 焦学俭. 普通玉米籽粒性状的遗传效应分析[J]. 生物数学学报, 1999, 14(3): 327-331
- [2] 张红伟, 孔繁玲. 玉米籽粒性状的遗传模型研究[J]. 遗传学报, 2000, 27(1): 56-64
- [3] 吴渝生. 玉米籽粒性状配合力及其遗传的研究[J]. 种子, 1997, 13(1): 13-16
- [4] 樊庆琦, 杨克诚, 乔善宝. 普通玉米3个子粒性状的基因效应分析[J]. 玉米科学, 2006, 14(1): 61-63
- [5] 石明亮, 洪德林, 薛林, 等. 玉米新选自交系穗粒重和百粒重的遗传分析[J]. 南京农业大学学报, 2010, 33(3): 6-12
- [6] 杨伟光, 王奇, 包和平, 等. 玉米子粒性状的遗传研究[J]. 玉米科学, 2001, 9(3): 37-39
- [7] 西北农学院. 作物育种学[M]. 北京: 农业出版社, 1981: 74-75
- [8] 刘来福. 作物数量遗传[M]. 北京: 农业出版社, 1984: 206-250
- [9] 莫惠栋, 李志民. 增产 NC II 设计和遗传模型测验[J]. 作物学报, 1991, 17(1): 1-9
- [10] 孙生林, 高树仁, 薛继生, 等. 玉米子粒含水量与果穗性状相关性的研究[C]//21 世纪玉米遗传育种国际学术讨论会文集. 北京: 中国农业科技出版社, 2000: 197-201
- [11] 李继竹, 王勇, 于维, 等. 美国玉米种质对北方 Reid 群改良效果研究[J]. 玉米科学, 2010, 18(4): 23-26
- [12] 李继竹, 胡洋, 张焕欣, 等. 美国玉米种质改良系的应用潜力研究[J]. 吉林农业大学学报, 2012, 34(1): 19-23
- [13] 李继竹, 杨巍, 谷岩, 等. 高产优质抗旱玉米新品种“898”选育报告[J]. 吉林农业大学学报, 2012, 34(2): 138-140
- [14] 李继竹. 不同密度选择压力下玉米耐密性鉴定及遗传性研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2013