

玉米品种先玉 335 的血缘系谱及主要农艺性状遗传分析

李忠南¹, 王克伟², 王越人³, 邬生辉³, 李光发³

(1. 吉林省农业技术推广总站, 长春 130033; 2. 安图县农业技术推广总站, 安图 133600;
3. 通化市农业科学研究院, 梅河口 135007)

摘要: 利用先玉 335 品种(PH6WC×PH4CV)P₁、P₂、F₁、B₁、B₂、F₂共 6 个世代, 运用主基因+多基因遗传模型和六世代联合分析方法, 进行农艺性状株高、穗位高、穗重、穗粒重、穗轴重、穗长、穗行数、秃尖长、百粒重、出籽率的遗传分析。结果表明, 株高、穗重、穗粒重、穗轴重、穗长、穗行数 6 个性状均为 2 对主基因加、显、上+多基因加、显混合遗传模型; 秃尖长、百粒重两个性状为 2 对主基因加、显、上+多基因加、显、上混合遗传模型; 穗位高为 1 对主基因加性+多基因加、显混合遗传模型; 出籽率为多基因加、显、上遗传模型。株高、穗轴重、百粒重以主基因遗传为主、多基因遗传为辅。穗重、穗粒重、穗行数以主基因遗传为主; 穗长主基因遗传、多基因遗传同等重要; 秃尖长以多基因遗传为主, 主基因遗传为辅; 穗位高、出籽率多基因起决定作用。

关键词: 玉米; 农艺性状; 主基因+多基因; 遗传分析

中图分类号: S513.035

文献标识码: A

Genetic Analysis on Pedigree and Agronomic Characters of Maize Variety Xianyu335

LI Zhong-nan¹, WANG Ke-wei², WANG Yue-ren³, WU Sheng-hui³, LI Guang-fa³

(1. Agricultural and Technology Extension Station of Jilin Province, Changchun 130033;
2. Agricultural and Technology Extension Station of Antu County, Antu 133600;
3. Tonghua Academy of Agricultural Sciences, Meihekou 135007, China)

Abstract: The genetic agronomic character were analyzed of plant height, ear height, ear weight, grain weight per ear, cob weight, ear length, ear row number, bald tip length, 100-grain weight, grain index of using P₁, P₂, F₁, B₁, B₂ and F₂ six generation of Xianyu335 variety(PH6WC×PH4CV), using the joint analysis of major gene and polygene genetic model and six generations. The results showed that the plant height, ear weight, grain weight per ear, cob weight, ear length, ear row number 6 characters were two major genes additive, dominance and epistasis, plus polygene additive, dominance, shows mixed genetic model. Two traits of bald tip length and 100-grain weight were two major genes additive, dominance and epistasis, plus polygene additive, dominance and epistasis, shows mixed genetic model. The ear height was the one major gene additive plus polygene additive, dominance, shows mixed genetic model. The grain index was polygene additive, dominance and epistasis genetic model. Plant height, cob weight and 100-grain weight were mainly controlled by major genes, and polygene genetic second. Ear weight, grain weight per ear and ear row number were mainly controlled by major genes. The major genetic and polygene inheritance of ear length were equally important. The genetic of the bald tip length was dominated by polygene, and the major genes second. Ear height and grain index were mainly controlled by polygene.

Key words: Maize; Agronomic character; Major gene + Polygene; Genetic analysis

录用日期: 2017-09-11

基金项目: 吉林省农业科技创新工程重大产业技术领域关键技术研究“四快二低、高产优质玉米种质资源创制与新品种选育研究”

作者简介: 李忠南(1991-), 男, 硕士, 从事玉米遗传育种工作。

李光发为本文通讯作者。Tel: 13804453584 E-mail: lgfn666@sina.com

玉米品种先玉335经近20年示范推广种植,产量高而稳定,在东北中晚熟区占重要比重,在吉林省部分县市年度最高种植面积达70%以上,解析其遗传系谱进行遗传分析可以提出值得借鉴的经验,指导育种实践。

玉米多数农艺性状为数量性状遗传,大多沿用盖钧镒等介绍的六世代主、多基因遗传分析方法,对玉米农艺性状研究已有多篇报道^[1~6]。本文利用六世代主多基因分析方法对该品种主要农艺性状遗传结构及基础进行分析,对玉米遗传育种工作提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2014年利用自交系PH6WC为母本、PH4CV为父本,配制出先玉335 F₁种子20穗,2014年冬在海南省三亚试验基地配制B1(PH6WC×F₁)种子20穗,B2(PH4CV×F₁)种子20穗,并对F₁套袋自交20穗。

1.2 田间设计

试验于2015年在通化市农业科学院试验地进行,地势平坦,地力均匀,田间管理与大田相同。各世代材料均随机排列,3次重复。各世代所用种子均全部脱粒后,混合随机取用。P₁、P₂、F₁各为20行区,分离世代B₁、B₂、F₂各为40行区,行长4 m,垄距60 cm,株距25 cm,双粒播种留单株。整个试验参照吉林省区域试验管理办法进行,株高、穗位高调查及秋天收穗均把区两边2株排除,穗重、穗粒重等性状计量均在14%水分以下进行。株高、穗位高测量P₁、P₂、F₁各为828株,B₁、B₂、F₂各为1 668株。穗重等考种P₁、P₂、F₁各为810穗,B₁、B₂、F₂各为1 662穗。

1.3 统计方法

按照盖钧镒等主编的植物数量性状遗传体系六世代群体共24种遗传模型及混合分布方法,根据极大似然法和IECM算法对混合分布有关成分分布参数做出估计,在不同成分分布个数条件下计算模型的极大对数似然函数值和AIC值,依据AIC值最小准则确定数量性状备选最适模型,即以AIC值最低模型为最优模型。同时对六世代群体进行适合性检验,即均匀性检验(U_1^2 、 U_2^2 、 U_3^2)、 W^2 检验、 D_n 检验,以统计量达显著个数最少模型为最佳模型,在最佳遗传模型下进行基因效应值及遗传参数估计^[7,8]。数据分析采用DPS14.10。

2 结果与分析

2.1 先玉335品种的遗传基础分析

先玉335为典型Reid×lancaster、硬粒×马齿优势模式,其母本是PH6WC,父本为PH4CV。由美国主要自交系系谱图可以看出他们的改良过程。

由图1可以看出,PH6WC改良自PH01N×PH09B,Reid种群。PH09B改良自PHP38×PHHB9。祖先源于BSSS(衣阿华坚秆综合种、1932–1934),茎秆质地好,抗倒伏能力强,20个自交系合成^[9]。由B37、B14和Maiz Amargo(阿根廷苦玉米)杂交选育的PHG39是重要一环,提高了抗虫性。PHG39含有69%BSSS和25% Maiz Amargo。PHG39与2轮改良于B73的PHK29杂交选育出PHP38。源于PHG39×B73的PHW52和源于B64×B73的PHG86杂交选育出PHHB9。PH6WC由BSSS历经60余年、5轮杂交改良育成。除产量配合力高外,还兼有茎秆坚硬、抗虫、子粒耐低温、果穗无病、子粒降水快等优点。

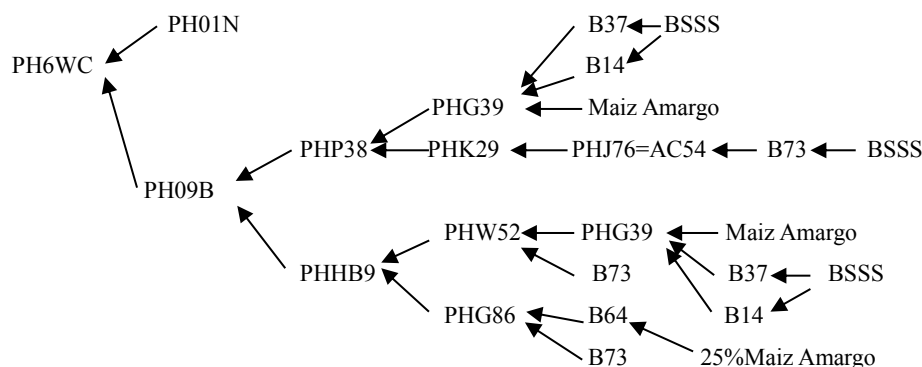


图1 PH6WC系谱

Fig.1 Lineage of PH6WC

由图2可以看出,PH4CV改良自PH7V0×PHBE2,Lancaster种群。改良中最重要的自交系为PH814、

PH595和PH848。PH814改良自先锋母本系综合种×Lancaster。PH595遗传基础丰富,50%源于先锋

母本系综合种,25%源于Midland,25%源于Oh07, Oh07由Iowa长穗和Iowa双穗培育。PH848遗传基础非常丰富,由Minn13等6种种质合成,兼顾了早熟性等多种优点。PH814经2轮选育育成PH7V0。PHG84改良自PH595×PH848,又经2轮选育育成

PHBE2。PH4CV由Lancaster、先锋母本系综合种、Oh07等多种种质成分经5轮杂交选育而成。除产量配合力高外,兼顾了早熟、适应性广、子粒降水快等优点。

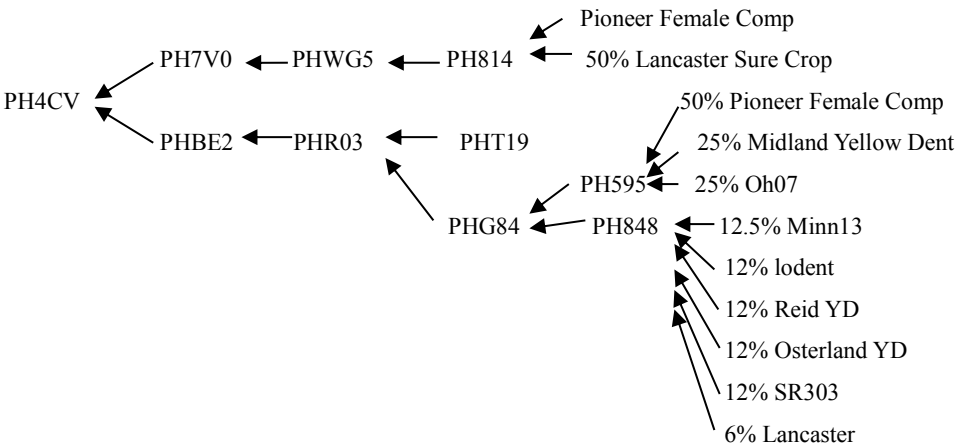


图2 PH4CV系谱

Fig.2 Lineage of PH4CV

从双亲选育过程来看,改良次数多、时间长,每次改良均非常成功,有效地添加进有益基因成分,从而育成了广适性强的高配合力自交系。先玉335审定后,先锋公司又相继组配出先玉696、先玉698、先玉508、先玉420、先玉339品种,国内各单位也利用PH6WC为母本选育出东单6531、龙生2号、宏博66、诚信5号、红轴蠡玉88品种。利用改良

PH6WC为母本选育出平安169、翔玉988、通育99、津单19、吉东38、恒育1、长丰59、吉农大928、吉农大889、华农138、华农887、德单1108、晋单73、红硕198、峰玉865、五谷704、平安187、大丰30、铁0981、铁0873、吉农玉309、富友968、豫禾358、吉农大988等审定品种。

2.2 各性状优势率分析

表1 各世代平均值及F₁平均优势率

Table 1 The average generation and F₁ average rate of heterotic

性状 Character	株高 (cm) PH	穗位高 (cm) EH	穗重 (g) EW	穗粒重 (g) GW	穗轴重 (g) CW	穗长 (cm) EL	穗行数 (行) NRE	秃尖长 (cm) BL	百粒重 (g) 100GW	出籽率 (%) GI
P1	276.9	120.9	189.30	162.84	28.90	17.1	15.7	0.39	36.9	84.5
F ₁	346.9	149.1	275.40	246.76	28.50	19.8	16.5	0.86	37.6	87.4
P2	246.0	94.5	98.77	82.29	11.47	13.9	16.6	0.94	21.5	87.5
优势率(%)	32.7	38.4	91.20	101.30	41.20	27.7	2.2	29.30	28.8	1.6
位次	5	4	2	1	3	8	9	6	7	10

表1列出了玉米品种先玉335农艺性状平均优势率,由此可以看出,穗粒重优势率最高,为101.3%;其次是穗重,为91.2%;第3位是穗轴重(39.7%);第4位是穗位高(38.4%);株高、秃尖长、百粒重、穗长比较接近,为32.7%~27.7%;穗行数较低(2.2%);出籽率最低(1.6%)。10个性状中只有株高、穗位高、穗重、穗粒重、穗长、百粒重具有超高亲遗传

优势。杂种优势是由基因显性和上位性决定的,由此说明,影响玉米品种先玉335各农艺性状杂种优势基因成分和效应是不同的,基因丰富发达程度也不同,其中穗粒重基因丰富发达程度最高。

2.3 各性状遗传模型分析

表2所列各性状遗传模型为AIC值最小的最优模型或AIC值接近最小而统计量显著个数最少的最

佳模型。其中,株高、穗重、穗粒重、穗行数、百粒重5个性状遗传模型为最优模型和最佳模型;穗位高、穗轴重、穗长、秃尖长、出籽率5个性状遗传模型为最佳模型。株高、穗位高、百粒重3个性状统计量显著个数为0,穗重等其他7性状统计量显著个数为2~8个。

由表2可以看出,株高、穗重、穗粒重、穗轴重、

穗长、穗行数6个性状均为2对主基因加、显、上+多基因加、显混合遗传模型;秃尖长、百粒重2个性状均为2对主基因加、显、上+多基因加、显、上混合遗传模型;穗位高为1对主基因加性+多基因加、显混合遗传模型;出籽率为多基因加、显、上遗传模型。模型不同,说明性状间具有遗传多样性,长期选择进化程度不一,其基因效应发达程度不同。

表2 10个性状最优模型和最佳遗传模型
Table 2 The optimal genetic model and the best genetic model of 10 character

性 状	株 高	穗位高	穗 重	穗粒重	穗轴重	穗 长	穗行数	秃尖长	百粒重	出籽率
Character	PH	EH	EW	GW	CW	EL	NRE	BL	100GW	GI
Model	MX2-	MX1-	MX2-	MX2-	MX2-	MX2-	MX2-	MX2-	MX2-	PG-
	ADI-	A-AD	ADI-	ADI-	ADI-	ADI-	ADI-	ADI-	ADI-	ADI
	AD		AD	AD	AD	AD	AD	ADI	ADI	
L-M-V	-2 867.1	-2 754.6	-2 875.4	-2 841.5	-1 785.6	-1 354.9	-1 133.6	-682.22	-1 578.5	-1 374.5
AIC	5 764.2	5 525.3	5 780.8	5 713.0	3 601.1	2 739.7	2 297.2	1 400.40	3 193.0	2 768.9
SN	0	0	2	2	8	6	6	6	0	5

注:六世代总统计量检验参数为30个。
Note: The total statistic test parameters of six generations were 30.

2.4 各性状一阶遗传参数分析

表3列出9个性状一阶遗传参数,出籽率为PG-ADI模型,模型未给出效应值。除穗位高具有1对主基因加性效应外,其余8个性状均具有2对主基因加性、显性、上位性效应。

株高,由于 d_a 、 d_b 均为正值,且 $d_a = d_b$,说明2对主基因增效相等。 $|h_a/d_a| > 1$ 、 $|h_b/d_b| > 1$,说明2对主基因均表现为完全显性。 h_a 、 h_b 均为正值,且 $h_a \approx h_b$,说明2对主基因高株高对低株高均为完全显性,并等效,来自P1。由于 $[h] > [d]$,均为正值, $[h]/[d] > 1$,说明多基因为完全显性,来自P1。

穗位高,由于 $d_a = 1.153\ 3$,为正值, $[h]/[d] > 1$,说明多基因为完全显性, $[h]$ 、 $[d]$ 均为正值,来自P1。

穗重,由于 d_a 、 d_b 均为正值,且 $d_a = d_b$,说明2对主基因增效相等。 $|h_a/d_a| > 1$ 、 $|h_b/d_b| > 1$,说明2对主基因表现为完全显性。 h_a 为负值,说明第1对主基因低穗重对高穗重为完全显性,来自P2。 h_b 为正值,说明第2对主基因高穗重对低穗重为完全显性,来自P1。 $|h_b| > |h_a|$,说明第2对主基因显性效应大于第1对。从多基因效应看, $[h]/[d] > 1$,为完全显性。 $[h]$ 、 $[d]$ 均为正值,来自P1。

穗粒重,由于 d_a 、 d_b 均为正值,且 $d_a = d_b$,说明2对主基因增效相等。 $|h_a/d_a| > 1$ 、 $|h_b/d_b| > 1$,说明2

对主基因均表现为完全显性。 h_a 为负值,说明第1对主基因低穗粒重对高穗粒重为完全显性,来自P2。 h_b 为正值,说明第2对主基因高穗粒重对低穗粒重为完全显性,来自P1。 $|h_b| > |h_a|$,说明第2对主基因显性效应大于第1对主基因显性效应。从多基因效应看, $[h]/[d] > 1$,为完全显性。 $[d]$ 、 $[h]$ 均为正值,来自P1。

穗轴重,由于 d_a 、 d_b 均为正值,且 $d_a = d_b$,说明2对主基因增效相等。 $|h_a/d_a| > 1$,说明第1对主基因表现为完全显性。 $|h_b/d_b| < 1$,说明第2对主基因表现为部分显性。 h_a 为正值,说明第1对主基因高穗轴重对低穗轴重为完全显性,来自P1。 h_b 为负值,说明第2对主基因低穗轴重对高穗轴重为部分显性,来自P2。 $|h_a| > |h_b|$,说明第1对主基因完全显性效应大于第2对主基因部分显性效应。从多基因效应看, $[h]/[d] > 1$,为完全显性, $[d]$ 、 $[h]$ 均为正值,来自P1。

穗长,由于 d_a 、 d_b 均为正值,且 $d_a = d_b$,说明2对主基因增效相等。 $|h_a/d_a| > 1$ 、 $|h_b/d_b| > 1$,说明2对主基因表现为完全显性。 h_a 、 h_b 为正值,说明2对主基因长穗对短穗为完全显性,来自P1。 $h_a > h_b$,说明第1对主基因显性效应大于第2对。从多基因效应看, $[h]/[d] > 1$,为完全显性。 $[h]$ 、 $[d]$ 均为正值,

来自 P1。

穗行数, 由于 d_a 、 d_b 均为负值, 且 $d_a = d_b$, 说明 2 对主基因减效相等。 $|h_a/d_a| > 1$ 、 $|h_b/d_b| > 1$, 说明 2 对主基因表现为完全显性。 h_a 、 h_b 为正值, 说明 2 对主基因高穗行数对低穗行数为完全显性, 来自 P2。 $|h_a| < |h_b|$, 说明第 1 对主基因显性效应小于第 2 对。 从多基因效应绝对值看, $[h]/[d] > 1$, 为完全显性, $[h]$ 、 $[d]$ 均为负值, 来自 P2。

秃尖长, 由于 d_a 、 d_b 均为负数, 且 $d_a = d_b$, 说明 2 对主基因减效相等。 $|h_a/d_a| < 1$ 、 $|h_b/d_b| < 1$, 说明 2

对主基因均表现为部分显性。 h_a 、 h_b 均为负数, 且 $h_a = h_b$, 说明 2 对主基因长秃尖对短秃尖均为部分显性, 并等效, 来自 P2。 多基因效应也如此。

百粒重, 由于 d_a 、 d_b 均为正值, 且 $d_a = d_b$, 说明 2 对主基因增效相等。 $|h_a/d_a| < 1$ 、 $|h_b/d_b| < 1$, 说明 2 对主基因均表现为部分显性。 h_a 、 h_b 均为正值, 且 $h_a = 2.2363$, $h_b = 1.6623$, 说明 2 对主基因高百粒重对低百粒重均为部分显性, 来自 P1, 并且第 1 对主基因比第 2 对主基因显性效应大。 多基因效应也如此。

表 3 9 个性状一阶遗传参数估计值
Table 3 Estimates of 1st order genetic parameters of 9 character

一阶遗传参数 1st GP	株 高 PH	穗位高 EH	穗 重 EW	穗粒重 GW	穗轴重 CW	穗 长 EL	穗行数 NRE	秃尖长 BL	百粒重 100GW
m	260.46	107.75	187.2	163.37	21.93	15.68	14.51	0.86	32.19
da	0.341 5	1.153 3	1.200 7	7.910 6	0.853 6	0.778 8	-0.183 6	-0.460 2	3.565 5
db	0.341 5		1.200 7	7.910 6	0.853 6	0.778 8	-0.183 6	-0.460 2	3.565 5
ha	27.023		-15.452 1	-12.112 5	4.625 9	3.131	2.302 7	-0.283 2	2.236 3
hb	27.043		17.358 6	20.489 6	-0.631 2	2.119 7	3.137 9	-0.283 2	1.662 3
ha/da	79.13		-12.88	-1.53	5.42	4.02	-12.54	0.62	0.63
hb/db	79.19		14.47	2.59	-0.74	2.72	-17.09	0.62	0.47
[i]	20.620 7		-14.346 6	-18.858	0.384 3	0.347 3	1.558 3	0.455 7	-2.422 6
[jab]	-3.565 7		4.571 9	-8.667 9	1.436 3	0.732 6	-1.854 6	0.282 6	-0.632 1
[jba]	-3.585 7		-64.669 6	-61.995	-5.714 6	-1.38	0.872 9	0.282 6	-1.206 2
[l]	-46.341 9		-26.316 1	-11.933 8	-5.288 3	-3.287 4	-3.141 3	0.382 9	-6.507 3
[d]	15.699 9	12.005 9	46.971 3	26.528 2	7.783 4	0.037 9	-0.101 1		
[h]	91.772 5	41.427 7	131.803 7	101.579 9	9.297 9	2.465 7	-0.312 2		
[h]/[d]	5.85	3.45	2.81	3.83	1.2	65.06	3.09		

注: m 为群体平均数; da、db 分别为主基因 AA 和 BB 的加性效应; ha、hb 分别为主基因 Aa 和 Bb 的显性效应; ha/da、hb/db 分别为表示主基因 AA 和 BB 的显性度; i 表示 2 对主基因 AA 和 BB 的加性×加性互作效应; jab、jba 分别表示主基因 AA 的加性与 Bb 的显性之间的互作效应和主基因 BB 的加性与 Aa 的显性之间的互作效应; l 表示主基因 Aa 和 Bb 之间的显性×显性互作效应; [d] 为多基因的加性效应; [h] 为多基因的显性效应; [h]/[d] 为多基因的显性度。

Note: m, Mean of population; da, db, Additive effects of major genes AA and BB respectively; ha, hb, Dominance effects of major genes Aa and Bb, respectively; ha/da, hb/db, Degree of dominance of major genes AA and BB, respectively; i, Interactive effects of additive by additive between major genes AA and BB; jab, jba, Interactive effects between additive of AA and dominance of Bb, and between additive of BB and dominance of Aa, respectively; l, Interactive effects of dominance by dominance between Aa and Bb; [d], Additive effects of polygene; [h], Dominance effects of polygene; [h]/[d], Degree of dominance of polygene.

2.5 各性状二阶遗传参数分析

由表 4 可以看出, 株高, B1 主基因遗传力为 15.46%, 多基因遗传力为 19.93%, $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 为 35.39%; B2 主基因遗传力为 23.05%, 多基因遗传力为 16.13%, $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 为 39.18%; F_2 主基因遗传力为 50.89%, 多基因遗传力为 15.55%, $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 为 66.44%。在 B1、B2、 F_2 中, 主基因遗传力为 15.46% ~ 50.89%, 多基因遗传力为 15.55% ~

19.93%。说明主基因作用为主, 多基因作用为辅。3 世代 $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 差异较大, 说明株高稳定性差。因而在低株高育种双亲选择上, 要着重低株高隐性主多基因材料。

穗位高, B1 主基因遗传力为 0.2%, 多基因遗传力为 42.48%, $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 为 42.68%; B2 主基因遗传力为 0.72%, 多基因遗传力为 27.64%, $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 为 28.36%; F_2 主基因遗传力为 0.62%, 多基因遗传力为

59.02%, $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 为59.64%。在B1、B2、F₂中,主基因遗传力为0.2%~0.72%,多基因遗传力为27.64%~59.02%,说明多基因起决定作用。3世代 $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 差异较大,说明穗位高稳定性差。因而在低穗位育种双亲选择上,要关注低穗位隐性多基因材料。

穗重,B1主基因遗传力为60.04%,多基因遗传力为0, $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 为60.04%;B2主基因遗传力为

31.95%,多基因遗传力为23.09%, $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 为55.04%;F₂主基因遗传力为59.61%,多基因遗传力为0, $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 为59.61%。在B1、B2、F₂中,主基因遗传力为31.95%~60.04%,多基因遗传力为0~23.09%,说明主基因起决定作用。3世代 $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 差异较小,说明穗重稳定性好。因而在高产育种双亲选择上,母本要着重高穗重显性主多基因材料。

表4 9个性状二阶遗传参数估计值
Table 4 Estimates of 2nd order genetic parameters of 9 character

二阶遗传参数 2nd GP	株高 PH			穗位高 EH			穗重 EW		
	B1	B2	F ₂	B1	B2	F ₂	B1	B2	F ₂
σ_p^2	264.82	281.35	509.88	227.95	182.41	323.83	2 317.4	2 511.85	2 471.7
σ_{mg}^2	40.929	64.848	259.46	0.447 6	1.309 4	2.018 8	1 391.4	802.53	1 473.4
σ_{pg}^2	52.772	45.383	79.29	96.830	50.426	191.13	0	580.02	0
σ^2	171.12	171.12	171.12	130.67	130.67	130.67	1 129.31	1 129.31	1 129.31
h_{mg}^2 (%)	15.46	23.05	50.89	0.2	0.72	0.62	60.04	31.95	59.61
h_{pg}^2 (%)	19.93	16.13	15.55	42.48	27.64	59.02	0	23.09	0

二阶遗传参数 2nd GP	穗粒重 GW			穗轴重 CW			穗长 EL		
	B1	B2	F ₂	B1	B2	F ₂	B1	B2	F ₂
σ_p^2	2 164.6	2 044.9	2 012.8	48.592	38.724	51.034	49.394	4.283 1	4.155 8
σ_{mg}^2	1 055.8	736.67	1 095.1	2.538 9	31.678	11.979	0.693 4	3.043 7	2.192 4
σ_{pg}^2	6.19	205.63	0	29.470	0	22.471	46.065	0	0
σ^2	1 102.6	1 102.56	1 102.56	16.583	16.583	16.583	2.635 7	2.635 7	2.635 7
h_{mg}^2 (%)	48.78	36.03	54.41	5.22	81.8	23.47	1.4	71.06	52.76
h_{pg}^2 (%)	0.29	10.06	0	60.65	0	44.03	93.26	0	0

二阶遗传参数 2nd GP	穗行数 NRE			秃尖长 BL			百粒重 100GW		
	B1	B2	F ₂	B1	B2	F ₂	B1	B2	F ₂
σ_p^2	2.479 4	4.641 5	4.388 6	3.346 9	0.425 8	0.608 3	21.403	22.055	29.057
σ_{mg}^2	0.655 5	1.801 5	3.022 6	0.044	0.186	0.334 4	8.827 1	11.734 3	15.968
σ_{pg}^2	0	0.631	0	3.063 1	0	0.034 1	5.318 1	3.063 1	5.830 9
σ^2	2.209	2.209	2.209	0.239 8	0.239 8	0.239 8	7.258	7.258	7.258
h_{mg}^2 (%)	26.44	38.81	68.87	1.32	43.68	54.97	41.24	53.2	54.95
h_{pg}^2 (%)	0	13.59	0	91.52	0	5.61	24.85	13.89	20.07

注: σ_p^2 为表型方差; σ_{mg}^2 为主基因方差; σ_{pg}^2 为多基因方差; σ^2 为环境方差; h_{mg}^2 为主基因遗传力; h_{pg}^2 为多基因遗传力。
Note: σ_p^2 , Variance of phenotypic; σ_{mg}^2 , Variance of major gene; σ_{pg}^2 , Variance of polygene; σ^2 , Variance of environmental; h_{mg}^2 , Heritability of major genes; h_{pg}^2 , Heritability of polygene.

穗粒重,B1主基因遗传力为48.78%,多基因遗传力为0.29%, $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 为49.07%;B2主基因遗传力为36.03%,多基因遗传力为10.06%, $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 为46.09%;F₂主基因遗传力为54.41%,多基因遗传力为0, $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 为54.41%。在B1、B2、F₂中,主基因遗传力为36.03%~54.41%,多基因遗传力为0~10.06%,说明主基因起决定作用。3世代 $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 差异较小,说明穗粒重稳定性好。因而在高产育种双

亲选择上,母本要着重高穗粒重显性主多基因材料。

穗轴重,B1主基因遗传力为5.22%,多基因遗传力为60.65%, $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 为65.87%;B2主基因遗传力为81.8%,多基因遗传力为0, $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 为81.8%;F₂主基因遗传力为23.47%,多基因遗传力为44.03%, $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 为67.5%。在B1、B2、F₂中,主基因遗传力为5.22%~81.8%,多基因遗传力为0~60.65%,说明主基因作用为主,以多基因为辅。3世代 $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 差异较

小,说明穗轴重稳定性好。因而在高产育种双亲选择上,要着重低穗轴重隐性主多基因材料,应至少一个亲本穗轴重较低。

穗长,B1主基因遗传力为1.4%,多基因遗传力为93.26%, $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 为94.66%;B2主基因遗传力为71.06%,多基因遗传力为0, $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 为71.06%;F₂主基因遗传力为52.76%,多基因遗传力为0, $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 为52.76%。在B1、B2、F₂中,主基因遗传力为1.4%~71.06%,多基因遗传力为0~93.26%,说明主多基因作用相当。3世代 $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 差异较大,说明穗长稳定性差。因而在高产育种双亲选择上,要着重长穗显性主多基因材料,或至少一个亲本要长一些。

穗行数,B1主基因遗传力为26.44%,多基因遗传力为0, $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 为26.44%;B2主基因遗传力为38.81%,多基因遗传力为13.59%, $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 为52.4%;F₂主基因遗传力为68.87%,多基因遗传力为0, $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 为68.87%。在B1、B2、F₂中,主基因遗传力为26.44%~68.87%,多基因遗传力为0~13.59%,说明穗行数主基因起决定作用。3世代 $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 差异较大,说明穗行数稳定性差。因而在高产育种双亲选择上,要着重穗行数以适宜为准(16~18)。

秃尖长,B1主基因遗传力为1.32%,多基因遗传力为91.52%, $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 为92.84%;B2主基因遗传力为43.68%,多基因遗传力为0, $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 为43.68%;F₂主基因遗传力为54.97%,多基因遗传力为5.61%, $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 为60.58%。在B1、B2、F₂中,主基因遗传力为1.32%~54.97%,多基因遗传力为0~91.52%,说明秃尖长度多基因起主要作用,主基因为辅。3世代 $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 差异较大,说明秃尖长稳定性差。因而在高产育种双亲选择上,应着重无秃尖或秃尖较小隐性主多基因材料。

百粒重,B1主基因遗传力为41.24%,多基因遗传力为24.85%, $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 为66.09%;B2主基因遗传力为53.2%,多基因遗传力为13.89%, $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 为67.09%;F₂主基因遗传力为54.95%,多基因遗传力为20.07%, $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 为75.02%。在B1、B2、F₂中,主基因遗传力为41.24%~54.95%,多基因遗传力为13.89%~24.85%,说明百粒重以主基因作用为主,以多基因作用为辅。3世代 $h_{mg}^2 + h_{pg}^2$ 差异较小,说明百粒重稳定性好。因而在高产育种双亲选择上,应着重百粒重较大显性主多基因材料。

3 结论与讨论

先玉335玉米品种9个性状优势率以穗粒重优势率最高,说明是注重高产通过选择而使优良基因不断累加和聚合的结果,其潜力比较大。出籽率优势率最低,且由多基因控制,说明需通过不断聚合累加多基因,才能实现高出籽率目标。

研究表明,株高、穗重、穗粒重、穗轴重、穗长、穗行数6个性状均为2对主基因加、显、上+多基因加、显混合遗传模型;秃尖长、百粒重2性状均为2对主基因加、显、上+多基因加、显、上混合遗传模型;穗位高为1对主基因加性+多基因加、显混合遗传模型;出籽率为多基因加、显、上遗传模型。包和平等研究表明,百粒重、穗重、秃尖长存在主基因。向道权等研究表明,穗行数为2对主基因加、显、上模型,百粒重为1对完全显性主基因+多基因加、显模型,秃尖长为2对主基因加、显模型;穗重、穗粒重、穗长为多基因模型。陈国清等研究表明,穗重、穗粒重、百粒重、穗行数为2对主基因加、显、上+多基因加、显、上混合模型;穗长为1对主基因加、显+多基因加、显、上混合模型。王铁固等研究表明,株高、穗位高为主基因效应+多基因混合遗传模型。虽然研究品种组合不同,性状遗传模型大概趋势一致,其研究结果之间差异是性状基因进化发达程度不同所致^[10]。

通过遗传参数分析表明,株高、穗轴重、百粒重以主基因遗传为主、多基因遗传为辅;穗重、穗粒重、穗行数以主基因遗传为主;穗长主基因遗传、多基因遗传同等重要。秃尖长以多基因遗传为主,主基因遗传为辅;穗位高、出籽率多基因起决定作用。因而在高产育种双亲选择上,要应着重选择矮秆隐性主基因多基因材料、低穗位高隐性多基因材料、母本高穗重显性主基因多基因材料、母本高穗粒重显性主基因多基因材料、低穗轴重隐性主基因多基因材料、长穗显性主基因多基因材料、穗行数适宜材料(16~18)、无秃尖或秃尖较小隐性主基因多基因材料、高百粒重显性主基因多基因材料、高出籽率材料的利用,从而组配出综合性状良好的高产稳产品种。

二阶遗传参数分析还表明,穗重、穗粒重、穗轴重、百粒重4个性状的主基因遗传力+多基因遗传力在3分离世代中较大而趋一致,说明4个穗部性状稳定性好。通过主基因型分析,通过不断杂交聚合优良资源,科学组配,育成超越先玉335主基因型10%的优良组合是可能的。通过不断聚合母本显性多基因提高穗粒重将有一定作用。由于农艺性状间制约关系(基因连锁、一因多效),突出改良某一优良性状会间接削弱另一优良性状。通过单倍体技术、轮回

选择等育种手段,不断聚合优良主多基因,不断整合优良性状,逐步打破基因连锁,重视母父本自交系主多基因显隐性,从而使F₁穗粒重主基因型达显著提高同时,综合性状接近优良。

参考文献:

- [1] 包和平,李颖,李春成.高淀粉玉米“郑单958”主要农艺性状主基因+多基因遗传分析[J].吉林农业大学学报,2010,32(3):245-248.
- Bao H P, Li Y, Li C C. Inheritance analysis of main agronomic traits of major genes + poly-genes of high-starch corn Zhengdan958[J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2010, 32(3): 245-248. (in Chinese)
- [2] 向道权,黄烈键,曹永国,等.玉米产量性状主基因-多基因遗传效应的初步研究[J].华北农学报,2001,16(3):1-5.
- Xiang D Q, Huang L J, Cao Y G, et al. The preliminary study of genetic effect to the main yield traits in maize of mixed model of major gene plus polygene[J]. Acta Agriculture Boreali-Sinica, 2001, 16(3): 1-5. (in Chinese)
- [3] 陈国清,陈小晖,彭长俊,等.玉米产量相关性状六世代主-多基因遗传分析[C].全国玉米遗传育种学术研讨会暨新品种展示观摩会论文集摘要集,2012.
- [4] 王铁固,马娟,张怀胜,等.玉米株高主基因+多基因遗传模型分析[J].玉米科学,2012,20(4):45-49.
- Wang T G, Ma J, Zhang H S, et al. Genetic analysis on plant height by mixed inheritance model of major gene plus polygene in maize [J]. Journal of Maize Sciences, 2012, 20(4): 45-49. (in Chinese)
- [5] 石明亮,孙权星,陈小晖,等.玉米产量相关性状的遗传分析与育种应用[J].福建农业学报,2012,27(12):1292-1297.
- Shi M L, Sun Q X, Chen X H, et al. Genetic analysis on yield-related traits and application for breeding of *Zea mays* L[J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2012, 27(12): 1292-1297. (in Chinese)
- [6] 王铁固,马娟,张怀胜,等.玉米穗位高的主基因+多基因遗传模型分析[J].贵州农业科学,2012,40(4):10-13.
- Wang T G, Ma J, Zhang H S, et al. Analysis of major gene plus polygene genetic model for ear height in maize[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2012, 40(4): 10-13. (in Chinese)
- [7] 盖钧镒,章元明,王建康.植物数量性状遗传体系[M].科学出版社,2003.
- [8] 孔繁玲.植物数量遗传学[M].中国农业大学出版社,2006.
- [9] Hallauer A R, Russell W A, Smith O S. Quantitative analysis of iowa stiff stalk synthetic[C]. In JP Gustafsen(ed) 15th Stadler Genet Symp Washington Univ., St Louis 12-16 June 1983 Univ. of Missouri AES, Columbia, 1983.
- [10] Hufford M B, Xu X, et al. Comparative population genomics of maize domestication and improvement[J]. Nat Genet, 2012, 44: 808-811.

(责任编辑:李万良)