

# 两种轮回选择方法对玉米群体主要性状的改良效果

李芦江, 杨克诚

(四川农业大学 玉米研究所, 教育部作物基因资源与遗传改良重点实验室, 四川 雅安 625014)

**摘要:** 研究了控制双亲混合选择和半同胞- $S_2$  3(HS- $S_2$  3)轮回选择对 2 个玉米基础群体  $P_4C_0$  和  $P_5C_0$  主要性状的改良效果。结果表明, 对于基础群体  $P_4C_0$ , 其改良群体  $P_4HSC_1$ 、 $P_4MSC_1$  和  $P_4MSC_2$  的单株产量分别比  $P_4C_0$  提高 21.64%、10.29% 和 8.70%, 达显著或极显著水平; 对于基础群体  $P_5C_0$ , 其改良群体  $P_5HSC_1$  的单株产量比  $P_5C_0$  降低 7.53%, 达显著水平; 改良群体  $P_5MSC_1$  和  $P_5MSC_2$  平均单株产量变化与  $P_5C_0$  相比, 分别降低和提高了 2.67% 和 3.65%, 均未达到显著水平。控制双亲混合选择改良群体, 其产量的显著改进伴随着株高和穗位高的显著增加; HS- $S_2$  3 轮回选择改良群体, 不同基础群体, 其产量和株高、穗位高的改良效果不同。两种选择方法改良群体, 多数性状的表型变异系数随着选择的进行有所下降, 但也有部分性状变异系数变化较小或有所增大, 群体内仍保持了较丰富的遗传变异, 且以控制双亲混合选择保持群体遗传多样性的效果更好。

**关键词:** 玉米; 群体改良; 性状; 控制双亲混合选择; 半同胞- $S_2$  3 轮回选择

**中图分类号:** S13.03 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7091(2009)增刊-0030-05

## Effects of Two Recurrent Selection Methods on the Major Traits of Maize Populations

LILu jiang YANG Ke cheng

(Maize Research Institute, Sichuan Agricultural University Key Laboratory of Crop Genetic Resources and Improvement, Ministry of Education, Ya'an 625014, China)

**Abstract** In this article, the effects of biparental mass selection (MS) and half sib- $S_2$  3 family combining selection (HS- $S_2$  3) on the major traits of the two maize populations were studied. The results indicated that the increase of grain yield per plant of  $P_4HSC_1$ ,  $P_4MSC_1$  and  $P_4MSC_2$  was 21.64%, 10.29% and 8.70% compare to that of  $P_4C_0$ , respectively, a significant or extreme significant progress was made. There was a significant decrease for 7.53% compare to that of  $P_5C_0$  in grain yield per plant of  $P_5HSC_1$ . The increase of grain yield per plant of  $P_5MSC_1$  and  $P_5MSC_2$  was -2.67% and 3.65%, the difference was not significant. The height of plant and ear increased significantly with the increase of grain yield in a mass selection program. The effects of HS- $S_2$  3 on the height of plant and ear were different for the two populations. The performance of major traits changed and the phenotypic variation coefficients of most traits decreased with the advance of improvement. The MS was better in maintaining the genetic diversity of populations.

**Key words:** Maize; Recurrent selection; Traits; biparental mass selection (MS); Half sib- $S_2$  3 family combining selection (HS- $S_2$  3)

我国是世界玉米生产第二大国和玉米育种较先进的国家, 但随着玉米杂交种的大面积推广, 生产上种植的品种逐渐来源于少数自交系。彭泽斌<sup>[1, 2]</sup>、王懿波<sup>[3]</sup>和史桂荣<sup>[4]</sup>等的研究表明, 目前, 我国常用的玉米自交系主要集中在旅大红骨、四平头、瑞德

黄马牙和兰卡斯特等几大类群中。从 20 世纪 80 年代中期开始, 虽然玉米品种数在不断增长, 然而黄早四、Mq7、E28、丹 340 和自 330 等 5 个骨干自交系对我国玉米生产的遗传贡献率仍超过了 50%, 玉米

收稿日期: 2009-10-15

基金项目: 国家“十一五”科技攻关计划子课题 (2006BAD13B03); 教育部长江学者创新团队发展计划 (IRT0453); 四川省玉米育种攻关项目

作者简介: 李芦江 (1982-) 男, 四川芦山人, 博士, 主要从事玉米遗传育种研究。

通讯作者: 杨克诚 (1940-) 男, 四川郫县人, 教授, 博士生导师, 主要从事玉米遗传育种研究。

杂交种遗传基础单一的问题已相当严重。李海明等<sup>[5]</sup>的研究表明, 遗传单一性每增加 1%, 玉米平均单产将减少 13%。在我国玉米品种的遗传单一性较高的情况下, 通过玉米种质扩增提高遗传多样性已成为当务之急。轮回选择是一种可以构建优良种质的群体改良方法。它不仅能不断地集中群体中的有利基因, 改良群体的遗传基础, 保持群体的遗传变异, 而且能随着选择的进行从各轮群体中分离出优良自交系<sup>[6-7]</sup>。轮回选择最成功和经典的例子是 BSSS 群体的改良, 从 1939 年开始至今, 对 BSSS 群体已经进行了多轮改良, 从不同轮次的改良群体中选出了一些优良自交系如 B14、B37、B74 和 B84 等, 并用这些自交系或衍生系组配了许多生产用杂交种<sup>[8]</sup>。我国的群体改良工作起步较晚, 经过 20 多年的努力, 已经培育出一批优良的育种群体, 并从改良群体中选育了一些优良自交系, 如金黄 96、辽轮 814、吉 921、豫 25、武 126、中自 02 和龙系 1564 等, 利用这些自交系组配的杂交种已通过品种审定并在生产上推广利用, 如协单 969、川单 418 和龙单 34 等<sup>[2,9]</sup>。但群体改良方法仍处于不断改进和完善的过程中, 且因种质创新的需要而愈显迫切。因此, 四川农业大学玉米研究所于 21 世纪初新合成、引进了一批新的玉米种质群体, 并在研究基础群体的同时, 着手开展了改良工作。本研究利用两个玉米基础群体  $P_4C_0$  和  $P_5C_0$  及其分别经两轮控制双亲混合选择和  $HS \times S_2$  3 轮回选择改良后的群体作为供试材料, 从个体和群体水平, 研究了两种改良方法对玉米群体主要性状的改良效果, 以期改良群体的有效利用和群体改良方法的进一步完善, 提供一定的理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 基础材料

基础群体为四川农业大学玉米研究所合成的  $P_4C_0$  和四川省农业科学院作物所合成的  $P_5C_0$ 。

### 1.2 改良群体形成过程

1.2.1 半同胞- $S_2$  3 轮回选择 2004 年秋季, 在云南元江从群体  $P_4C_0$  不同基本株的  $S_2$  中各选取田间表现优良的 10 个株系, 每个株系取 3 个单株按不完全双列杂交设计分别与 3 个自交系测验种 (482、9636、RP125) 杂交, 每个组合做 3 个果穗。果穗收获风干后, 混合脱粒。2005 年春季和夏季, 在四川农业大学玉米研究所多营试验基地进行 90 个组合的田间试验, 选取其中有较大差异的 10 个优良组合, 同时将对应的  $S_2$  株系加代。2005 年秋季, 在云

南元江将中选组合对应的  $S_2$  株系中的优良单株种子混播, 种植株数为 600 株, 选择 150 个优株套袋混粉, 授到 200 个优良单株套袋的雌穗上, 获得  $P_4HSC_1$ 。用同样的方法得到  $P_5HSC_1$ 。

1.2.2 控制双亲混合选择 2005 年春季, 将 2 个基础群体种植于四川农业大学玉米研究所多营试验基地, 每个群体种植 600 株, 抽丝散粉前根据田间长势、玉米主要病害抗性及植株性状表现, 每个群体选择 200 个以上优良单株雌雄套袋。授粉时, 为避免单株自交, 每个群体把套袋的优良单株按个数平均分为两组, 第一组的花粉混合给第二组的套袋雌穗授粉, 反之, 第二组的混合花粉授给第一组的套袋雌穗。收获时每个群体选择 100 个以上优良果穗, 经室内考种后, 针对基础群体存在问题, 以穗行和籽粒深度为选择目标, 每个群体选留 60 个较优果穗, 每个果穗中部等量籽粒混合形成下一轮群体。同年秋季在云南按同样方法继续对群体进行改良, 获得  $MSC_0$ 。

### 1.3 供试材料和田间试验设计

供试群体为两个基础群体  $P_4C_0$  和  $P_5C_0$ , 以及它们分别经两轮控制双亲混合选择和一轮  $HS \times S_2$  3 轮回选择的改良群体  $P_4MSC_1$ 、 $P_4MSC_2$ 、 $P_4HSC_1$ 、 $P_5MSC_1$ 、 $P_5MSC_2$  和  $P_5HSC_1$ , 共 8 个群体。

2006 年春季和夏季, 在四川农业大学玉米研究所的多营实验基地进行群体的田间试验。试验采用随机区组设计, 3 次重复, 5 行区, 每行 24 株, 双株种植, 密度为 48 000 株 /  $hm^2$ , 田间管理同大田生产, 每个小区取中间 100 株获取数据资料。

田间调查性状为株高、穗位高, 室内考查性状为穗长、秃尖长、穗粗、轴径、籽粒深度、穗行数、行粒数、穗重、轴重、单株产量等。

### 1.4 数据分析与处理

以小区均值为单位, 将数据进行两季联合方差分析, 揭示群体间的差异, 对方差分析差异显著的性状做多重比较 (LSD 法); 以单株为单位计算各性状的变异系数, 揭示群体内的遗传变异。

变异系数  $CV\% = SD/\bar{X} \times 100$

所有数据的处理均在 DPS 5.5 数据处理系统上完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 群体主要性状两季联合方差分析

两个基础群体及其各自改良群体主要性状两季联合方差分析结果列于表 1 和表 2。可以看出, 基础群体  $P_4C_0$  及其改良群体, 除轴径和行粒数外, 其

余性状季节间差异都达到极显著水平;除粒深和穗长外,其余性状群体间差异达到显著或极显著水平,穗长虽未达到显著水平,但其 F值 (3 46)已接近临界 F值 ( $F_{(3\ 12\ 0.05)}=3.49$ )。基础群体  $P_4C_0$  及其改良群体,除穗长、轴径和行粒数外,其余性状季节间

差异都达到极显著水平;除秃尖长外,其余性状群体间差异达到显著或极显著水平。以上结果说明,两个基础群体及其各自的改良群体间多数性状存在真实的遗传差异,且多数性状受季节影响明显。

表 1 群体  $P_4C_0$ 及其改良群体主要性状两季联合方差分析结果

Tab 1 Combined analysis of variance of major traits for $P_4C_0$ and its developed populations over two seasons													
变异来源 Source of variation	自由度 Df	株高 Plant height	穗位高 Ear height	穗长 Ear length	秃尖 Barren length	穗粗 Ear diameter	轴径 Axes diameter	粒深 Kemel depth	穗行数 Rows Per ear	行粒数 Kernels Per row	穗重 Ear weight	轴重 Axes weight	单株产量 Yield Per plant
季节内区组 Blocks within season	4	1.89	2.46	4.89*	0.29	2.62	1.55	0.7	3.16	3.79*	2.79	4.74*	2.18
季节 Seasons	1	125.38**	52.25**	10.8**	17.1**	20.38**	2.28	10.43**	10.93**	1.35	37.12**	38.90**	30.64**
群体 Population	3	18.87**	20.23**	3.46	7.23**	11.77**	7.82**	1.91	26.89**	5.42*	12.9**	15.85**	11.14**
季节×群体 Season×population	3	0.14	0.06	0.73	0.59	0.27	1.24	0.98	1.61	3.65*	0.3	2.88	0.39
试验误差 Error	12	26.42	13.52	0.07	0.03	0.01	0.01	0.01	0.03	1.03	42.87	1.06	34.14

注: \*表示 5%水平上显著, \*\*表示 1%水平上显著。表 2同。  
Note: \* and \*\* Indicate significant difference at 0.05 and 0.01 probability level respectively. The same as Tab 2

表 2 群体  $P_5C_0$ 及其改良群体主要性状两季联合方差分析结果

Tab 2 Combined analysis of variance of major traits for $P_5C_0$ and its developed populations over two seasons													
变异来源 Source of variation	自由度 Df	株高 Plant height	穗位高 Ear height	穗长 Ear length	秃尖 Barren length	穗粗 Ear diameter	轴径 Axes diameter	粒深 Kemel depth	穗行数 Rows Per ear	行粒数 Kernels Per row	穗重 Ear weight	轴重 Axes weight	单株产量 Yield Per plant
季节内区组 Blocks within season	4	0.98	3.00	2.20	0.18	1.7	1.82	2.7	2.46	2.12	1.90	1.11	1.80
季节 Seasons	1	38.93**	13.47**	1.14	38.41**	62.34**	0.18	56.22**	28.90**	3.86	81.44**	49.84**	74.75**
群体 Population	3	17.17**	31.55**	31.81**	1.95	24.44**	10.59**	9.15**	118.37**	6.52**	4.03*	11.18**	7.32**
季节×群体 Season×population	3	2.15	2.56	0.86	0.29	4.92*	8.30**	5.06*	2.10	1.35	0.60	1.65	0.70
实验误差 Error	12	0	12.36	0.11	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.63	29.07	0.83	23.39

2.2 两种改良方法对群体主要性状的改良效果

2.2.1 株高和穗位高 从表 3可以看出,对于基础群体  $P_4C_0$  通过两种轮回选择改良的群体,株高和穗位高均呈极显著增加的趋势。从表 4可以看出,对于基础群体  $P_5C_0$  通过控制双亲混合选择改良的群体,株高和穗位高呈显著增加的趋势,而经一轮 HS-S<sub>2</sub> 3轮回选择,株高和穗位高呈减小的趋势。

2.2.2 穗长与秃尖长 从表 3可以看出,对于基础群体  $P_4C_0$  两种轮回选择方法对群体穗长都有一定程度提高,其中  $P_4HSC_1$ 、 $P_4MSC_1$  的提高幅度达到极显著水平,对于秃尖长,混合选择前后差异不显著,仅  $P_4HSC_1$  减小幅度达到极显著水平。从表 4可以看出,对于基础群体  $P_5C_0$  经两种轮回选择方法选择后,群体穗长都有一定程度减小,且  $P_5HSC_1$  穗长减小达到极显著水平,而秃尖长群体间差异均不显著。

2.2.3 穗粗、轴粗与籽粒深度 从表 3可看出,对于基础群体  $P_4C_0$  两种轮回选择方法都显著或极显著增加了穗粗和轴径,但籽粒深度群体间差异不显著。从表 4可看出,对于基础群体  $P_5C_0$  经一轮控

制双亲混合选择后,群体穗粗、轴径和籽粒深度变化均不显著,经过两轮控制双亲混合选择后,群体穗粗显著增加、轴径减小虽未达到显著水平,但籽粒深度增加达到极显著水平,经一轮 HS-S<sub>2</sub> 3轮回选择,群体穗粗和轴径均极显著增加,籽粒深度增加也达到显著水平。

2.2.4 穗行数与行粒数 对于基础群体  $P_4C_0$  两种轮回选择方法都极显著改良了群体的穗行数,但只有半同胞-S<sub>3</sub>轮回选择极显著提高了行粒数。对于基础群体  $P_5C_0$  经一轮控制双亲混合选择后,穗行数与行粒数均无显著变化,经两轮控制双亲混合选择后,穗行数极显著增加,而行粒数无显著变化,经一轮 HS-S<sub>2</sub> 3轮回选择后,穗行数极显著增加,而行粒数则极显著减少。

2.2.5 穗重、轴重和单株产量 对于基础群体  $P_4C_0$  两种轮回选择方法都极显著提高了群体的穗重、轴重和单株产量。改良群体  $P_4HSC_1$  单株产量比  $P_4C_0$  增加 19.40 g 提高 21.64%,达到极显著水平;改良群体  $P_4MSC_1$ 、 $P_4MSC_2$  单株产量分别比  $P_4C_0$  增加 9.22 g 和 7.80 g 提高 10.29% 和

8.70%, 分别达到极显著和显著水平。对于基础群体  $P_5C_0$ , 控制双亲混合选择前后, 群体穗重、轴重和单株产量差异不显著, 而经一轮半同胞-S<sub>3</sub>轮回选择后, 改良群体  $P_5HSC_1$  穗重减小虽未达显著水平, 但轴重极显著增加, 单株产量比  $P_5C_0$  了减少 8.66 g降低 7.53%, 达到显著水平; 改良群体  $P_5MSC_1$  平

均单株产量比  $P_5C_0$  减少 3.05 g降低 2.67%, 改良群体  $P_5MSC_2$  平均单株产量比  $P_5C_0$  增加 4.17 g提高 3.65%, 均未达到显著水平。以上结果说明, 不同轮回选择方法对同一群体的改良效果不同, 同一轮回选择方法对不同的群体以及对同一群体在不同选择轮回, 其改良效果也不尽相同。

表 3 群体  $P_4C_0$  及其改良群体主要性状平均值与显著性检验  
Tab 3 The significance test of average value of major trait for  $P_4C_0$  and its developed populations

变异来源 Source of variation	株高 Plant height	穗位高 Ear height	穗长 Ear length	秃尖 Barren length	穗粗 Ear diameter	轴径 Axes diameter	粒深 Kemel depth	穗行数 Rows Per ear	行粒数 Kernels Per row	穗重 Ear weight	轴重 Axes weight	单株产量 Yield per plant
$P_4C_0$	186.20	70.92	14.23	1.65	4.26	2.30	0.98	13.99	27.43	108.57	20.34	88.23
$P_4MSC_1$	201.23	81.76	14.66	1.60	4.38	2.37	1.01	14.51	28.02	118.65	21.90	97.77
$P_4MSC_2$	208.01	86.93	14.55	1.78	4.39	2.39	1.00	14.63	28.35	117.84	22.06	96.14
$P_4HSC_1$	198.63	81.93	14.66	1.33	4.50	2.44	1.03	14.83	29.86	132.07	24.39	107.87
$LSD_{0.05}$	7.92	5.66	—	0.27	0.11	0.08	—	0.26	1.57	10.09	1.59	9.00
$LSD_{0.01}$	11.10	7.94	—	0.38	0.15	0.11	—	0.37	2.20	14.14	2.23	12.62

表 4 群体  $P_5C_0$  及其改良群体主要性状平均值与显著性检验  
Tab 4 The significance test of average value of major trait for  $P_5C_0$  and its developed populations

变异来源 Source of variation	株高 Plant height	穗位高 Ear height	穗长 Ear length	秃尖 Barren length	穗粗 Ear diameter	轴径 Axes diameter	粒深 Kemel depth	穗行数 Rows Per ear	行粒数 Kernels Per row	穗重 Ear weight	轴重 Axes weight	单株产量 Yield per plant
$P_5C_0$	199.20	76.03	15.08	1.23	4.45	2.43	1.01	14.62	30.52	136.54	22.40	114.36
$P_5MSC_1$	210.20	84.37	14.94	1.47	4.45	2.40	1.03	14.48	29.64	133.81	22.74	111.31
$P_5MSC_2$	215.09	90.37	14.67	1.27	4.55	2.41	1.07	14.88	29.94	141.67	23.37	118.53
$P_5HSC_1$	193.64	72.56	13.43	1.23	4.59	2.51	1.04	15.62	28.57	131.21	25.18	105.70
$LSD_{0.05}$	8.96	5.42	0.50	—	0.06	0.06	0.03	0.18	1.23	8.31	1.41	7.45
$LSD_{0.01}$	12.57	7.60	0.70	—	0.08	0.08	0.04	0.25	1.72	11.65	1.97	10.45

2.2 改良群体主要性状的遗传变异分析

变异系数可以在一定程度上揭示群体内个体间的遗传变异。8个群体主要性状的变异系数列于表5和表6。可以看出, 两个基础群体, 经两轮控制双亲混合选择后, 改良群体大多数性状的变异系数都有小幅度的下降, 而经过一轮 HS-S<sub>3</sub>选择后, 虽

然部分性状的变异系数下降幅度较大, 但也有部分性状的变异系数在经过轮回选择后有所增大, 说明两种轮回选择均在一定程度上保持了群体的遗传变异, 控制双亲混合选择与 HS-S<sub>3</sub> 轮回选择相比, 前者能更有效地保持群体遗传多样性, 这与 Li 等<sup>[10]</sup>利用 SSR分子标记研究结果相吻合。

表 5 群体  $P_4C_0$  及其改良群体主要性状变异系数  
Tab 5 The coefficient of variation of major traits for  $P_4C_0$  and its developed populations

变异来源 Source of variation	株高 Plant height	穗位高 Ear height	穗长 Ear length	秃尖 Barren length	穗粗 Ear diameter	轴径 Axes diameter	粒深 Kemel depth	穗行数 Rows Per ear	行粒数 Kernels Per row	穗重 Ear weight	轴重 Axes weight	单株产量 Yield per plant
$P_4C_0$	12.50	20.15	16.51	84.23	9.54	12.61	16.53	13.28	27.69	34.06	38.05	37.76
$P_4MSC_1$	10.99	18.21	15.52	87.25	8.28	11.67	15.51	13.17	28.65	32.01	34.29	35.50
$P_4MSC_2$	10.36	17.37	16.58	80.14	8.71	11.10	15.30	13.21	27.15	32.62	34.13	36.13
$P_4HSC_1$	9.49	15.49	15.70	88.87	7.07	8.63	13.79	12.27	26.94	31.33	30.14	34.40

表 6 群体  $P_5C_0$  及其改良群体主要性状变异系数  
Tab 6 The coefficient of variation of major traits for  $P_5C_0$  and its developed populations

变异来源 Source of variation	株高 Plant height	穗位高 Ear height	穗长 Ear length	秃尖 Barren length	穗粗 Ear diameter	轴径 Axes diameter	粒深 Kemel depth	穗行数 Rows Per ear	行粒数 Kernels Per row	穗重 Ear weight	轴重 Axes weight	单株产量 Yield per plant
$P_5C_0$	9.77	16.67	16.22	90.85	8.29	11.73	14.13	14.10	22.4	29.78	34.24	31.09
$P_5MSC_1$	10.32	16.67	16.77	82.11	7.62	11.13	12.34	13.54	23.43	29.10	35.22	30.16
$P_5MSC_2$	8.97	14.93	16.37	86.37	7.84	11.71	13.32	13.32	22.67	28.21	31.95	29.80
$P_5HSC_1$	9.46	16.71	18.55	80.64	6.49	8.46	12.38	12.74	23.23	30.99	28.89	33.09

### 3 结论与讨论

群体产量是群体改良重要的目标性状。Doerksen<sup>[11]</sup>、夏九成<sup>[12]</sup>和彭泽斌<sup>[13-14]</sup>等的研究证明, 轮回选择能有效改良群体产量和配合力, 改良效果因材料和选择方法的不同而有所差异, 有的选择提高了群体的配合力, 但群体产量没有变化甚至下降, 也有的既提高了配合力又增加了群体产量。本研究结果表明, 经过一轮 HS-S<sub>2</sub> 3 轮回选择, 改良群体 P<sub>4</sub> HSC<sub>1</sub> 的单株产量得到了显著提高, 而改良群体 P<sub>5</sub> HSC<sub>1</sub> 单株产量却显著降低, 这是否与合成改良群体入选株系间的遗传差异大小有关, 值得进一步研究。控制双亲混合选择对群体单株产量改良, P<sub>4</sub> 群体得到了显著提高, 而 P<sub>5</sub> 群体提高不显著, 且不同改良轮回间表现出波动的现象。这可能与基础群体的遗传组成以及选择在四川雅安和云南元江两种不同生态环境交替进行有关。

本研究中, 经过两轮混合选择, 两个基础群体的自身产量和主要性状都得到了一定程度的改良, 但都伴随着株高和穗位高的增加, 而 HS-S<sub>2</sub> 3 轮回选择却起到了降低 P<sub>5</sub> 群体株高和穗位高的作用。因此, 总结前人研究结果并结合本试验实际, 笔者认为, 任何一种群体改良方法都有其有利的方面和不利的方面, 所以对不同材料, 不同阶段以及不同改良目标应选用不同的方法。同时在群体改良过程中, 还应定期进行改良效果的鉴定与分析, 以便有针对性地及时调整群体改良的方案。至于两种方法对群体配合力的改良效果, 目前正在进行研究, 研究结果将另文发表。

此外, 从本研究结果还可以看出, 群体多数性状受环境(季节、地点等)的影响较大, 因此, 应根据基因型和环境互作的原理, 在不同环境中进行群体的选择、重组和改良效应的鉴定, 方能收到最佳的改良效果。

### 参考文献:

- [1] 彭泽斌, 刘新芝. 我国玉米现状的评析[J]. 作物杂志, 1998 67: 1—5.
- [2] 彭泽斌, 张世煌. 玉米群体改良的问题与对策[J]. 中国农业科学, 2000 33(增刊): 27—33.
- [3] 王懿波, 王振华, 王永普, 等. 中国主要玉米种质的改良与杂优模式的利用[J]. 玉米科学, 1999 7(1): 1—8.
- [4] 史桂荣. 玉米种质基础研究分析[J]. 黑龙江农业科学, 2002 2: 35—37.
- [5] 李海明, 张世煌, 胡瑞法. 中国玉米遗传单一性的经济影响. 生物多样性[J], 2005 13(2): 91—96.
- [6] 哈洛威. 玉米轮回选择的理论与实践[M]. 北京: 农业出版社, 1989. 47—120.
- [7] Gethi J G, Labate J A, Lamkey K R, et al. SSR variation in important U S maize inbred lines[J]. Crop Science 2002 42: 951—958.
- [8] Hagdojn S, Lamkey K R, Frisch M, et al. Molecular genetic diversity among progenitors and derived elite lines of BSSS and BSCB<sub>1</sub> maize population[J]. Crop Science 2003 43: 474—482.
- [9] 张建国, 曹靖生, 郭小明, 等. 玉米龙早群的轮回选择效果及应用研究[J]. 玉米科学, 2006 14(5): 46—48.
- [10] Li L J, Yang K C, Pan G T, et al. Genetic diversity of maize populations developed by two kinds of recurrent selection methods investigated with SSR markers[J]. Scientia Agricultura Sinica 2008 7(9): 1037—1045.
- [11] Doerksen T K, Kammerberg L W, Lee E A. Effects of recurrent selection on combining ability in maize breeding Populations[J]. Crop Science 2003 43: 1652—1658.
- [12] 夏九成, 杨克诚, 张怀渝. 控制双亲的混合选择对热带玉米群体墨白 964 的改良效应[J]. 作物学报, 2004 30(10): 980—989.
- [13] 彭泽斌, 田志国, 刘新芝, 等. MS<sub>1</sub> 与 MS<sub>1</sub>-HS 两种选择方法在玉米群体 ZZ4 中的改良效果比较 I. 主要农艺性状的变化[J]. 作物学报, 2004 30: 1102—1107.
- [14] 彭泽斌, 田志国, 刘新芝, 等. MS<sub>1</sub> 与 MS<sub>1</sub>-HS 两种选择方法的比较研究 II. 遗传方差、配合力及杂种优势[J]. 作物学报, 2005 31: 29—35.