

文章编号: 1005-0906(2007)03-0042-06

21 个玉米自交系主要性状及杂优类群分析

任 伟, 秦 燕, 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: 采用表型性状分析与分子标记方法对 21 个玉米自交系主要农艺、经济性状及杂优类群进行研究。结果表明, 供试自交系主要性状基因型间存在真实的差异, 但多数性状同时受播种季节和基因型与播种季节互作的影响较大。供试材料中, 中秆中产型自交系所占比例较大, 高秆高产型和中秆高产型自交系所占比例较小, 矮秆自交系无一属于高产型。综合分析表明, 6054、6070、48-2、6057 和 RP128 属主要农艺、经济性状综合表现较优的自交系。SSR 标记分析表明, 供试自交系间的遗传距离变幅为 0.51~0.91, 平均遗传距离为 0.71 ± 0.0181 , 按 UPGMA 法进行聚类可将其划分为 5 个类群, 其中自交系 P14 可能属于新的杂优类群。

关键词: 玉米自交系; 农艺性状; 经济性状; SSR 标记; 种优势群

中图分类号: S513.024

文献标识码: A

Studies on Main Traits and Heterotic Group of 21 Maize Inbred Lines

REN Wei, QIN Yan, YANG Ke-cheng

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

Abstract: The objects of this study were to analyze agronomic and economic traits of 21 maize inbred lines through phenotypics characterization analysis, then analyzed their heterotic groups by molecular markers. The results showed that the differences of the main traits existed in genotype. Most of traits were impacted by the seed-season and genotype $\times$ seed-season. The proportion of the type of middle stem and middle yield is bigger. Both the type of tall stem and high yield and type of middle stem and high yield had smaller proportions in all of inbred lines, and any of the short stem inbred lines belong to high yield type. Through comprehensive analysis it showed that lines-of 6054, 6070, 48-2, 6057 and RP128 were outstanding in agronomic and economic traits in all of inbred lines. The results of SSR markers showed that genetic distance among the 21 inbred lines ranged from 0.51 - 0.91, the average genetic distance is 0.71 ± 0.0181 . According to each of their genetic distance, the maize inbred lines were divided into 5 heterotic groups, and line P14 maybe belong to new heterotic group.

Key words: Maize inbred line; Agronomic trait; Economic trait; SSR marker; Heterotic group

为提高自交系的选育和利用效率, 前人曾进行过较多研究。Bucio-Alanis 等、Breese 等以及 Langer 等的研究证明, 基因型对环境的反应属于数量遗传特性。Eberhart 和 Russell、Dhillon 和 Singh 以及 Tan 的研究表明, 玉米产量稳定性的遗传中包含了各种类型的基因效应作用, 且主要受加性效应控制。杨克

诚等研究认为, 通过亲本选择改良子粒体积, 可以增加玉米产量。吴淦生、黄开健等、李美娜等的研究表明, 对自交系的播种至抽丝天数、株高、穗位高、穗行数、行粒数、穗重、单株产量、百粒重等性状进行选择有效。因此, 对自交系性状进行研究有利于利用性状的遗传特性及形态差异的互补组配出有利于高产的组合。同时, 自交系自身性状的优劣还直接影响育成品种的推广利用。刘纪麟报道, 从配对的两个优势群分别选出的优系之间, 出现强优势杂交种的几率相应较高。显然, 对亲缘关系不清的自交系划分杂种优势群, 尽量避免盲目性, 有目的地选配杂交组合, 从总体上提高育种效率。国内外学者用不同方法对玉

收稿日期: 2006-08-20; 修回日期: 2007-01-24

基金项目: 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: 任 伟(1980-), 男, 四川汉源人, 在读硕士, 研究方向: 数量遗传与玉米育种。E-mail: renwei26@163.com
杨克诚为本文通讯作者。Tel: 0835-2882465

米自交系杂种优势群的划分进行过较多研究, 主要包括系谱关系、表型聚类、数量遗传学方法、生理生化指标、分子标记等。结合相关研究对各种方法的评价, 认为数量遗传学方法和分子标记有助于育种实践, 其中以 SSR 标记具有高效、可靠、可标准化等特点。虽然前人在这些方面做过较多研究, 但供试材料遗传背景不同其研究结果并不一致。本研究通过对部分常用和新选育自交系主要性状分析和杂优类群研究, 为这些自交系的有效利用和育种借鉴提供一定的依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

1.1.1 田间供试材料

田间供试材料为部分常用和新选育玉米交系。自交系编号、名称见表 1。

表 1 21 个供试自交系名称及来源
Table 1 Name and source of 21 inbred lines

类 型	编 号	名 称
Type	No.	Name
新选自交系	6013	99S2052-3-2-1-1
	6019	983015-6
	6033	(9814035 × G268)-1-3-2-1
	6035	9812713-2-1-1-1
	6037	沈试 39-1-1-2-1-1
	6038	东单 54-3-1-1-1
	6049	DH3303-2-1-1-1
	6054	(99C × 2030)-1-1-1-1
	6057	(99C × 2396)-2-1-1-1
	6059	(99C × 2436)-3-2-2-1
	6062	东单 60-2-3-1-1
	6063	(99Y11011 × D008)-6-1-1-1
	6070	091 × 5022-1-2-2-1-1
常用自交系	6001	48-2
	6002	R08
	6003	R18
	6004	ES40
	6010	RP128
	6006	新 698-3
	6026	P14
	6027	L790

1.1.2 室内供试材料

室内供试材料为田间供试的 21 个自交系及 Mo17、黄早四、丹 340、478 4 个标准测验种。

1.2 田间试验设计及考查性状

1.2.1 田间试验设计

2005 年 4 月和 5 月将 21 个亲本自交系播种于四川农业大学玉米研究所多营试验基地。采用随机区组设计, 3 次重复, 单行区, 每行 14 株, 双株种植, 密度 50 025 株 /hm², 每个小区取 12 株调查获取资料。

1.2.2 田间调查及室内考种性状

田间调查: 以小区为单位调查抽丝期、散粉期, 以个体为单位调查株高、穗位高。室内考种: 穗长、秃尖长、穗行数、行粒数、轴重、单株产量等性状。

1.3 室内实验

1.3.1 DNA 的提取与检测

参照 Saghai-Marooof 的 2 × CTAB 法提取供试材料的基因组 DNA。

1.3.2 PCR 扩增及扩增产物的电泳检测

PCR 扩增反应总体积为 15 μL, 其中包括 10 mmol/L Tris-HCl, 50 mmol/L KC1, 0.001% Gelatin, 1.5 mmol/L MgCl₂, 4 种 dNTP 各 200 μmol/L, 0.4 μmol/L SSR 引物, 1 U *Taq* 酶, 40 ng DNA 模板。将反应液混合后, 加入适量矿物油覆盖。PCR 反应程序为 94℃ 预变性 4 min, 1 个循环; 94℃ 变性 1 min; 52 ~ 60℃ (据引物而定) 与模板靶位点结合 2 min; 72℃ 引物沿模板延伸 2 min, 共 35 个循环; 最后在 72℃ 延伸 5 min。SSR 引物序列信息来自 Maize DB, 引物由北京赛百盛公司合成。扩增产物采用 6% 变性聚丙烯酰胺凝胶电泳, 银染观察结果。

1.4 统计分析

1.4.1 自交系田间试验的统计分析

以小区均数为单位, 用 DPS7.55 统计软件对自交系的播种至抽丝天数、播种至散粉天数、株高、穗位高、穗长、秃尖长、穗行数、行粒数、轴重和单株产量等 10 个农艺、经济性状的两季数据进行联合方差分析。用 F 测验对主要农艺、经济性状自交系间的差异进行显著性检验。对 F 测验自交系间差异显著的性状利用 Duncan 的新复级差法, 即 SSR(shortest significant ranges)法进行多重比较。并对自交系的株高和单株产量进行归类分析。

1.4.2 SSR 标记统计分析

根据筛选出的具有多态性引物的扩增结果, 将在相同迁移位置上有带的计为 1, 无带的计为 0, 建立数据库。采用 NTSYS(version2.1)软件按 Nei's 的方法计算自交系间的遗传相似系数 GS (Genetic Similarity)和遗传距离 GD(Genetic Distance)。计算公式为:

$$GS_{ij} = \frac{2N_{ij}}{N_i + N_j}, GD_{ij} = 1 - GS_{ij}$$
其中 N_{ij} 是两个自交系 i 和

j 共有的条带数, N_i 、 N_j 分别是自交系 i 和 j 的条带数。再将遗传距离矩阵按 UPGMA (Unweighted Pair-Group Method Arithmetic Average)法对 SSR 数据进行聚类分析,构建聚类图。按聚类图划分自交系的杂种优势群。

2 结果与分析

2.1 自交系主要农艺、经济性状分析

2.1.1 自交系主要农艺、经济性状的两季联合方差分析

以小区均数为单位,结合两季数据对 21 个自交系的 10 个农艺、经济性状进行联合方差分析。结果表明:10 个农艺、经济性状自交系间的差异均达显著或极显著水平,说明这些性状自交系间存在真实差异。同时多数性状受播种季节和自交系与播种季节互作效应的影响较大。

表 2 自交系两季联合方差分析

Table 2 Combined analysis of variance for different inbred lines over two seasons

变异来源	自由度	播种至抽丝天数	播种至散粉天数	株 高	穗位高	穗 长
Source of variation	DF	Silking date	Shedding date	Plant height	Ear height	Ear length
季 节	1	4.05	2.38	266.43	535.20**	134.23**
季节内区组	2	1 542.86**	1 848.05**	3 596.86**	3 775.26**	2.29**
自交系	20	11.89*	12.71**	1 741.33**	384.48**	12.05**
自交系 × 季节	20	3.33	3.10**	177.23	46.83	2.58**

变异来源	自由度	秃尖长	穗行数	行粒数	轴 重	单株产量
Source of variation	DF	Sterile kernel length	Row/ear	Kernels/ row	Shaft weight	Yield per plant
季 节	1	21.05*	60.67**	812.70**	701.84**	36 413.63**
季节内区组	2	1.50	0.39	3.31	1.90	480.37**
自交系	20	4.43*	5.06**	53.43**	50.26**	643.17**
自交系 × 季节	20	2.28	4.14**	47.32**	12.22**	810.88**

注:**表示在 $\alpha=0.01$ 水平上差异显著,*表示在 $\alpha=0.05$ 水平上差异显著。
Note: ** indicates the significant at 1%, * indicates the significant 5% level respectively.

2.1.2 不同播期单株产量比较

在联合方差分析的前提下,将两季的单株产量进行比较发现,两季各样本配对,其均值差异检验

$t=6.701\ 2(t_{21,0.01}=2.831)$ 达极显著水平。表明春播自交系的单株产量极显著高于夏播自交系。

表 3 自交系不同播期单株产量比较

Table 3 Comparison of inbred lines yield per plant in different season sowing

自交系	48-2	R08	R18	ES40	新 698-3	RP128	6013	6019	P14	L790	6033
Inbred lines											
春播	79.34	109.50	71.53	37.94	27.79	80.03	49.23	122.82	51.43	77.24	51.80
夏播	31.15	30.60	26.14	38.83	22.74	35.39	34.05	20.79	26.98	21.64	22.98
差值	48.19	78.90	45.39	-0.89	5.05	44.63	15.18	102.03	24.46	55.60	28.82

自交系	6035	6037	6038	6049	6054	6057	6059	6062	6063	6070
Inbred lines										
春播	80.80	73.10	57.66	36.31	101.38	65.26	96.61	59.11	33.97	74.10
夏播	9.90	16.57	31.44	41.50	23.73	37.58	34.12	27.02	17.81	11.51
差值	70.90	56.52	26.22	-5.19	77.65	27.68	62.49	32.09	16.16	62.59

2.1.3 自交系主要农艺、经济性状的多重比较

以两季小区均数为单位,用 DPS7.55 统计软件对玉米自交系的 10 个农艺、经济性状进行多重比较。结果表明,自交系 6035 的播种至抽丝天数极显著多于其它自交系,48-2 极显著少于其它自交系;自交系 6035、RP128 的播种至散粉天数极显著多于

其它自交系,6063 极显著少于其它自交系;自交系 ES40、6019、R08 的株高极显著高于其它自交系,6033 极显著矮于其它自交系;自交系 6019 的穗位高极显著高于其它自交系,P14 极显著矮于其它自交系;自交系 6057、6059 的穗长极显著长于其它自交系,6033、6070 极显著短于其它自交系;自交系

6059 的秃尖极显著长于其它自交系,6070 极显著短于其它自交系;自交系新 698-3 的轴重极显著高于其它自交系,6070 极显著低于其它自交系; 自交系 6033 的穗行数极显著多于其它自交系,6049 极显著少于其它自交系;自交系 6010 的行粒数极显著多于其它自交系,48-2 极显著少于其它自交系; 自交系 6019、R08 的单株产量极显著高于其它自交系,新 698-3、6063 极显著低于其它自交系。其余自交系间上述性状差异不显著。

2.1.4 自交系株高与单株产量归类分析

以春播数据将 21 个自交系的株高分为 3 个水平:株高矮于 180 cm 为矮秆;株高在 180 ~ 200 cm 之间的为中秆;高于 200 cm 为高秆。同时将单株产

量划分为 3 个水平:单株产量小于 60 g 为低产;在 60 ~ 100 g 之间为中产;大于 100 g 为高产。分类结果见表 4,从表 4 可以看出,可将 21 个自交系划分为 8 类:高秆高产型(6019、R08,占 9.5%),高秆中产型(6035、6059,占 9.5%),高秆低产型(ES40、6038、6013,占 14.1%);中秆高产型(6054,占 4.8%),中秆中产型(48-2、6057、RP128、6037、R18、L790,占 28.6%),中秆低产型(新 698-3、6062、6063,占 14.1%);矮秆中产型 (6070,占 4.8%),矮秆低产型(6033、6049、P14,占 14.1%)。可以看出矮秆自交系无一属于高产型,高秆高产型和中秆高产型所占比例也较少,中秆中产型、高秆低产型、中秆低产型和矮秆低产型所占比例较大。

表 4 自交系株高与单株产量归类分析
Table 4 Classification of plant height and plant yield analysis

自交系 Inbred lines	株高(cm) Plant height			单株产量(g) Plant yield		
	高 秆	中 秆	矮 秆	高 产	中 产	低 产
	Tall plant	Middle plant	Short plant	High yield	Middle yield	Low yield
6059	218.3				96.6	
ES40	215.6					37.939
R08	212.8			109.5		
6019	211.7			122.8		
6038	203.5					57.662
6013	201.3					49.234
6035	200.4				80.8	
48-2		200			79.3	
6054		199		101.4		
6057		199			65.3	
L790		197			77.2	
新 698-3		191				27.7856
R18		191			71.5	
6037		186			73.1	
RP128		184			80	
6063		183				33.97
6062		183				59.105
6070			174		74.1	
P14			164			51.434
6049			156			36.31
6033			142			51.803

2.2 SSR 标记结果分析

从 80 对 SSR 引物中筛选出 40 对扩增产物具有稳定多态性的引物。40 对引物在玉米 10 条染色体上均有分布,在供试材料中共检测出 420 个等位基因变异,每对引物检测到等位基因 4 ~ 20 个,平均为 10.55 个(表 5)。21 个自交系间的遗传距离变幅为 0.51 ~ 0.91,平均遗传距离为 0.71 ± 0.018 1。引入代表不同杂优类群的 4 个标准测验种进行聚类分析,

结果表明,25 个自交系之间的遗传距离变幅为 0.51 ~ 0.96,平均距离为 0.74 ± 0.015 3。

根据遗传距离系数矩阵,按 UPGMA 方法进行聚类分析(图 1)。结果表明,当自交系间遗传距离为 0.87 时,将 25 个自交系划分为 5 个类群:自交系 478、6038、6035、RP128、6037、6019、R08、R18、6054 聚为第 1 大类群,该类群中含有标准测验种 478,应属于 Reid 群;丹 340、48-2 聚为第 2 大类群,这一类

群中含有标准测验种丹 340，应属于旅大红骨群；黄早四、6062、6033、6057、6063、6070、ES40、6049、6013、新 698-3 聚为第 3 大类群，这一类群中含有标准测验种黄早四，应属于四平头群；L790、6057、Mo17 聚为第 4 大类群，该类群中含有标准测验种

Mo17,应属于兰卡斯特群;P14 与其他自交系遗传距离较远且未与标准测验种聚在一起，该自交系能属于其他类群,定为第 5 大类群。不同类群自交系间的遗传差异较大，说明供试材料中一些自交系间的亲缘关系较远,有利于进一步组配。

表 5 SSR 分子标记结果
Table 5 The results of SSR makers

编 号 No.	SSR 引物 SSR primers	位 置 Loci	等位基因数 No. of alleles	编 号 No.	SSR 引物 SSR primers	位 置 Loci	等位基因数 No. of alleles
1	bnlg1036	2.06	7	21	phi102228	3.06	16
2	bnlg1909	2.05	15	22	phi104127	3.01	7
3	bnlg391	6.01	11	23	phi109275	1.03	9
4	phi008	5.03	9	24	phi121	8.03	7
5	phi011	1.09	16	25	phi213984	4.01	17
6	phi015	8.08	14	26	phi227562	1.11	3
7	phi029	3.04	7	27	phi233376	8.09	9
8	phi031	6.04	7	28	phi299852	6.07	15
9	phi034	7.02	20	29	phi308707	1.1	16
10	phi059	10.02	9	30	phi328175	7.04	14
11	phi063	10.02	8	31	phi339017	1.03	9
12	phi065	9.03	18	32	phi374118	3.02	14
13	phi069	7.05	16	33	phi453121	3	7
14	phi076	4.11	15	34	phi96100	2.01	12
15	phi084	10.04	3	35	phi96342	10.02	8
16	phi085	5.06	7	36	umc1104	9.07	5
17	phi087	5.06	5	37	umc1109	4.1	4
18	phi089	6.08	6	38	umc1136	3.1	15
19	phi100175	8.03	8	39	umc1152	10.02	10
20	phi101049	2.1	9	40	umc1304	8.02	13

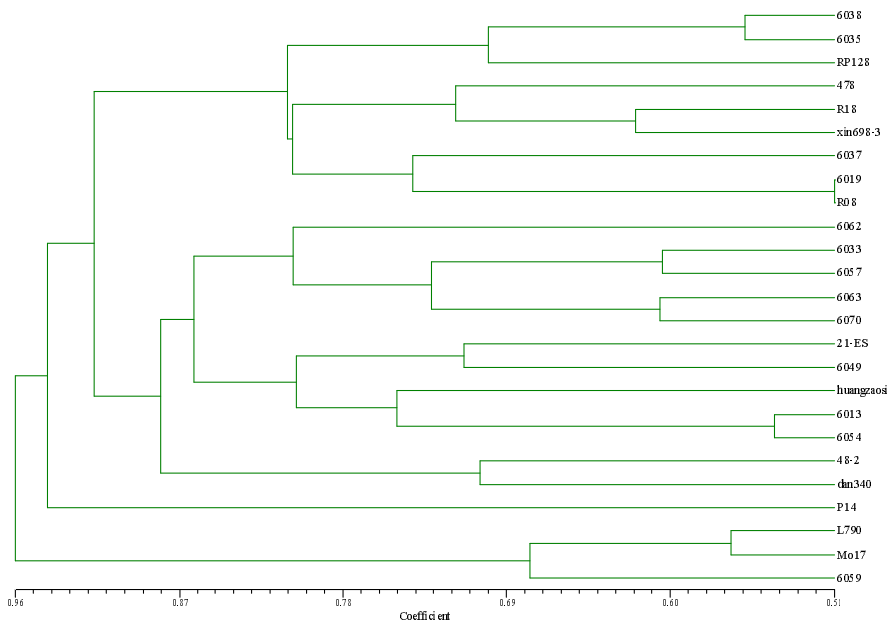


图 1 25 个自交系 SSR 分析树状聚类图

Fig.1 Dendrogram by cluster analysis based on SSR genetic distance of 25 maize inbred lines

3 结论与讨论

3.1 供试自交系主要农艺、经济性状评价及利用探讨

从本试验的结果看,21个玉米自交系中表现高产的有高产自交系 6019、R08 和中秆自交系 6054,属于中产的有高产自交系 6035、6059,中秆自交系 48-2、6057、RP128、6037、R18、L790 和矮秆自交系 6070 等,其余供试材料为低产自交系。从本试验结果还可以看出,供试材料中矮秆自交系无一属于高产型,且中秆自交系属于高产型的也很少。因此,今后自交系的选育应侧重于从中秆材料中选育高产自交系或从矮秆材料中选育中产或高产的自交系。此外,由于自交系产量受播种季节和基因型与播种季节互作效应的影响较大,因此,繁殖这些自交系及其配制组合时应以选择春播为宜。

产量构成性状方面,在统计的 5 个主要性状中,自交系 6070 穗轴最轻、秃尖最短、穗行数较多,缺点是行粒数较少和果穗较短;自交系 6057 果穗最长,穗轴较轻,但其秃尖较长,穗行数较少;自交系 6033 穗行数最多且穗轴较轻,但果穗较短;自交系 RP128 行粒数最多,穗行数也较多,但穗轴较重。对于主要性状表现优良而其余性状表现一般或较差的自交系,可尝试利用性状互补与其它自交系进行组配,或进行改良。自交系 6070 可着重在行粒和穗长上进行改良,或与果穗较长、行粒数较多的自交系组配;自交系 6057 可用于增加组合果穗的长度;自交系 6033 可用于提高组合的穗行数;自交系 RP128 可用于改良组合的行粒数。综合分析供试自交系的株高、单株产量及其构成性状表明,6054、6070、48-2、6057 和 RP128 应属于农艺经济性状表现较好的自交系。单株产量较高且差异不大的自交系 6019、R08 和 6054 之间进行组配也可能易出现高产组合。

3.2 供试自交系的遗传多样性及杂优类群分析

试验中所用标记的数目及在染色体上的覆盖程度决定了遗传多样性分析的可靠性。本试验从 80 对引物中筛选出的 40 对引物在玉米 10 条染色体上均有分布,在供试材料中共检测出 420 个等位基因变异,每对引物检测等位基因 4~20 个,平均为 10.55 个。21 个玉米自交系的遗传距离变幅为 0.51~0.91,平均遗传距离为 0.71 ± 0.0181 。遗传距离变幅较大,平均遗传距离也较大,表明供试自交系间的亲缘关系较远。

聂永心等曾将外引种质二环系 R18 与黄早四聚

在一类,从系谱来源看,该自交系是从美国杂交种中选育的,本试验中该自交系与属于 Reid 群的 478 聚在一类更为合理。ES40 与黄早四为一类与聂永心等的研究结果一致,从系谱来源看,ES40 选自地方品种邻水大督督,该地方品种可能含有四平头群的血源。48-2 与丹 340 聚为一类,与刘世建等、黄青等的研究结果一致,从系谱来源看 48-2 的基础材料中含有丹 340,应属于旅大红骨群。自交系新 698-3 与 478 聚为一类,与聂永新等和黄青等的研究结果不一致,该自交系究竟属于 Reid 群还是 Lancaster 群有待进一步研究。自交系 R08 在本试验中与 478 聚为一类,聂永新等的研究将该自交系与 S37、48-2 等聚为同一亚类,从系谱来源看,该自交系选自美国杂交种,划分为改良 Reid 群可能更为准确。自交系 P14 是否属于新的杂优类群还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] Bucio-Alanis L, et al. Environmental and genotypeenvironmental components of variability. V Segregating generations [J]. Heredity, 1969, 24: 115-127.
- [2] Langer L, et al. Production response and stability characteristics of Oat cultivars developed in different areas[J]. Crop Sci., 1978, 18(6): 938-941.
- [3] Eberhart S A, Russell W A. Stability parameters for comparing varieties [J]. Crop Sci., 1966, 6(1): 36-41.
- [4] Eberhart S A, Russell W A. Yield and stability for a 10-line diallel of single-cross and double-cross maize hybrids[J]. Crop Sci., 1969, 9: 357-361.
- [5] Dhillon B S, Singh J. Estimation and inheritance of stability parameters of grain yield in maize[J]. Agri. Sci., 1977, 88(2): 257-265.
- [6] Tan W K, Tan G Y. Combining ability analysis of stability parameters and forage yield in Smooth Bromegrass[J]. Theor. Appl. Genet., 1980, 58(2): 71-74.
- [7] 杨克诚,赖仲铭,郑有良.玉米子粒几个物理性状与粒置的关系及其遗传研究[J].四川农业大学学报,1987,5(1):11-16.
- [8] 吴渝生.玉米自交系主要农艺性状遗传参数的分析[J].玉米科学,1997,9(3):7-10.
- [9] 黄开健,杨华铨,黄艳花,等.玉米自交系数量性状遗传参数研究[J].广西科学,1999,6(04):290-292.
- [10] 李美娜,逯晓萍,张瑞霞,等.玉米自交系主要农艺性状遗传参数的研究[J].内蒙古农业大学学报(自然科学版),2004,6(2):41-43.
- [11] 刘纪麟.玉米育种学[M].中国农业出版社,2002.
- [12] Messmer M M, Melchinger A E, Herrmann R, et al. Relationships among early European maize inbreds: II. Comparison of pedigree and RFLP data[J]. Crop Sci., 1993, 33: 944-950.
- [13] 史桂荣.不同性状对玉米种质优势类群划分结果的影响[J].玉米科学,2001,9(2):38-40.

(上接第 47 页)

- [14] 陈彦惠. 玉米杂种优势类群和模式的研究[J]. 河南农业大学学报, 1995, 29(4): 341-347.
- [15] Smith J S C. Genetic variability within U.S. hybrid maize: multivariate analysis of isozyme data[J]. Crop Sci., 1984, 24: 1041-1046.
- [16] Mumm R H, Hubert L J, Dudley W J A. Classification of 148 US maize inbreds: I. Cluster analysis based on RFLPs[J]. Crop Sci., 1994, 34: 852-865.
- [17] 刘新芝, 彭泽斌, 傅骏骅, 等. 采用 RAPD 分子标记、表型和杂种优势聚类分析法对玉米自交系类群的划分[J]. 华北农学报, 1998, 13(4): 36-41.
- [18] Smith J S C, Chin E C L, Shu H, et al. An evaluation of the utility of SSR loci as molecular markers in maize (*Zea Mays* L.) comparisons with data from RFLPs and pedigree[J]. TAG, 1997(95): 163-173.
- [19] Thomas Ltibberstedt, Melehinger A E, Christina Duble, et al. Rela-

tionships among early European maize inbreds. IV. Genetic diversity revealed with AFLP markers and comparison with RFLP, RAPD and pedigree data[J]. Crop Sci., 2000, 40: 783-791.

- [20] 万廷文, 李玉华, 年登瀛, 等. 玉米自交系性状的遗传差异与杂种优势及特殊配合力的关系[J]. 甘肃农业大学学报, 1993, 28(3): 243-246.
- [21] 刘世建, 荣廷昭, 杨俊品, 等. 四川地方玉米种质的 SSR 聚类分析[J]. 作物学报, 2004, 3(3): 221-226.
- [22] 曹永国, 向道权, 黄烈健, 等. SSR 标记与玉米杂种优势关系的研究[J]. 农业生物技术学报, 2002, 10(2): 120-123.
- [23] 聂永心, 潘光堂, 荣廷昭, 等. 四川省常用玉米自交系 SSR 遗传多样性分析[J]. 分子植物育种, 2005, 3(1): 43-51.
- [24] 黄青, 高明刚, 杨克诚, 等. 四川部分玉米骨干自交系杂种优势群研究[J]. 西南农业学报, 2006, 1(1): 19-24.

(责任编辑: 朴红梅)