

普×爆自交和回交后代连续选择效果研究

李玉玲,吕德彬,吴晓军,董永彬

(河南农业大学 农学院,河南 郑州 450002)

摘要:对4个优良普×爆组合连续选优后代 $F_3, F_4, F_5, BC_1S_1, BC_1S_2, BC_1S_3, BC_2S_1, BC_2S_2$ 和 BC_2S_3 的爆花率、膨化倍数、穗粒重和百粒重的分析结果表明:各世代不同组合穗粒重和百粒重的平均值、变异系数以及优于亲本的植株数均存在较大差异,而爆花率和膨化倍数的差异较小;回交后代连续自交较直接连续自交穗粒重和百粒重有所减小,而爆花率和膨化倍数增大;各世代所有性状均存在较大变异,且以穗粒重最大,爆花率最小,而且随着选择世代的增加,穗粒重和百粒重均明显减小,而爆花率和膨化倍数明显增大;各世代爆花率和膨化倍数与爆裂亲本多呈显著或极显著正相关,而穗粒重和百粒重与亲本多呈显著或极显著负相关。

关键词:爆裂玉米;普通玉米;回交;自交;膨爆特性;穗粒重

中图分类号:S513.01 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-7091(2005)01-0012-05

The Effect of Successive Selection on the Self and Backcrossing Progenies from Normal Corn × Popcorn Crosses

LI Yu-ling, LÜ De-bin, WU Xiao-jun, DONG Yong-bin

(Agronomy College of Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: It is an effective method to use normal maize inbreds to improve popcorn germplasm. To evaluate the practical result, the expansion fold, popping rate, ear-kernel weight and 100-kernel weight of $F_3, F_4, F_5, BC_1S_1, BC_1S_2, BC_1S_3, BC_2S_1, BC_2S_2$ and BC_2S_3 by successive selection on the F_2, BC_1 and BC_2 progenies from four selected normal corn × popcorn crosses were measured and analyzed. The result showed that the average ear-kernel weight, 100-kernel weight and their variation range, variation coefficients and the plant numbers superior to their popcorn inbreds were all greatly different among various crosses for all progenies, but small for expansion fold and popping rate. Compared with direct successive self selection, one or two backcrosses with the popcorn inbred decreased the ear-kernel weight and 100-kernel weight, but the expansion fold and popping rate increased. There were great variations in all progenies for each character, of which ear-kernel weight were the biggest, and popping rate the smallest. As successive selections going on, ear-kernel weight and 100-kernel weight decreased greatly, but expansion fold and popping rate increased significantly. There were positively significance or greatly significant correlations between all progenies and their popcorn inbreds for expansion fold and popping rate, but almost all negatively significance or greatly significance for ear-kernel weight and 100-kernel weight.

Key words: Popcorn; Normal corn; Backcrossing; Selfing; Popping characteristics; Ear-kernel weight

爆裂玉米具有独特的膨爆特性和利用价值。但与普通玉米相比,其种质基础狭窄,产量低、茎秆细弱、株型和抗性差,在很大程度上限制了爆裂玉米的

育种、生产和开发利用。以往研究表明,利用普通玉米种质是拓宽爆裂玉米种质基础,提高其产量、抗逆性和茎秆质量,改善株型结构的有效途径之一^[1,2],

收稿日期:2004-10-23

基金项目:河南省重大科技攻关项目(0122011700)

作者简介:李玉玲(1962-),女,河南舞阳人,教授,博士生导师,主要从事玉米遗传育种方面的研究工作。

李玉玲等已从爆裂与普通玉米杂交后代选育出了具有优良膨爆特性的稳定自交系^[3],但由于2类种质膨爆特性的巨大差异,普×爆后代直接采用常规的系谱方法选系,难以获得理想的选育效果^[4,5],而通过杂种后代与爆裂亲本适当回交,可以快速恢复爆裂玉米的优良膨爆特性,同时提高产量和综合农艺性状^[6~9]。但目前对普×爆杂交和回交后代连续多代自交的实际选择效果研究较少。本研究旨在通过分析不同普×爆组合连续自交后代(F_3, F_4, F_5)、回交一代连续自交后代($BC_1S_1, BC_1S_2, BC_1S_3$)和回交二代连续自交后代($BC_2S_1, BC_2S_2, BC_2S_3$)共9个分离世代的主要性状表现,为普×爆亲本选配及后代选育方法的确定提供参考依据。

1 材料和方法

1.1 基础材料的组配

2000年,在海南选用4个爆裂玉米自交系N08, N14, N04, N05和分属于不同优势类群的11个普通玉米自交系87-1, 昌7-2, 改3, 豫374, 综3, K14, B尖8, S478, 9046, 郑58和丹232组配40个杂交组合。

2001年,夏播种植40个组合的 F_1 和4个爆裂玉米亲本自交系。各组合 F_1 分别作母本和父本与其爆裂亲本回交5株,得到 $BC_{11}(P \times F_1)$ 、 $BC_{12}(F_1 \times P)$ 种子; F_1 自交得到 F_2 ;爆裂亲本自交系自交保纯。成熟收获后,分别脱粒,自然晒干(含水量13.5%)后,对 F_2 自交单穗进行膨爆特性测试。依据膨爆特性的优劣,2001年在海南种植4个爆裂玉米与5个普通玉米自交系(豫374、丹232、改3、B尖8、9046)间20个杂交组合的 F_1 (1行区)、 F_2 (3行区)、 BC_{11} 、 BC_{12} (2行区)和4个爆裂亲本自交系(9

行区),重新复配 F_2 、 BC_{11} 和 BC_{12} , F_2 、 BC_{11} 、 BC_{12} 植株全部自交,同时以4个爆裂亲本作母本,分别与 BC_{11} 、 BC_{12} 植株回交,得到 BC_{21} 和 BC_{22} ,爆裂亲本自交系自交保纯。

1.2 后代种植和选择方法

2002年夏播,在河南长葛种植20个普×爆组合的各世代材料($P_1, P_2, F_1, F_2, BC_{11}, BC_{12}, BC_{21}, BC_{22}$),采用裂区试验设计,以组合为主区,世代为副区,各区随机排列,3次重复。 P_1, P_2, F_1 为单行区, F_2 为5行区, $BC_{11}, BC_{12}, BC_{21}, BC_{22}$ 为3行区,行长4m,行距0.667m,株距0.25m。全部单株套袋自交,成熟收获干燥后,单穗编号脱粒,称取穗粒重和百粒重,测试膨化倍数和爆花率等膨爆特性指标。按照穗粒重和百粒重高于爆裂亲本自交系、膨爆特性指标高于或略低于爆裂亲本自交系的标准,从中选择综合性状表现突出的4个组合B尖8×N04,丹232×N04, B尖8×N05和丹232×N05的 F_3 优穗4个, BC_1S_1 优穗39个, BC_2S_1 优穗120个。

2003年夏播,在河南农业大学科教园区种植 F_3, BC_1S_1 和 BC_2S_1 优穗,1~2行区,每行16株,顺序排列。根据田间植株性状表现,每小区选10~15株优株套袋自交授粉。成熟收获干燥后,单穗编号脱粒,称取穗粒重和百粒重,测试膨爆特性指标。根据综合性状表现,从中选择 F_4 优穗15个, BC_1S_2 优穗178个, BC_2S_2 优穗587个。

2003年在海南种植 F_4, BC_1S_2 和 BC_2S_2 优穗,1~2行区,每行16株,顺序排列。根据田间植株性状表现,每小区选10~15株优株套袋自交授粉,分别得到 F_5, BC_1S_3 和 BC_2S_3 。成熟收获干燥后,单穗编号脱粒,称取穗粒重和百粒重,测试膨爆特性指标。4个组合各世代选留的株数详见表1。

表1 4个组合各世代选留的株数

Tab. 1 Selected plant numbers for all progenies of the 4 crosses

组合 Crosses	F_3	F_4	F_5	BC_1S_1	BC_1S_2	BC_1S_3	BC_2S_1	BC_2S_2	BC_2S_3
丹 232×N04 Dan 232×N04	2	7	13	10	54	85	20	125	549
丹 232×N05 Dan 232×N05	0	0	0	16	71	309	13	77	269
B 尖 8×N04 B jian 8×N04	0	0	0	5	22	34	30	144	239
B 尖 8×N05 B jian 8×N05	2	8	8	8	31	57	57	241	469

1.3 膨爆特性指标及其测定方法

子粒达生理成熟后,单穗收获,待自然晒干后室内逐穗脱粒,称穗粒重,随机数取无病虫完整子粒50粒,称重(折合成百粒重),用国产BZ-99型豪华

膨化机膨化,计数未膨爆粒数,由此计算膨爆特性的2个主要指标:膨化倍数(50粒膨化体积/50粒重)和爆花率(膨化粒数/总粒数×100%)。统计各性状优于爆裂亲本的穗数的百分率(用M表示)和变异

系数(用 CV 表示)。

2 结果与分析

2.1 连续自交后代的性状表现

在 4 个组合中,仅丹 232×N04 和 B 尖 8×N05 连续自交后代选留有优株,而且数量显著少于回交后代。对选留植株连续自交后代各性状的统计结果(表 2)表明,丹 232×N04 组合后代的穗粒重和百粒重多高于 B 尖 8×N05,膨化倍数和爆花率在 2 个组合间的差异不明显。各世代同一组合不同选系后代的所有性状均存在较大变异,其中穗粒重的变异系数最大,为 34.82%~56.31% 和 19.89%~59.77%;其次为膨化倍数,爆花率的变异系数最小,为 12.25%~15.12% 和 4.73%~18.88%。

与爆裂亲本相比,除 B 尖 8×N05 F₄ 的穗粒重

有 75% 的个体优于爆裂亲本外,2 个组合 3 个世代所有植株的穗粒重和百粒重均高于爆裂亲本自交系;而膨化倍数高于亲本的植株仅占 0~30.76% 和 0~50.01%,爆花率占 23.40%~71.42% 和 12.50%~100.00%。因此,对普×爆后代连续自交选择可以显著提高后代选系的产量性状,通过严格选择也可以选育出膨爆特性优良的自交系。但从各世代选留的后代数量可以看出,直接从自交后代群体中选择出综合性状优良个体的机率很低,在供试的 20 个普×爆组合的 F₂ 代中,仅选留了来自 2 个组合的综合性状比较优良的 4 个 F₃ 植株,F₄,F₅ 也仅选留了 15 个植株。表明普×爆组合后代不适宜采用常规系谱法从中选育爆裂玉米自交系,这与以往研究和实际选择效果相一致^[3~5]。

表 2 连续自交后代的性状表现

Tab.2 Trait performances of the successive self progenies

世代 Progenies	组合 Crosses	性状 Characters	平均值 Average	变幅 Variation range	CV(%)	M(%)		
F ₃	丹 232×N04 Dan 232×N04	穗粒重 Ear kernel weight(g)	81.50	50.23~103.56	49.12	100.00		
		百粒重 Kernels weight per 100 (g)	25.60	20.01~26.30	20.24	100.00		
		膨化倍数 Popping values(mL/g)	24.22	21.32~26.35	32.12	8.13		
		爆花率 Percentage of popped kernels(%)	94.01	90.00~100.00	15.12	23.40		
	B 尖 8×N05 B jian 8×N05	穗粒重 Ear kernel weight (g)	30.26	55.30~102.80	42.49	100.00		
		百粒重 Kernels weight per 100 (g)	22.80	19.80~25.80	18.61	100.00		
		膨化倍数 Popping values(mL/g)	25.50	24.03~26.97	8.15	50.01		
		爆花率 Percentage of popped kernels(%)	96.13	96.00~96.21	6.23	100.00		
		F ₄	丹 232×N04 Dan 232×N04	穗粒重 Ear kernel weight (g)	30.26	22.60~52.70	34.82	100.00
				百粒重 Kernels weight per 100 (g)	20.71	14.00~25.00	18.16	100.00
膨化倍数 Popping values(mL/g)	17.80			10.00~26.10	28.25	0		
爆花率 Percentage of popped kernels(%)	85.00			65.00~95.00	12.25	71.42		
B 尖 8×N05 B jian 8×N05	穗粒重 Ear kernel weight (g)		34.75	9.10~71.50	59.77	75.00		
	百粒重 Kernels weight per 100 (g)		16.56	12.00~22.00	21.50	100.00		
	膨化倍数 Popping values(mL/g)		15.51	9.30~24.10	27.98	0		
	爆花率 Percentage of popped kernels(%)		80.63	60.00~100.00	18.88	12.50		
	F ₅		丹 232×N04 Dan 232×N04	穗粒重 Ear kernel weight (g)	69.38	36.20~174.30	56.31	100.00
				百粒重 Kernels weight per 100 (g)	21.05	13.20~25.80	16.67	100.00
膨化倍数 Popping values(mL/g) (mL/g)		24.52		11.90~39.40	31.86	30.76		
爆花率 Percentage of popped kernels(%)		89.92		60.00~100.00	14.14	61.53		
B 尖 8×N05 B jian 8×N05		穗粒重 Ear kernel weight (g)	32.91	20.80~39.20	19.89	100.00		
		百粒重 Kernels weight per 100(g)	16.00	12.00~24.00	24.94	100.00		
		膨化倍数 Popping values(mL/g)	22.68	14.10~35.40	30.29	25.00		
		爆花率 Percentage of popped kernels(%)	96.88	90.00~100.00	4.73	75.00		

2.2 回交一代连续自交后代的性状表现

从表 3 可以看出,同一世代不同组合的后代选系间各性状均存在一定程度的差异,丹 232×N04 和丹 232×N05 后代选系的穗粒重和百粒重均高于 B 尖 8×N04 和 B 尖 8×N05,膨化倍数和爆花率组合间差异较小。各世代同一组合不同选系后代的所有性状均存在较大分离,其中穗粒重的变异系数最大,4 个组合依次为 42.85%~78.90%、47.67%~60.07%、36.29%~72.93% 和 29.08%~41.47%,

爆花率的变异系数最小,分别为 20.94%~40.30%、12.27%~19.25%、3.60%~30.25% 和 1.81%~15.19%。

与爆裂亲本相比,穗粒重、百粒重、膨化倍数和爆花率高于亲本的植株数分别占 85.96%~100.00%、72.20%~100.00%、19.30%~90.00% 和 15.19%~100.00%。与连续自交后代相比,穗粒重和百粒重高于亲本的植株所占比率有所降低,而膨化倍数和爆花率高于亲本的比例明显提高。因

此,通过一代回交可以较快地恢复爆裂亲本自交系的优良膨爆特性,同时也可以保持较高的产量。

表 3 回交一代、二代连续自交后代的性状表现

Tab.3 Trait performances of the successive self progenies from one and two backcrosses

组合 Crosses	性状 Characters	世代 Progenies	平均值 Average	CV(%)	M(%)	世代 Progenies	平均值 Average	CV(%)	M(%)
丹 232×N04	穗粒重 Ear kernel weight(g)	BC ₁ S ₁	52.29	42.85	100.00	BC ₂ S ₁	43.52	23.50	100.00
Dan 232×N04	百粒重 Kernels weight per 100 (g)		16.02	18.09	100.00		15.44	14.32	90.00
	膨化倍数 Popping values(mL/g)		29.39	10.69	90.00		33.50	8.70	100.00
	爆花率 Percentage of popped kernels(%)		96.60	2.94	70.00		98.60	1.57	95.00
B 尖 8×N05	穗粒重 Ear kernel weight(g)		42.31	47.67	100.00		30.39	37.19	96.40
B jian 8×N05	百粒重 Kernels weight per 100 (g)		16.78	15.03	100.00		13.98	15.73	98.20
	膨化倍数 Popping values(mL/g)		29.40	9.56	87.50		30.29	11.28	98.20
	爆花率 Percentage of popped kernels(%)		93.00	12.27	75.00		97.61	3.04	85.96
丹 232×N05	穗粒重 Ear kernel weight(g)		60.26	36.29	100.00		48.23	27.83	100.00
Dan 232×N05	百粒重 Kernels weight per 100 (g)		16.20	17.71	100.00		15.54	10.17	100.00
	膨化倍数 Popping values(mL/g)		29.96	12.78	93.75		29.84	8.40	100.00
	爆花率 Percentage of popped kernels(%)		97.13	3.60	87.50		98.00	1.86	100.00
B 尖 8×N04	穗粒重 Ear kernel weight(g)		46.06	41.47	100.00		47.77	8.44	100.00
B jian 8×N04	百粒重 Kernels weight per 100 (g)		15.96	19.90	100.00		14.73	1.16	100.00
	膨化倍数 Popping values(mL/g)		30.49	11.64	80.00		29.85	2.44	80.00
	爆花率 Percentage of popped kernels(%)		98.80	1.81	100.00		98.47	0.01	86.67
丹 232×N04	穗粒重 Ear kernel weight(g)	BC ₁ S ₂	34.02	54.97	96.29	BC ₂ S ₂	46.81	72.86	98.40
Dan 232×N04	百粒重 Kernels weight per 100 (g)		12.66	23.96	72.20		12.26	43.29	58.40
	膨化倍数 Popping values(mL/g)		19.88	45.95	22.20		22.40	46.03	87.20
	爆花率 Percentage of popped kernels(%)		72.13	40.30	35.18		83.04	25.91	48.80
B 尖 8×N05	穗粒重 Ear kernel weight(g)		29.90	60.07	90.32		38.22	89.02	79.25
B jian 8×N05	百粒重 Kernels weight per 100 (g)		12.16	30.37	74.19		15.67	40.63	93.77
	膨化倍数 Popping values(mL/g)		22.03	35.15	25.81		19.05	41.54	17.00
	爆花率 Percentage of popped kernels(%)		90.16	14.57	61.29		88.63	17.71	59.33
丹 232×N05	穗粒重 Ear kernel weight(g)		42.42	72.93	87.32		40.05	73.82	85.71
Dan 232×N05	百粒重 Kernels weight per 100 (g)		14.26	38.55	83.09		15.32	32.03	93.51
	膨化倍数 Popping values(mL/g)		21.85	57.59	38.03		19.94	34.52	18.18
	爆花率 Percentage of popped kernels(%)		80.21	30.25	45.07		87.40	19.39	55.84
B 尖 8×N04	穗粒重 Ear kernel weight(g)		20.10	33.29	86.36		21.35	46.14	84.03
B jian 8×N04	百粒重 Kernels weight per 100 (g)		12.91	19.63	77.27		10.40	30.81	41.66
	膨化倍数 Popping values(mL/g)		20.00	36.49	22.72		20.22	44.47	27.08
	爆花率 Percentage of popped kernels(%)		87.50	18.81	50.00		84.17	24.84	47.92
丹 232×N04	穗粒重 Ear kernel weight(g)	BC ₁ S ₃	47.02	78.90	94.12	BC ₂ S ₃	43.22	66.71	95.00
Dan 232×N04	百粒重 Kernels weight per 100 (g)		15.83	22.09	97.65		16.30	23.65	97.60
	膨化倍数 Popping values(mL/g)		22.17	34.08	32.94		18.77	41.79	19.10
	爆花率 Percentage of popped kernels(%)		88.29	17.42	50.58		85.02	21.96	47.70
B 尖 8×N05	穗粒重 Ear kernel weight(g)		34.91	49.34	85.96		32.53	46.47	88.00
B jian 8×N05	百粒重 Kernels weight per 100 (g)		15.97	20.93	100.00		17.08	30.94	100.00
	膨化倍数 Popping values(mL/g)		19.51	36.67	19.30		15.77	51.57	10.00
	爆花率 Percentage of popped kernels(%)		85.61	19.25	38.60		76.98	33.30	39.23
丹 232×N05	穗粒重 Ear kernel weight(g)		36.76	43.29	94.17		37.61	36.24	98.00
Dan 232×N05	百粒重 Kernels weight per 100 (g)		17.01	23.33	100.00		17.36	26.23	100.00
	膨化倍数 Popping values(mL/g)		18.76	42.63	17.50		20.25	39.62	23.80
	爆花率 Percentage of popped kernels(%)		81.93	24.89	39.20		85.22	23.81	27.50
B 尖 8×N04	穗粒重 Ear kernel weight(g)		28.39	29.08	97.00		32.66	39.75	97.40
B jian 8×N04	百粒重 Kernels weight per 100 (g)		13.60	21.16	91.20		14.31	22.69	92.10
	膨化倍数 Popping values(mL/g)		21.23	26.32	17.60		21.40	34.21	25.10
	爆花率 Percentage of popped kernels(%)		93.09	15.19	67.60		89.33	18.02	59.80

2.3 回交二代连续自交后代的性状表现

从表 3 可以看出,与 F₃ 和 BC₁S₁ 相比,BC₂S₁ 的穗粒重和百粒重有所降低,但膨化倍数和爆花率明显提高。回交二代连续自交后代穗粒重、百粒重、

膨化倍数和爆花率高于亲本的植株分别占 84.03% ~ 100.00%, 41.66% ~ 100.00%, 10.00% ~ 100.00% 和 27.51% ~ 100.00%。同一世代不同组合的后代选系间各性状也存在一定程度的差异,丹

232×N04 和丹 232×N05 后代选系的穗粒重和百粒重多高于 B 尖 8×N04 和 B 尖 8×N05, 膨化倍数和爆花率的组合间差异较小。各世代同一组合不同选系后代的所有性状仍存在较大变异, 但均小于连续自交和回交一代后代选系, 其中仍以穗粒重的变异系数最大, 4 个组合依次为 23.50%~72.86%、37.19%~89.02%、27.83%~73.82% 和 8.44%~46.14%, 爆花率的变异系数最小, 分别为 1.57%~25.91%、3.04%~33.30%、1.86%~23.81% 和 0.01%~24.84%。

2.4 后代选系与其爆裂亲本间各性状的相关性分析

对后代选系与其爆裂亲本间各性状的相关分析结果(表略)表明, 除丹 232×N04 F₃ 各性状, F₄ 和 F₅ 穗粒重、百粒重, B 尖 8×N05 F₃ 穗粒重、百粒重, F₄ 穗粒重与其爆裂亲本自交系间相关不显著外, 其余各世代的穗粒重和百粒重均与其爆裂亲本自交系间呈显著或极显著负相关, 而各世代膨化倍数和爆花率与爆裂亲本自交系间呈显著或极显著正相关。这表明普×爆后代选系的膨爆特性取决于其爆裂亲本自交系, 但产量性状主要由普通玉米自交系及其双亲间的杂种优势所决定。因此, 在选择 2 类亲本时, 应特别注重爆裂亲本自交系的膨爆特性。

3 讨论

本研究结果表明, 不同普×爆组合各世代的穗粒重、百粒重、膨化倍数和爆花率的平均表现、分离范围及变异系数均存在显著差异。在 20 个杂交组合中, 丹 232×N04、丹 232×N05、B 尖 8×N04 和 B 尖 8×N05 4 个组合后代的综合性状表现较为突出, 涉及 2 个爆裂玉米自交系 N04、N05 和 2 个普通玉米自交系丹 232、B 尖 8, 且其 F₃、BC₁S₃、BC₂S₃ 选留的优良株数也存在较大差异。表明适宜普×爆组合的选配对提高后代的选育效果至关重要, 这可能与 2 类自交系间各性状的一般配合力及其间的特殊配合力有关^[12], 与我们以往对 F₁、F₂、BC₁、BC₂ 的研究结果相一致^[1,5,11]。当然, 普×爆后代选系的配合力和杂种优势表现是评价其组配利用价值的决定因素, 根据 2 类自交系间的种质关系, 有针对性地实施分群改良, 才能收到事半功倍的育种效果^[13]。我们正在开展相关方面的研究。

对各世代选系与其爆裂亲本间各性状的相关性分析表明, 各世代的穗粒重和百粒重多与其爆裂亲本自交系间呈显著或极显著负相关, 而膨化倍数和爆花率呈显著或极显著正相关。因此, 在选择爆裂亲本自交系时, 应特别注重其膨爆特性。

参考文献:

- [1] 李玉玲. 爆裂玉米膨爆特性的遗传及杂交种选育研究进展[J]. 中国农学通报, 2001, 17(1): 43-45; 51.
- [2] 李玉玲. 利用普通玉米改良爆裂玉米初探[A]. 河南省首届青年学术年会论文集[C]. 北京: 中国科技出版社, 1995. 424-426.
- [3] 李玉玲, 鹿智江. 爆裂玉米与普通玉米杂交后代选系的膨爆特性研究[J]. 河南农业大学学报, 2000, 34(3): 210-212.
- [4] 李玉玲, 吴锁伟. 连续自交对爆×普选系膨爆特性的选择效果[J]. 中国农学通报, 2001, 17(4): 6-9.
- [5] 李玉玲, 王延召, 李志强, 等. 普×爆 F₁ 代膨爆特性及其与穗粒性状的关系研究[J]. 河南农业大学学报, 2003, 37(1): 1-5.
- [6] Robbins W A, Asherman R B. Parent-offspring popping expansion correlation in progeny of dent corn × popcorn and flint corn × popcorn crosses[J]. Crop Science, 1984, 24(1): 119-121.
- [7] Crumbaker A M, Johnson I J. Inheritance of popping volume and associated characters in cross between popcorn and dent corn[J]. Agronomy Journal, 1949, 41: 207-212.
- [8] Dofing S M, Nora D' Croz-Mason, Thomas-compton M A. Inheritance of expansion volume and yield in two dent corn × popcorn crosses[J]. Crop Science, 1991, 31(2): 715-718.
- [9] 刘大文, 周泽华. 爆裂玉米的改良与利用[J]. 贵州农业科学, 1994, 6: 46-49.
- [10] 李玉玲, 靳永胜, 薛喜梅, 等. 爆裂玉米穗粒性状与爆裂性的关系研究[J]. 河南农业科学, 1999(5): 11-12.
- [11] 李玉玲, 路凤银, 杜振伟, 等. 普通玉米种质及双回交对爆裂玉米改良效果初报[J]. 华北农学报, 2002, 17(4): 37-43.
- [12] 李玉玲, 吴锁伟, 牛素贞, 等. 爆裂玉米自交系与不同优势类群普通玉米自交系的配合力及聚类分析[J]. 河南农业大学学报, 2004, 38(1): 5-8, 22.
- [13] 李玉玲, 吴锁伟, 张亚丽. 爆×普高代选系的配合力及利用价值研究[J]. 华北农学报, 2003, 18(4): 46-50.