

玉米普×爆 BC₂S₁家系的膨爆特性 及其与穗粒性状的相关分析

牛素贞¹, 李玉玲^{2*}, 陈欢庆²

(1. 贵州大学 农学院, 贵州 贵阳 550025; 2. 河南农业大学 农学院, 河南 郑州 450002)

摘要: 在春播和夏播两种环境条件下, 对 220 个 BC₂S₁ 普×爆家系的膨爆特性及其与穗粒性状进行了相关分析, 结果表明: 除爆花率外, 其余膨爆性状均分离出较多优于爆裂亲本的家系; 膨爆特性间呈极显著正相关, 膨爆特性与穗粒性状间多呈极显著或不显著负相关; 膨化体积对膨化倍数的直接正向作用最大, 百粒重的直接负向作用最大, 爆花率通过膨化体积对膨化倍数的间接作用为最大正效应, 穗粒重通过百粒重对膨化倍数的间接作用为最大负效应。

关键词: 爆裂玉米; 普通玉米; 家系; 膨爆特性; 相关分析

中图分类号: S513 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2008)01-0020-04

Popping Characteristics of BC₂S₁ Lines Derived from A Normal Corn×Popcorn Cross and Their Relationships with Ear-kernel Characters

NIU Su-zhen¹, LI Yu-ling^{2*}, CHEN Huan-qing²

(1. Agronomy College of Guizhou University, Guiyang 550025, China;

2. Agronomy College of Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002 China)

Abstract: The popping characteristics of 220 BC₂S₁ lines derived from a normal corn×popcorn cross were analyzed in two environments. The results showed that the popping characteristics of most lines were higher than those of the popcorn parent except popping rate. There were highly significant positive correlations between the popping characters, but the correlations between popping characters and ear-kernel characters were negative, significantly or not. Popping volume had the biggest positive direct effect on expansion fold, 100-kernel weight the biggest negative direct effect, popping rate the biggest indirect positive effect through popping volume, and ear-kernel weight the indirect negative effect through 100-kernel weight.

Key words: Popcorn; Normal corn; Family lines; Popping characteristics; Correlation analyse

爆裂玉米是一种专门用于爆制玉米花的特殊玉米类型, 具有独特的膨爆特性^[1]。李玉玲等^[2,3]研究表明, 可以把普通玉米种质导入爆裂玉米, 改良和创新爆裂玉米种质。但由于普×爆后代膨爆特性较差, 采用常规系谱法从中选育出优良爆裂玉米自交系的机率较小, 严重制约着育种效率的提高, 在很大

程度上限制了爆裂玉米的生产和开发利用^[4~6]。利用普通玉米与爆裂玉米杂交后代与爆裂玉米回交, 是改良爆裂玉米的主要方法^[4,7]。本研究旨在通过分析不同环境条件下普×爆 BC₂S₁家系的膨爆特性及其与穗粒性状的相关性, 为普×爆后代选育提供参考依据。

收稿日期: 2007-08-17

基金项目: 河南省重大科技攻关项目(0122011700)

作者简介: 牛素贞(1980-), 女, 河南鹿邑人, 硕士, 研究方向: 玉米遗传育种。

通讯作者: 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研究。

1 材料和方法

1.1 基础材料组配方法

2002 年在长葛夏播,以爆裂玉米自交系 N04 为父本、普通玉米自交系丹 232 为母本,组配单交组合丹 232×N04,2002 年冬在海南种植 F₁ 和爆裂亲本自交系 N04,以 N04 做母本与 F₁ 回交得到 BC₁。2003 年夏播,在河南农业大学科教园区种植 234 株 BC₁ 群体和爆裂亲本自交系 N04,以 N04 做母本与 BC₁ 回交得到 BC₂,且 BC₁ 自交。根据 BC₁ 自交单穗的膨爆特性,从中挑选 72 个对应的 BC₂ 于 2003 年冬在海南种植,单株自交。根据收获种子数量,保留 220 个 BC₂ S₁ 家系。

1.2 田间种植与管理方法

2004 年在河南农业大学科教园区春播和夏播两种环境条件下种植 220 个 BC₂S₁ 家系和两个亲本自交系,随机区组设计,单行区,两次重复,行长 4m,行距 0.667m。随机间定苗,每行保留 16 株。单株编号,除严重雌雄不协调的植株和特弱植株无法自交外,全部人工套袋自交或姊妹交授粉。生理成熟后收获,待自然干燥后室内考种。

1.3 膨爆性状指标及其测定方法

随机数取无病虫害的完整籽粒 100 粒,称取百粒重。用 BZ—99 型豪华爆花机膨化,计数未膨化籽粒数,用量筒量取膨化体积,计算膨化倍数[爆花体积(mL)/百粒重(g)]。

2 结果与分析

2.1 方差分析

联合方差分析结果(表 1)表明,各性状家系、环境间均存在显著或极显著差异,家系与环境互作除百粒重达显著差异外,其余均不显著,表明供试家系间各性状均存在显著差异,同时受环境条件的影响,但其间不存在互作(除百粒重),在两种环境条件下的表现趋势一致。

表 1 220 个普×爆 BC ₂ S ₁ 家系在两种环境下的联合方差分析					
变异来源	穗粒重	百粒重	爆花率	爆花体积	膨化倍数
环境内区组	2.937 **	5.277 **	2.602	17.356 **	36.133 **
环境	4.962	67.172 **	7.894 **	10.385 **	60.240 **
家系	2.109 **	5.341 **	2.727 **	2.162 **	2.918 **
家系×环境	0.663	1.231	1.018	1.185	1.170

注:*,** 分别表示 5%和 1%显著水平

2.2 BC₁ 各性状的表现

BC₁ 单穗各性状的统计结果列于表 2。由此可以看出,各性状均存在不同程度的分离,穗粒重和膨

化体积的变异系数最大,爆花率最小。与爆裂亲本 N04 相比,穗粒重、百粒重和膨化倍数的平均值均高于 N04,爆花率和膨化体积的平均值均低于 N04。除爆花率为 57.53%外,81.19%以上 BC₁ 单穗的各性状均优于爆裂亲本 N04。

表 2 72 个 BC₁ 单穗各性状的观察

项目	N04	平均数	变异系数	优于 N04 百分率
穗粒重(g)	26.00	59.00	24.05	100.00
百粒重(g)	9.00	14.00	15.52	98.63
爆花率(%)	95.25	94.77	5.69	57.53
膨化体积(mL)	166.00	318.00	23.90	98.63
膨化倍数(mL/g)	18.98	22.17	15.68	81.19

2.3 BC₂S₁ 家系的各性状表现

春、夏播两种环境条件下 BC₂S₁ 家系各膨爆特性指标的统计结果列于表 3。由表 3 可以看出,两种环境条件下膨爆特性的分离范围均不显著,环境间还存在明显差异。夏播条件下膨化倍数、膨化体积的平均值、变幅明显高于春播,分离出优于爆裂亲本的优良个体也相对较多,且两种环境条件下各性状的变异系数差异均不显著。

表 3 BC₂S₁ 家系各性状的观察

项目	环境	N04	BC ₂ S ₁		
			平均	变异系数	优于 N04 百分率
穗粒重(g)	春播	28.30	40.70	18.95	94.09
	夏播	24.30	39.30	21.07	96.82
百粒重(g)	春播	8.30	12.00	10.04	100.00
	夏播	9.50	11.40	14.05	89.09
爆花率(%)	春播	99.00	92.67	4.98	0.00
	夏播	91.50	91.64	30.35	0.45
爆花体积(mL)	春播	150.00	186.50	13.01	91.36
	夏播	183.00	193.40	17.62	64.55
膨化倍数(mL/g)	春播	18.07	15.68	13.85	12.27
	夏播	19.21	17.04	14.80	19.09

与 N04 相比,两种环境条件下 BC₂S₁ 家系各膨爆特性指标除爆花率外其余两性状的平均值均较低,膨化倍数分离出优于爆裂亲本的家系分别占 12.27 和 19.09%;春播条件下爆花率未分离出优于爆裂亲本的家系,夏播条件下分离出优于爆裂亲本的家系仅占 0.45%;膨化体积分离出优于爆裂亲本的家系数相对较多,分别占 91.36%和 64.55%。膨化倍数是评价膨爆特性优劣的综合关键指标,这表明可以直接从 BC₂S₁ 家系自交选育出符合爆裂玉米育种目标要求的优良自交系。

2.4 膨爆特性及其与穗粒性状间的相关分析和通径分析

由相关分析结果(表4)可知,在两种环境条件

表 4 BC₂S₁ 家系各性状间的相关系数

性状	穗粒重	百粒重	爆化率	爆化体积	膨化倍数
穗粒重	—	0.4330 **	0.0967	0.2584 **	-0.1282
百粒重	0.5004 **	—	-0.0994	0.4730 **	-0.2494
爆花率	-0.0999	-0.2139 **	—	0.5015 **	0.6535 **
膨化体积	0.0338	0.2836 **	0.5370 **	—	0.6433 **
膨化倍数	-0.3145 **	-0.4199 **	0.6411 **	0.7456 **	—

注: 左下角为春播, 右上角为夏播; **表示达到 0.01 显著水平, *表示达到 0.05 显著水平

下, 爆花率、膨化体积与膨化倍数间, 穗粒重和百粒重间呈显著或极显著的正相关, 而膨化倍数、爆花率与穗粒重、百粒重之间呈极显著的负相关或相关不显著, 除春播条件下膨化体积与穗粒重间相关不显著外, 其余一个穗粒性状和膨化体积均成极显著正相关。表明爆裂玉米自交系在保持优良膨爆特性的基础上, 穗粒性状得到明显的改善。

各性状对膨化倍数的通径分析(表 5)表明, 在两种环境条件下膨化体积对膨化倍数直接作用为最大正效应(0.9524, 0.8686); 爆花率对膨化倍数的直接作用表现不一致, 春播条件下为较小负值(-0.0188), 夏播条件为较大正值(0.1695), 通过膨化体积对膨化倍数的间接作用为较大正值(0.5115, 0.4356); 百粒重对膨化倍数的直接作用也为最大负效应(-0.6931, -0.5952); 穗粒重对膨化倍数的直接作用为较小负效应(-0.0018, -0.1113), 通过百粒重对膨化倍数的间接作用为较大负值(-0.3468, -0.2577)。表明膨化体积和百粒重主要对膨化倍数起正向或负向作用, 而爆花率和穗粒重分别主要通过膨化体积和百粒重起正向或负向作用。对膨化体积实施正向选择可以直接或通过爆花率间接显著提高膨化倍数, 而对百粒重实施正向选择会直接或通过穗粒重间接显著降低膨化倍数。在普×爆 BC₂S₁ 家系后代进一步选育过程中, 应注意协调百粒重、穗粒重与膨爆特性之间的关系。

表 5 BC₂S₁ 家系各性状对膨化倍数的通径分析

性状	环境	穗粒重	百粒重	爆化率	膨化体积
穗粒重	春播	-0.0018	-0.3468	0.0019	0.0322
	夏播	-0.1113	-0.2577	0.0164	0.2244
百粒重	春播	-0.0009	-0.6931	0.0040	0.2701
	夏播	-0.0482	-0.5952	-0.0168	0.4108
爆化率	春播	0.0002	0.1483	-0.0188	0.5115
	夏播	-0.0108	0.0592	0.1695	0.4356
膨化体积	春播	-0.0001	-0.1966	-0.0101	0.9524
	夏播	-0.0288	-0.2816	0.0850	0.8686

注: 有下划线的为直接通径系数

3 结论与讨论

爆裂玉米资源贫乏, 自身产量低, 利用普通玉米种质改良爆裂玉米的穗粒性状, 提高其产量, 同时不降低其膨爆特性是爆裂玉米育种的有效途径之一。但由于爆裂玉米的膨爆特性是由微效多基因控制的数量性状^[8], 且普通玉米与爆裂玉米亲本之间的遗传差异大, 后代性状分离更加广泛, 这为后代选系带来一定的困难。利用普×爆组合与爆裂玉米亲本回交不仅可以快速恢复其优良的膨爆特性^[7], 而且从中选育高产后代的机率较高。本研究结果表明, 除爆花率外, 81.19%以上 BC₁ 单穗的各性状均优于爆裂亲本 N04; 除爆花率和膨化倍数外, 64.55%以上 BC₂S₁ 家系各性状均优于爆裂亲本 N04; 与 BC₁ 相比, BC₂S₁ 家系膨化倍数和爆花率分离出优于爆裂亲本 N04 的家系数较少, 这与回交一代仍有较多异质基因位点有关, 进一步回交可打破不利基因连锁, 剔除不利基因, 因此, 普×爆组合与爆裂玉米亲本回交不仅可以快速恢复其优良的膨爆特性^[9], 而且从中选育高产后代的概率较高。两种环境条件下 BC₂S₁ 家系穗粒重、百粒重与膨化倍数和爆花率之间呈极显著的负相关或相关不显著。仍没打破膨化性状与穗粒性状的负相关关系。通径分析结果表明, 两环境条件下 BC₂S₁ 家系膨化体积和百粒重主要对膨化倍数起正向或负向作用, 而爆花率和穗粒重分别主要通过膨化体积和百粒重起正向或负向作用。对膨化体积实施正向选择可以直接或通过爆花率间接显著提高膨化倍数, 而对百粒重实施正向选择会直接或通过穗粒重间接显著降低膨化倍数。在普×爆 BC₂S₁ 家系后代进一步选育过程中, 应注意协调百粒重、穗粒重与膨爆特性之间的关系。

参考文献:

[1] 吴昆, 吴成福, 贾了然. 爆裂玉米的爆裂品质[J]. 郑州粮食学院学报, 1994, 15(4): 39-44.
[2] 李玉玲, 吴锁伟, 贾建修, 等. 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

未达到显著水平。所有材料的穗长和经济系数与产量的相关性达到显著正相关。

3 讨论

从配组后代的穗数、穗粒数、结实率和千粒重 4 个产量性状的变异特点分析, 无论所有材料还是不同优势类型的后代在产量性状上均存在较大的遗传变异, 表明恢复系经重组自交后恢复能力在各产量性状上的表现存在较大的差异, 高产组合的变异主要体现在穗数和穗粒数上。II 优 838 与 II 优 725 都是杂种优势表现比较突出的品种, 其父本经过杂交重组后, 自交恢复系配组后杂种优势有增强的表现。从产量结构上分析, 比对照增产的原因主要体现在穗粒数和千粒重上, 特别在穗粒数上增加较多。

辐恢 838 与绵恢 725 的恢复基因对不育系 II-32A 都具有强的育性恢复能力, 但经过杂交重组后, 仅少量自交恢复系配组后杂种优势增强, 因此可推测, 绵恢 725 与辐恢 838 的重组自交恢复系对不育系 II-32A 的育性恢复的遗传差异, 可能主要受微效基因以及基因间互作的影响。

比较重组自交恢复系多个测交组合群体的杂种

优势情况, 仅 7.41% 的组合杂种优势增强, 90% 以上的组合优势降低, 可以推测, 当父本遗传背景中导入新的恢复基因后, 重组自交恢复系群体中恢复基因的效应有少量增强, 或者控制育性恢复的基因数有少量增加, 但大多数表现为恢复基因的遗传效应减弱, 优势降低。可见恢复基因的重组、累加和互补所产生的优势效应未能充分表达, 或后代材料的选择范围较窄, 使选择的强优恢复系少, 造成配组后代优势小。应通过早期对后代材料测恢, 以减少工作量, 提高育种效率。

参考文献:

- [1] 李云武, 林纲, 贺兵, 等. 水稻重穗型恢复系宜恢 1577 的选育与应用[J]. 杂交水稻, 2005, 20(4): 11—13.
- [2] 竭润生, 刘福平, 杨春华, 等. 高配合力水稻新恢复系南恢 511 的选育[J]. 杂交水稻, 2005, 20(5): 15—16.
- [3] 王玉平, 李仕贵, 黎汉云, 等. 高配合力优质水稻恢复系蜀恢 527 的选育与利用[J]. 杂交水稻, 2004, 19(4): 12—14.
- [4] 文绍山, 况浩池, 刘国民, 等. 优质抗病籼稻恢复系泸恢 615 的选育与应用[J]. 杂交水稻, 2006, 21(3): 19—20.
- [5] 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.
- [6] 李玉玲. 爆裂玉米膨胀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.
- [7] Crumbaker D E, Johnson I J. Inheritance of popping volume and associated characters in cross between popcorn and dent corn[J]. Agron J, 1949, 41: 207—212.
- [8] Robbins W A, Asherman R B. Parent-offspring popping expansion correlation in progeny of dent corn × popcorn and flint corn × popcorn crosses[J]. Crop Sci, 1984, 24(1): 119—121.
- [9] 李玉玲, 王延召, 李志强, 等. 普 × 爆 F_1 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.
- [10] 楼辰军, 王鹏文, 王国琴. 爆裂玉米研究现状[J]. 天津农业科学, 2000, 6(3): 45—48.
- [11] 李玉玲, 吴锁伟, 董永彬, 等. 不同普 × 爆后代群体膨爆特性的分离特征研究[J]. 玉米科学, 2004, 12(2): 3—6.

(上接第 22 页)