

文章编号: 1005-0906(2014)01-0023-07

3 个甜玉米自交系空间诱变效应及 变异系育种潜力研究

李高科, 胡建广, 郑锦荣, 刘建华, 文天祥

(广东省农业科学院作物研究所, 广州 510640)

摘要: 以 3 个甜玉米自交系 1132、RC1 及 1022 为基础材料, 2006 年经卫星搭载返回地面后进行 3 季种植观察, 各发现 1 个突变株, 其中, 1132 变异株茎节间变短、植株矮化、果穗变粗; RC1 变异株株高和穗长增加、单穗重显著增加; 1022 变异株茎节间距明显增加、株高和穗位变高、果穗变大变粗、雄穗分枝减少。对 3 个变异株连续 6 代自交和穗选, 获 18 个稳定变异系。以 18 个变异系及相应对照为被测系, 骨干系 HZ3、265OR1、N16 为测验种, 采用不完全双列杂交, 对变异系产量及相关性状、株高及穗位高等进行配合力分析和自身表现评价, 结果表明, 5 个变异系在自身性状表现及重要性状配合力上均表现优良, 具有较大育种潜力。

关键词: 甜玉米; 骨干自交系; 空间诱变效应; 配合力

中图分类号: S513.035.2

文献标识码: A

Combining Ability of Mutation Lines and Space Mutagenic Effect of 3 Sweet Corn Inbred Lines

LI Gao-ke, HU Jian-guang, ZHENG Jin-rong, LIU Jian-hua, WEN Tian-xiang

(Crop Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China)

Abstract: In the research, 1132, RC1 and 1022 were carried by satellite for space mutation and then were planted in the field, one variation plant was found per inbred. The result indicated that variation plant of inbred 1132 had smaller stem internodes length, taller plant height, bigger ear diameter than inbred line 1132; variation plant of inbred RC1 had higher plant height, longer ear length and heavier weight per ear than inbred line RC1; variation plant of inbred 1022 had bigger stem internodes length, higher plant and ear height, bigger ear and ear diameter than inbred line 1022, but less tassel branches than inbred line 1022. Eighteen pure variation lines were obtained through six generations selfing and ear selection. According to NC II design, eighteen variation lines and 3 inbred lines CK were selected as tested lines, sweet corn elite inbred lines HZ3, 265OR1, N16 were selected as testers, 63 combinations were obtained. Research on variation lines traits and combination ability performance. The result showed that the five mutation lines had good performance and can be widely used in sweet corn breeding scheme.

Key words: Sweet corn; Elite inbred line; Space mutagenic effect; Combining ability

甜玉米是广东省的特色作物, 是优势作物, 种植

面积占全国 50%, 创造了较大的经济效益和社会效益^[1]。我国不是甜玉米起源地, 种质基础狭窄、创新手段单一, 严重制约了甜玉米品种的选育进程, 开展甜玉米种质创新、丰富甜玉米种质具有重要意义^[2]。

航天诱变具有诱变频率高、变异丰富、稳定快等特点, 是促进基因重组、创造新类型的有效手段, 已成为培育高产、优质、早熟和抗病农作物新品种的途径之一^[3-5]。目前, 相关研究主要集中在普通玉米、糯玉米杂交种及少量自交系, 研究内容涉及诱变机理、诱变效应及配合力等方面^[6-20]。针对甜玉米自交系的

收稿日期: 2013-01-23

基金项目: 广东省教育部产学研结合项目“甜玉米单倍体创制新技术在育种及重要性状基因挖掘中的应用”(2012 B091100467)

作者简介: 李高科(1979-), 男, 四川安岳人, 副研究员, 在读博士, 主要从事甜玉米遗传育种研究。Tel: 020-87564526

E-mail: ligaoke790326@163.com

胡建广为本文通讯作者。

空间诱变研究鲜见报道。大量研究证实,不同玉米材料其诱变效应存在显著差异。甜玉米是普通玉米的变异类型,经长期选择,植株形态、生理、生化特征和抗逆性等均已发生明显变化,其对诱变因素的敏感度可能有所不同。本研究在分析 3 个甜玉米自交系航天诱变效应基础上,对其变异系进行重要性状配合力分析,为合理、有效利用变异系提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2006 年 9 月,利用实践 8 号卫星对 3 个甜玉米自交系进行空间诱变,其中自交系 1132 为杂交种粤甜 3 号的母本,RC1 为杂交种粤甜 13 的母本,1022 为杂交种粤甜 3 号的父本。返回地面后对其连续进行 3 季地面种植鉴定,各获得 1 个变异株,经连续 6 代的自交纯合和鉴定筛选,共获变异系 18 个,其中自交系 1132(CK1)2 个,编号 701、702;自交系 RC1(CK2) 11 个,编号 703~713;自交系 1022(CK3)5 个,编号 714~718。以自育甜玉米自交系 HZ3、265OR1、TZ 为父本、3 个甜玉米自交系及其相应变异系为母本,配制 63 个正交组合,以粤甜 16 为组合鉴定对照。

1.2 试验方法及数据处理

2011 年春,按 NCII 设计组配 63 个正交组合;2011 年秋采用随机区组设计,3 次重复,每个组合种植 2 畦,每个变异系及自交系对照种植 1 畦,双行定植。组合每次重复种植面积 13.34 m²,测产面积 6.67 m²;变异系每次重复种植面积 6.67 m²,测产面积 6.67 m²,组合种植密度 51 000 株/hm²,变异系种植密度 67 500 株/hm²。

试验于广东省农业科学院白云试验基地进行,春季 3 月 12 日播种,秋季 8 月 15 日播种,组合授粉后 20~22 d 收获,自交系收获干子粒。田间管理同大田生产。

自交系及组合均为每小区连续取 8 株代表性单株进行主要农艺性状调查和分析,田间及室内性状考察按国家甜玉米区域试验性状考察标准进行,以小区均数为单位,采用 Excel 及 DPS3.01 数据处理系统进行方差及配合力分析。

2 结果与分析

2.1 变异系性状表现

1132 变异系表现:由表 1 可知,与对照相比,2 个变异系在单穗重、单穗净重、穗长、穗粗、穗行数、出籽率、粒深共 7 个性状上均比对照提高,但雄穗分枝多于对照,秃尖长、行粒数、百粒重与对照无明显

差异。

RC1 变异系表现:单穗重比对照增加 14.9%~50.0%,单穗粒重增加 23.7%~67.1%,且与对照差异均达 1%显著;在穗长上,仅 707 和 713 比对照增加,且与对照差异达 1%显著;在秃尖长上,除 707 与 713 比对照秃尖长外,其余 9 个变异系均无尖或与对照相当;在穗粗上,除 706 外的其余 10 个变异系均显著粗于对照或与对照相当;穗行数上,706、707、708、710 为 14 行,其余为 12 行;行粒数上,仅 705、706 及 713 少于对照,其余均比对照少量增加或与对照相同;百粒重均有不同程度增加,增幅 10.6%~37.7%,与对照差异达 1%显著;出籽率不同程度提高,增幅 1.2%~17%,与对照差异达 1%显著;粒深上,除 706、710、711 之外的其余 8 个变异系与对照相当;株高上,仅 707 比对照矮,其余 9 个均高于对照,且差异达 1%显著;在穗位高上,703~706 均高于对照,其余 7 个则比对照矮,且与对照差异达 1%显著;在雄穗分枝上,706、707、711、713 比对照增加,其余 7 个则比对照减少,与对照差异均达 1%显著。

1022 变异系表现:单穗重及单穗粒重均比对照增加,增幅分别为 14.2%~34.5%和 24.7%~41.8%,且与对照差异达 1%显著;果穗比对照增长,增幅 9.1%~36.4%,与对照差异达 1%显著;除 718 外,其余 4 个均比对照粗,增幅 1.4%~9.6%,其中 716 和 717 与对照差异达 1%显著;行粒数比对照增加,增幅 43.8%~107.1%,与对照差异达 1%显著;百粒重均低于对照,降幅 1.7%~8.8%,与对照差异达 1%显著;出籽率均比对照提高,增幅 4.3%~15.8%,与对照差异达 1%显著;子粒比对照深,增幅 11.1%~34.9%,与对照差异达 1%显著;植株变高,增度 17.4%~58.0%,与对照间差异达 1%显著;穗位变高且变幅较大,增幅 2.9%~107.4%,与对照差异达 1%显著;雄穗分枝增加且变幅较大,增幅 16.5%~116.5%,与对照差异达 1%显著。

2.2 方差分析

对组合的 10 个性状进行方差分析,结果表明,所有性状 *F* 检验差异均达极显著,表明各性状在组合间存在真实差异,可进行配合力方差分析。

将组合方差分解为 P1 组(被测系)和 P2 组(测验系)亲本一般配合力方差及 P1×P2 特殊配合力方差。*F* 检验发现,18 个被测系一般配合力在除秃尖长外的其余 9 个性状上均存在显著或极显著差异,所有性状特殊配合力均存在极显著差异(表 2)。

表 1 3 个甜玉米自交系的变异系性状表现

Table 1 Mutation lines traits performance of 3 sweet corn inbred lines

自交系	单穗重	单穗粒重(g)	穗 长	秃尖长	穗 粗	行 数	行粒数	百粒重(g)	出籽率(%)	粒 深	株 高	穗 高	雄穗分枝
Inbred line	(g)	Kernel	(cm)	(cm)	(cm)	(行)	(粒)	100—	Percentage	(cm)	(cm)	(cm)	Tassel
	Weight	weight	Ear	Top fill	Ear	Rows	Kernels	kernels	of kernel	Kernel	Plant	Ear	branch
	per ear	per ear	length	length	diamete		per row	weight	to cob	depth	height	height	
701	46.9**	37.8**	11.5**	0.0	4.2**	18**	25	8.9	80.5**	0.9**	103**	32.2**	5.00**
702	47.8**	38.7**	11.5**	0.5	4.1**	16**	27	9.0	81.0**	0.9**	130**	45.7	9.00**
1132(CK1)	30.9	24.0	9.5	0.0	3.2	12	26	8.6	77.6	0.6	125	44.7	3.00
703	34.9**	26.4**	10.5*	0.0	3.5**	12	20	9.5**	75.7**	0.7*	127**	41.0**	5.00**
704	26.7**	20.0**	10.5*	0.5	3.3	12	20	8.5**	74.7**	0.6	121**	37.2**	4.60**
705	28.3**	21.6**	10.0**	0.0	3.3	12	19**	10.3**	76.1**	0.6	116**	32.7**	6.70**
706	27.8**	19.6**	10.0**	0.0	2.9**	14	18**	9.7**	70.5**	0.5**	119**	33.3**	9.00**
707	34.5**	25.6**	14.5**	2.0	3.3	14	24**	8.9**	74.3**	0.7*	107**	21.0**	10.30**
708	30.2**	22.6**	10.7	0.0	3.4**	14	22**	9.8**	74.7**	0.7*	125**	26.7**	6.00**
709	29.3**	22.6**	10.8	0.5	3.3	12	21**	10.6**	77.2**	0.7*	145**	26.3**	6.70**
710	28.5**	21.7**	10.7	0.5	3.4**	14	23**	8.8**	75.9**	0.6*	119**	24.0**	4.30**
711	28.3**	20.7**	10.5*	0.0	3.1	12	21**	8.92**	73.2**	0.5**	120**	25.0**	9.30**
712	28.3**	22.6**	10.5*	0.0	3.2	12	22**	9.9**	79.6**	0.7*	112	30.0**	6.20**
713	28.4**	19.6**	11.0*	1.0	3.4**	12	16**	9.9**	68.8**	0.6	140**	26.0**	10.20**
RC1(CK2)	23.3	15.8	10.8	0.5	3.2	12	20	7.7	68.0	0.6	112	31.0	7.67
714	52.4**	40.7**	12.5**	0.5	3.8	14	24**	12.9**	77.7**	0.8**	153**	32.6**	2.60**
715	54.3**	41.3**	13.0**	1.0	3.8	14	27**	12.1**	76.1**	0.7**	168**	48.0**	4.00**
716	49.2**	40.8**	12.0**	1.0	3.9**	16	25**	12.8**	83.0**	0.9**	135**	38.3**	4.30**
717	51.5**	38.5**	12.5**	0.0	4.0**	16	23**	12.5**	74.7**	0.7**	182**	65.7**	2.33**
718	57.9**	43.8**	15.0**	0.0	3.7	14	29**	13.0**	75.5**	0.7**	152**	45.7**	2.33**
1022(CK3)	43.1	30.9	11.0	1.0	3.7	14	19	13.3	71.7	0.6	115	31.7	2.00

注:**表示差异达 1% 显著水平;*表示差异达 5% 显著水平。下表同。

Note: ** indicated significant difference at 1% level; * indicated significant difference at 5% level. The same below.

表 2 10 个性状方差分析

Table 2 Variation analysis of 10 traits

变异来源	单苞鲜重(g)	单穗净重(g)	穗 长	秃尖长(cm)	穗 粗	穗行数	行粒 数(粒)	株 高	穗位高	小区产量
Variation	Fresh weight	Net weight	(cm)	Top fill	(cm)	(行)	Kernels	(cm)	(cm)	(kg/6.67 m ²)
source	per ear	per ear	Ear length	length	Ear diameter	Rows	per row	Plant height	Ear height	Yield
组 合										
Combination										
P1(被测系)	3.0**	1.8**	5.6**	1.1	1.8*	3.2**	3.2**	5.0**	3.3**	3.4**
P2(测验系)	2.3	2.6*	3.3*	1.1	1.9	0.1	0.2	0.7	1.3	3.5*
P1×P2	9.9**	17.4**	24.4**	23.4**	16.1**	5.2**	11.1**	12.1**	19.1**	12.4**

2.3 变异系一般配合力(GCA)分析

采用不完全双列杂交法估算性状一般配合力相对效应值(表 3)。

由表 3 可知,1132 的 2 个变异系的小区产量、单苞鲜重、单穗净重、穗长、行粒数、株高、穗位高 GCA 均为负值;穗粗 GCA 均为正值;702 穗行数 GCA 为正值,而 701 则为显著负值;变异系除行粒

数 GCA 高于对照外,小区产量、单苞鲜重、单穗净重、穗长、穗粗、株高、穗位高 GCA 均低于对照。

RC1 的 11 个变异系中,除 709 外,其余 10 个变异系小区产量 GCA 值均高于对照,713、712 和 710 表现最突出,为显著正值;除 706~709 外的其余 7 个变异系单穗鲜重 GCA 值均高于对照,差异达 1% 显著,其中 713、712 和 710 表现最突出;在单穗净重

GCA 上,除 707~709 外的其余 8 个变异系均显著高于对照,其中 713、711、710 表现最突出;所有变异系穗长 GCA 值均显著高于对照,其中 713、711 和 710 表现最突出,易组配长穗组合;所有变异系穗粗 GCA 表现均不如对照;穗行数 GCA 方面,除 712 外,其余 10 个均为正值,但仅 711 显著高于对照;株高和穗位高 GCA 均为 705~709 表现为显著负值,其余 6 个变异系均为显著正值,因此,这 5 个变异系可显著降低植株和穗位高。713、712 和 710 在主要

性状 GCA 上均表现突出,可替代原始系在育种中加以重点利用。

1022 的 5 个变异系小区产量、单苞鲜重、单穗净重、穗长、行粒数 GCA 值均显著高于对照;穗粗、穗行数及穗位高 GCA 表现为双向变异,718 和 717 表现最突出;715 和 716 虽在产量性状 GCA 上不如 718 和 717,但其易组配出结实性好的组合,同时株高和穗位高 GCA 值显著低于 718 和 717,因此,在育种中也具有较大应用价值。

表 3 变异系及对照重要性状 GCA 表现

Table 3 Primary traits GCA performance of mutation lines and CK

自交系 Inbred line	单苞鲜重(g) Fresh weight per ear	单穗净重(g) Net weight per ear	穗 长 (cm) Ear length	穗 粗 (cm) Ear diameter	穗行数 (行) Rows	行粒数(粒) Kernels per row	株 高 (cm) Plant height	穗位高 (cm) Ear height	小区产量 (kg/6.67 m ²) Yield
1132(CK1)	3.1	-1.4	-6.0	2.7	-1.7	-8.0	-3.2	1.0	-5.9
701	-5.2**	-3.3**	-8.4**	0.1**	-3.0**	-1.5**	-3.5**	-0.1**	-5.4**
702	-5.4**	-4.2**	-10.7**	0.5**	0.1**	-3.0**	-4.6**	-2.7**	-6.4**
RC1(CK2)	-4.2	-4.6	-12.8	4.5	7.9	-6.9	-4.0	8.3	-9.8
703	-2.1**	-0.1**	-5.0**	3.1**	0.5**	-4.6**	8.3**	17.2**	0.1**
704	1.5**	2.4**	-4.8**	1.2**	4.0**	0.4**	6.8**	20.5**	-1.0**
705	1.5**	2.9**	-0.2**	3.1**	4.0**	-2.4**	-4.3**	0.2**	0.4**
706	-6.4**	-3.4**	0.6**	-1.0**	7.9	6.2**	-10.6**	-3.7**	-3.5**
707	-11.4**	-10.9**	-6.8**	-2.8**	1.4**	-7.2**	-11.9**	-16.7**	-8.5**
708	-13.6**	-8.8**	2.7**	-5.8**	4.0**	1.3**	-9.9**	-20.6**	-9.0**
709	-19.0**	-20.0**	-2.0**	-9.8**	0.5**	-4.2**	-13.6**	-23.0**	-14.1**
710	3.3**	5.4**	8.8**	-0.3**	0.9**	2.0**	5.6**	6.5**	7.8**
711	-1.3**	5.5**	9.4**	2.6**	8.8**	3.6**	9.5**	16.0**	-1.7**
712	8.7**	2.1**	0.3**	-0.6**	-9.5**	0.6**	8.9**	14.0**	9.0**
713	12.2**	11.2**	10.4**	1.6**	2.7**	12.2**	2.0**	0.5**	13.6**
1022(CK3)	-12.9	-12.5	-13.6	-2.1	-3.4	-8.2	-6.1	-2.8	-11.0
714	2.7**	-4.6**	-3.2**	-3.9**	-7.7**	-1.8**	3.9**	-9.1**	-0.8**
715	6.3**	4.3**	5.6**	-0.6**	-3.8**	2.6**	-2.3**	-16.9**	5.8**
716	5.8**	5.7**	5.7**	-1.1**	-12.5**	7.1**	0.5**	-13.7**	4.4**
717	19.0**	18.9**	13.3**	6.4**	-0.4**	3.8**	15.6**	14.0**	17.1**
718	17.4**	15.2**	16.8**	2.3**	-0.4**	7.6**	12.9**	11.1**	18.9**

2.4 组合产量表现及重要性状特殊配合力(SCA)分析

2.4.1 组合产量表现

1132 变异系所配组合产量表现:2 个变异系与 3 个测验种所配组合均比对照与测验种所配组合增产,增幅 2.1%~10.1%;702×TZ 比粤甜 16 增产 2.0%,其余 5 个组合均减产,幅度 4.7%~26.3%。

RC1 变异系所配组合产量表现:11 个变异系与 HZ3 所配组合均比 RC1×HZ3 减产,幅度 0.8%~14.7%;同时也比粤甜 16 减产,幅度 18.0%~29.4%。

与 265OR1 所配组合中,除 712×265OR1 外的

其余 10 个组合均比 RC1×265OR1 增产,幅度 0.8%~10.8%,其中 713×265OR1 增产达 10.8%;但均比粤甜 16 减产,幅度 18.7%~26.0%。

与 TZ 所配组合中,除 711×TZ 和 713×TZ 分别比 RC1×TZ 增产 6.0%和 3.7%外,其余组合均减产,幅度 4.6%~19.8%;也比粤甜 16 减产,幅度 1.5%~25.2%。

1022 变异系所配组合产量表现:与 HZ3 所配组合中,除 716×HZ3 外的其余组合均比 1022×HZ3 增产,幅度 0.2%~8.1%;但均比粤甜 16 减产,幅度 9.4%~32.6%。

所有与 265OR1 所配组合均比 1022 × 265OR 减产,幅度 3.3% ~ 26.2%;同时也比粤甜 16 减产,幅度 6.0% ~ 28.3%。

与 TZ 所配组合中,除 716 × TZ 外的其余组合均比 1022 × TZ 增产,增幅 5.2% ~ 25.3%;718 × TZ、717 × TZ、715 × TZ 分别比粤甜 16 增产 7.1%、6.1% 和 5.8%。

2.4.2 组合重要性状 SCA 表现

在鲜穗产量上,1132 变异系所配组合中,具有正向和负向 SCA 的组合各 4 个和 2 个,702 × HZ3 具有正向最大 SCA,702 × TZ 具有最大负向 SCA,变幅 -9.7 ~ 7.5;RC1 变异系所配组合中,19 个组合 SCA 为正,14 个为负,705 × TZ 正向最大,705 × 265OR1 负向最大,变幅 -15.1 ~ 15.2;1022 变异系所配组合中,7 个组合 SCA 为正,8 个为负,716 × 265OR1 正向最大,718 × HZ3 负向最大,变幅 -14.5 ~ 11.1。

在秃尖长上,1132 变异系所配组合中,具有正向和负向 SCA 值的组合各 2 个和 4 个,其中 701 × HZ3 正向最大,701 × 265OR1 则负向最大,变幅 -55.3 ~ 65.8;RC1 变异系所配组合中,13 个组合 SCA 为正,20 个为负,712 × TZ 正向最大,706 × TZ 负向最大,变幅 -180.8 ~ 185.5;1022 变异系所配组合中,7 个 SCA 为正,8 个为负,717 × 265OR1 正向最大,717 × HZ3 负向最大,变幅 -168.3 ~ 201.9。

在株高上,1132 变异系所配组合中,具有正向和负向 SCA 值的组合各 3 个,其中 702 × HZ3 正向最大,702 × TZ 负向最大,变幅 -4.2 ~ 2.2;RC1 变异系所配组合中,19 个组合 SCA 为正,14 个为负,712 × HZ3 正向最大,712 × 265OR1 负向最大,变幅 -10.3 ~ 11.9;1022 变异系所配组合中,7 个组合 SCA 为正,8 个为负,717 × TZ 正向最大,718 × HZ3 负向最大,变幅 -9.5 ~ 9.8。

表 4 组合重要性状 SCA 及产量表现

Table 4 Primary traits SCA and yield performance of combinations

组 合 Combination	鲜穗产量 (kg) Fresh ear yield	秃尖长 (cm) Top fill length	株 高 (cm) Plant height	小区产量 (kg/6.67m ²) Yield	比原始系对应组合(±%) Compared with corresponding CK	比粤甜 16(±%) Compared with Yuetian16
1132 × HZ3	-7.9	-31.2	6.9	8.9		
701 × HZ3	0.8**	65.8**	2.0**	9.6**	7.9	-26.3
702 × HZ3	7.6**	52.5**	2.2**	9.8**	10.1	-24.8
RC1 × HZ3	2.3	119.4	-6.1	10.8		
703 × HZ3	-5.7*	-64.6**	-6.1	10.0**	-7.5	-23.5
704 × HZ3	-14.0	102.6**	-8.6**	9.2**	-14.7	-29.4
705 × HZ3	-0.1	-138.2**	7.0**	10.1**	-6.9	-23.0
706 × HZ3	8.0	45.8**	-0.3**	9.8**	-9.7	-25.3
707 × HZ3	2.6	9.0**	6.1**	9.9**	-8.1	-24.0
708 × HZ3	8.3	-7.8**	-0.8**	10.4**	-3.8	-20.5
709 × HZ3	9.0	34.1**	6.3**	10.5**	-2.5	-19.4
710 × HZ3	-6.2*	-29.5**	-9.2**	10.6**	-2.2	-19.1
711 × HZ3	-8.1*	-100.7**	-9.8**	10.7	-0.8	-18.0
712 × HZ3	7.3	-59.6**	11.9**	9.3**	-14.3	-29.1
713 × HZ3	5.0	32.4**	1.8**	9.8**	-9.2	-24.9
1022 × HZ3	-0.2	7.3	6.3	10.9		
714 × HZ3	10.1**	25.7**	4.8**	11.0	0.2	-16.0
715 × HZ3	3.1**	85.9**	2.8**	11.8**	8.1	-9.4
716 × HZ3	-10.5**	2.3**	-1.5**	8.8**	-19.5	-32.6
717 × HZ3	3.1**	-168.3**	-6.3**	11.7**	7.2	-10.2
718 × HZ3	-14.5**	17.3**	-9.5**	11.7**	7.3	-10.1
1132 × 265OR1	2.6	-142.7	-2.4	10.5		
701 × 265OR1	-1.8**	-10.5**	-1.6**	10.9**	4.2	-16.4
702 × 265OR1	2.1**	-13.9**	2.0**	10.8**	3.3	-17.1
RC1 × 265OR1	-2.8	-12.2	2.9	9.6		

续表 4 Continued 4

组 合 Combination	鲜穗产量 (kg) Fresh ear yield	秃尖长 (cm) Top fill length	株 高 (cm) Plant height	小区产量 (kg/6.67m ²) Yield	比原始系对应组合(±%) Compared with corresponding CK	比粤甜 16(±%) Compared with Yuetian16
703 × 265OR1	-1.9**	79.8**	0.7**	9.7	1.5	-25.6
704 × 265OR1	6.2**	-54.0	7.3**	9.8**	2.2	-25.0
705 × 265OR1	-15.1**	-129.3**	-6.6**	9.8**	2.2	-25.0
706 × 265OR1	0.3**	135.0**	0.1**	10.3**	7.0	-21.5
707 × 265OR1	-4.2**	-7.2	-1.9**	10.4**	8.2	-20.6
708 × 265OR1	-5.0**	-79.1**	2.7**	9.7	0.9	-26.0
709 × 265OR1	3.2**	-22.2	3.2**	9.7	0.9	-26.0
710 × 265OR1	2.2**	130.0**	1.20.0**	9.9**	3.1	-24.4
711 × 265OR1	4.6**	-8.7	3.9**	10.0**	4.3	-23.5
712 × 265OR1	0.2**	-125.9**	-10.3**	8.1**	-15.1	-37.7
713 × 265OR1	6.1**	66.4**	-3.1**	10.6**	10.8	-18.7
1022 × 265OR1	0.7	-3.8	-0.5	12.7		
714 × 265OR1	-0.6**	-0.5**	-1.4**	12.3**	-3.5	-6.1
715 × 265OR1	-1.8**	-10.5**	-2.7**	12.3**	-3.3	-6.0
716 × 265OR1	11.1**	-23.9**	0.9**	9.4**	-26.2	-28.3
717 × 265OR1	-11.9**	201.9**	-3.5**	11.5**	-9.5	-12.0
718 × 265OR1	5.8**	31.3**	9.2**	11.2**	-11.8	-14.3
1132 × TZ	5.4	173.8	-4.5	12.2		
701 × TZ	1.0**	-55.3**	-0.4**	12.5**	2.1	-4.7
702 × TZ	-9.7**	-38.6**	-4.2**	13.3**	9.2	2.0
RC1 × TZ	0.4	-107.2	3.2	12.2		
703 × TZ	7.7**	-15.2**	5.4**	11.3**	-7.4	-13.7
704 × TZ	7.8**	-48.6**	1.3**	11.4**	-6.1	-12.4
705 × TZ	15.2**	267.5**	-0.4**	11.0**	-9.5	-15.6
706 × TZ	-8.3**	-180.8**	0.3**	9.9**	-18.9	-24.4
707 × TZ	1.6**	-1.8**	-4.2**	11.4**	-6.5	-12.8
708 × TZ	-3.4**	86.9**	-1.9**	11.6**	-4.6	-11.1
709 × TZ	-12.2**	-11.8**	-9.5**	11.5**	-5.7	-12.0
710 × TZ	4.0**	-100.5**	8.0**	9.8**	-19.8	-25.2
711 × TZ	3.5**	109.4**	5.9**	12.9**	5.6	-1.5
712 × TZ	-7.5**	185.5**	-1.6**	11.4**	-6.3	-12.6
713 × TZ	-11.1**	-98.8**	1.3**	12.6**	3.7	-3.3
1022 × TZ	-0.5	-3.5	-5.8	11.2		
714 × TZ	-9.5**	-25.2**	-3.4**	11.7**	5.2	-10.1
715 × TZ	-1.3**	-75.4**	-0.2**	13.8**	23.8	5.8
716 × TZ	-0.6**	21.6**	0.6**	10.9**	-2.2	-16.4
717 × TZ	8.8**	-33.6**	9.8**	13.9**	24.2	6.1
718 × TZ	8.6**	-48.6**	0.2**	14.0**	25.3	7.1

注: 粤甜 16 小区产量为 13.04 kg/6.67 m²。

Note: The weight per 6.67 m² of Yuetian16 was 13.04 kg/6.67 m².

3 结论与讨论

3.1 不同自交系变异方向

本研究结果综合来看, 3 个甜玉米自交系经航

天诱变和定向选育, 在单穗重、单穗粒重及出籽率性状上均优于原始材料, 在其余性状上则存在基因型差异。李玉玲等、刘梅等均发现, 经航天诱变的普通玉米均表现为株高、穗位高降低, 雄穗分枝减少^[20,21]。

而在本研究中,1022 诱变处理后,株高和穗位高均显著增加,另 2 个材料则存在双向变异,这与乔晓等、曾孟潜等的研究结果一致^[22,23]。在雄穗分枝数上,本研究发现 1022 及 1132 均显著增加,RC1 则表现为双向变异。本研究在主要果穗性状上均发现了明显变异,这与陈永欣等的研究结果一致^[24],而与乔晓等的结果相反。因此,航天诱变能使甜玉米产生可遗传的变异,是甜玉米种质创新的重要手段,但突变方向和变异大小因材料而异。

3.2 变异系配合力差异

大量研究证实,航天诱变可改变玉米自交系配合力,这在本研究中也得到了验证。本研究中,1132 的 2 个变异系在主要产量性状 GCA 上均不如原始系,但在株高和穗位高上则相反。而对于 RC1 和 1022 变异系,均表现为除穗粗和穗行数之外的其余重要产量相关性状 GCA 表现好于相应对照,而株高和穗位高 GCA 则不如对照,这邱正高等的研究结果相近^[25],即不同材料诱变系其 GCA 存在差异。

3.3 变异系的性状固定

经多代自交纯合和定向选育,1132 和 1022 的 7 个变异系均已纯合,但 RC1 的 11 个变异系中均存在果柄长度分离,而其余性状均已稳定,其机理有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 曾晓花,万忠,尹艳,等. 2011 年广东甜玉米产业发展现状分析[J]. 广东农业科学,2012(3):12-14.
- [2] Zeng X H, Wan Z, Yin Y, et al. Analysis on sweet industry development condition of Guangdong[J]. Guangdong Agriculture Science, 2012(3), 12-14. (in Chinese)
- [3] 胡建广,王子明,李余良,等. 我国甜玉米育种研究概况与发展方向[J]. 玉米科学,2004,12(1):12-15.
- [4] Hu J G, Wang Z M, Li Y L, et al. Sweet corn breeding research progress and developing direction of China[J]. Journal of Maize Sciences, 2004, 12(1): 12-15. (in Chinese)
- [5] 李桂花,张衍荣,曹健. 农业空间诱变育种研究进展[J]. 长江蔬菜,2003(12):33-36.
- [6] Li G H, Zhang Y R, Cao J. Research progress of agriculture spacing mutation breeding[J]. Yangtse River Vegetables, 2003(12): 33-36. (in Chinese)
- [7] Slater J V, Tobias C A. Effects of cosmic radiation on seeds differentiation and development[J]. Radiation Research, 1963, 19: 218.
- [8] 赵琦. 地外植物学与空间利用[J]. 植物学通报,1995,12(2):15-18.
- [9] Zhao Q. Phytology and spacing utilization[J]. Chinese Bulletin of Botany, 1995, 12(2): 15-18. (in Chinese)
- [10] 李玉玲,余永亮,刘艳霞,等. 两份太空诱变玉米雄性不育突变体的遗传研究[J]. 遗传,2007,29(6):738-744.
- [11] Li Y L, Yu Y L, Liu Y X, et al. Genetic study on two maize male sterile mutants obtained by space mutagenesis[J]. Hereditas, 2007, 29(6): 738-744. (in Chinese)
- [12] 丘运兰,何远康,梅曼,等. 太空飞行对玉米种子的生物学效应[J]. 华南农业大学学报,1994,15(2):100-105.
- [13] Qiu Y L, He Y K, Mei M, et al. Biology effects of space flying to maize seed[J]. J. South China Agr. Univ., 1994,15(2): 100-105. (in Chinese)
- [14] 荣廷昭,潘光堂. 玉米太空处理纯系材料田间表型的观察和同工酶分析[J]. 空间科学学报,1996,16(增刊):156.
- [15] Rong T Z, Pan G T. Field phenotype observation and isozyme analysis of maize inbreds by spacing[J]. Chinese Journal of Space Science, 1996, 16(supplement): 156. (in Chinese)
- [16] 曹墨菊,荣廷昭,潘光堂. 空间条件对玉米主要农艺性状的影响[J]. 中国农学通报,2000,16(2):14-16.
- [17] Cao M J, Rong T Z, Pan G T. The influences of space condition on the agronomic characters of maize[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2000, 16(2): 14-16. (in Chinese)
- [18] 李社荣,刘雅楠,刘敏,等. 玉米空间诱变效应及其应用的研究 I. 空间条件对玉米叶片超微结构的影响[J]. 核农学报,1998,12(5):274-280.
- [19] Li S R, Liu Y N, Liu M, et al. Effects of space conditions on ultra-structure of leave in maize[J]. Acta Agriculturae Nucleatae Sinica, 1998,12(5): 274-280. (in Chinese)
- [20] Li S R, Liu M, Wang Y X, et al. Influence of space conditions on photosynthetic pigment contents and chloroplast ultra structure of maize leaves[J]. Space Medicine & Medical Engineering, 1998, 11(6): 396-400.
- [21] 李社荣,马惠平,谷宏志,等. 返回式卫星搭载后玉米叶绿体色素变化的研究[J]. 核农学报,2001,15(2):75-80.
- [22] Li S R, Ma H P, Gu H Z, et al. Changes of chloroplast pigments of maize leaves after space flight in recoverable satellite[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2001, 15(2): 75-80. (in Chinese)
- [23] 曹墨菊,荣廷昭. 空间条件对玉米自交系 S37 的诱变效应[J]. 中国农学通报,2001,17(1):1-3.
- [24] Cao M J, Rong T Z. The study on mutation effect to maize inbreed line S37 in outer space condition[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2001, 17(1):1-3. (in Chinese)
- [25] 曹墨菊,荣廷昭. 玉米太空处理后代基因雄性不育株与可育株的比较[J]. 四川大学学报(自然科学版),2000,37(增刊):49-55.
- [26] Cao M J, Rong T Z. The comparative study on male fertile plants and male sterile plants obtained from the space flight maize seeds[J]. Journal of Sichuan University(Natural Science Edition), 2000, 37(supplement): 49-55. (in Chinese)
- [27] 曹墨菊,黄文超,潘光堂,等. 首例航天诱变玉米细胞核雄性不育株与可育株的株高生长分析[J]. 核农学报,2004,18(4):396-400.
- [28] Cao M J, Huang W C, Pan G T, et al. Analysis of plant height between male sterile plants obtained by space flight and male fertile plants in maize[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2004, 18(4): 396-400. (in Chinese)
- [29] 刘福霞,曹墨菊,荣廷昭,等. 太空诱变玉米细胞核雄性不育基因与 RAPD 标记的连锁分析[J]. 四川农业大学学报,2005,23(1):19-23.

- maize germplasms to *Curvularia Lunata* (wakk) Boed. in Northeastern China[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2006(4): 6-10. (in Chinese)
- [11] 赵君, 王国英, 胡剑, 等. 玉米弯孢菌叶斑病抗性的 ADAA 遗传模型的分析[J]. 作物学报, 2002, 28(1): 127-132.
- Zhao J, Wang G Y, Hu J, et al. Genetic analysis of maize resistance to curvularia leaf spot by ADAA model[J]. Acta Agronomica sinica, 2002, 28(1): 127-130. (in Chinese)
- [12] 薛春生, 肖淑芹, 翟羽红, 等. 玉米弯孢叶斑病菌致病类型分化研究[J]. 植物病理学报, 2008, 38(1): 6-12.
- Xue C S, Xiao S Q, Zhai Y H, et al. Pathogenicity differentiation of *Curvularia lunata*[J]. Acta Phytopathologica Sinica, 2008, 38(1): 6-12. (in Chinese)
- [13] 刘铜. 玉米弯孢霉叶斑病菌毒素致病分子机理研究[D]. 上海: 上海交通大学博士论文, 2010.
- Liu T. Toxin of *Curvularia lunata* of pathogenic mechanism to maize [D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University. PhD thesis, 2010. (in Chinese)
- [14] 王嘉渊. 玉米弯孢霉叶斑病菌 *Clm1* 基因的克隆与功能分析[D]. 上海: 上海交通大学硕士论文, 2011.
- Wang J Y. Cloning and functional analysis of *Clm1* in *Curvularia lunata*[D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University. Master thesis, 2011. (in Chinese)
- [15] 田敏, 饶龙兵, 李纪元. 植物细胞中的活性氧及其生理作用[J]. 植物生理学通讯, 2005, 41(2): 235-241.
- Tian M, Rao L B, Li J Y. Reactive oxygen species (ROS) and its physiological functions in plant cells[J]. Plant Physiology Communications, 2005, 41(2): 235-241. (in Chinese)
- [16] Egan M J, Wang Z Y, Jones M A, et al. Generation of reactive oxygen species by fungal NADPH oxidases is required for rice blast disease [J]. PNAS, 2007, 104(28): 11772-11777.
- [17] Segmüller N, Kokkelink L, Giesbert S, et al. NADPH oxidases are involved in differentiation and pathogenicity in *Botrytis cinerea*[J]. MP-MI, 2008, 21(6): 808-819.

(责任编辑: 李万良)

(上接第 29 页)

- Liu F X, Cao M J, Rong T Z, et al. Screening a RAPD marker related to the maize male sterility gene obtained by space flight[J]. Journal of Sichuan Agricultural University, 2005, 23(1): 19-23. (in Chinese)
- [17] 刘福霞, 曹墨菊, 荣廷昭, 等. 用微卫星标记定位太空诱变玉米核不育基因[J]. 遗传学报, 2005, 32(7): 753-757.
- Liu F X, Cao M J, Rong T Z, et al. Locating maize male sterility gene induced by space flight using microsatellite markers[J]. Acta Genetica Sinica, 2005, 32(7): 753-757. (in Chinese)
- [18] 乔晓, 石海春, 柯永培, 等. 航天搭载对玉米自交系 SP₁ 的诱变效应[J]. 四川农业大学学报, 2011, 29(2): 164-167.
- Qiao X, Shi H C, Ke Y P, et al. Mutation effects of space flight on maize inbred lines SP₁[J]. Journal of Sichuan Agricultural University, 2011, 29(2): 164-167. (in Chinese)
- [19] 李高科, 胡建广, 刘建华, 等. 超甜玉米自交系空间诱变效应及配合力分析[J]. 广东农业科学, 2001(7): 1-4.
- Li G K, Hu J G, Liu J H, et al. Breeding potential and space mutation effect analysis of sweet corn inbred line [J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2011(7): 1-4. (in Chinese)
- [20] 李玉玲, 牛素贞, 余永亮, 等. 空间条件对玉米自交系主要农艺性状的影响[J]. 中国农学通报, 2005, 21(5): 158-161.
- Li Y L, Niu S Z, Yu Y L, et al. The effect of space environment on agronomic characters of maize inbred lines [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2005, 21(5): 158-161. (in Chinese)
- [21] 刘梅, 史振声. 卫星搭载处理对玉米 SP₁ 代诱变效应研究[J]. 玉米科学, 2009, 17(3): 51-54.
- Liu M, Shi Z S. Mutagenic effects on SP₁ generation of maize carried by satellites [J]. Journal of Maize Sciences, 2009, 17(3): 51-54. (in Chinese)
- [22] 乔晓, 石海春, 柯永培, 等. 玉米航天诱变系的配合力分析[J]. 四川农业大学学报, 2011, 29(4): 451-456.
- Qiao X, Shi H C, Ke Y P, et al. Analysis of combining ability of maize mutants by space flight[J]. Journal of Sichuan Agricultural University, 2011, 29(4): 451-456. (in Chinese)
- [23] 曾孟潜, 曾智, 吉海莲. 空间特殊环境诱变致突变体的分析[J]. 中国空间科学技术, 2003(6): 64-68.
- Zeng M Q, Zeng Z, Ji H L. Analysis on mutant in maize induced by space special environment[J]. Chinese Space Science and Technology, 2003(6): 64-68. (in Chinese)
- [24] 陈永欣, 翟广谦, 韩永明, 等. 糯玉米航天搭载试验初报[J]. 山西农业科学, 2008, 36(11): 47-49.
- Chen Y X, Zhai G Q, Han Y M, et al. Preliminary report the experimentation of aviation embarkation glutinous maize[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2008, 36(11): 47-49. (in Chinese)
- [25] 邱正高, 杨华, 王贵学, 等. 航天诱变对糯玉米主要数量性状及配合力的影响[J]. 西南农业学报, 2009, 22(5): 1249-1253.
- Qu Z G, Yang H, Wang G X, et al. Study on mutation effect of space radiation to agronomic traits of waxy maize[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2009, 22(5): 1249-1253. (in Chinese)

(责任编辑: 朴红梅)