

糯玉米茎秆穿刺强度配合力及遗传参数分析

丘兰英¹ 周富亮² 周捷成³ 梁思维² 蒋 锋³ 刘鹏飞³

(¹广东省韶关市植物保护站,韶关 512000; ²广东省阳江市农业科学研究所,阳江 529500;

³仲恺农业工程学院,广州 510225)

摘要:倒伏是限制玉米高产稳产的一个重要因素,茎秆穿刺强度与抗倒伏性呈显著或极显著相关。为探讨糯玉米育种中抗倒伏性状遗传效果,利用遗传差异较大的 11 个糯玉米自交系,采用不完全双列杂交(NCH)设计组配 28 个杂交组合,对糯玉米茎秆穿刺强度进行配合力及遗传参数的分析。结果表明:糯玉米茎秆穿刺强度的 GCA 正效应值前三的自交系为 N27-1>N51>N9-1;糯玉米茎秆穿刺强度以加性效应为主,由加性和非加性基因共同调控;自交系的一般配合力与组合的特殊配合力之间无直接的相关性;糯玉米茎秆穿刺强度的广义遗传率为 75.39%,说明该性状的遗传变异受环境影响较小,主要由遗传决定。狭义遗传率较低,为 40.99%,在育种过程中,尽量于高世代进行该性状的选择,让加性效应逐渐积累。

关键词:糯玉米;茎秆;穿刺强度;配合力;遗传参数

Analysis of Stem Piercing Strength Combining Ability and Genetic Parameters of Waxy Maize

QIU Lanying¹, ZHOU Fuliang², ZHOU Jiecheng³, LIANG Siwei², JIANG Feng³, LIU Pengfei³

(¹Shaoguan Plant Protection Station, Shaoguan 512000, Guangdong; ²Yangjiang Institute of Agricultural Sciences, Yangjiang

529500, Guangdong; ³Zhongkai Agricultural Engineering College, Guangzhou 510225)

糯玉米(*Zea mays* L.)籽粒干燥后,胚乳为不透明的蜡质状,且籽粒中仅含有支链淀粉,故又被称为蜡质玉米或黏玉米^[1]。糯玉米因其黏性强,籽粒不透明,在我国的加工制造等工业中作为重要原材料,而且生产面积和年产量逐年提升^[2]。近年来,糯玉米的利用价值受到越来越多人的青睐,受到农产品加工业兴起的影响,以及我国玉米开发技术的进步,市场对糯玉米的需求不断扩大,所以近些年鲜食糯玉米产业更是得到飞速发展,糯玉米在国内乃至国际市场上均有着广阔的发展前景。倒伏是限制玉米高产稳产的一个重要因素,特别是南方沿海地区台风天气频发,玉米生产过程中难以避免,抗倒伏相关研究尤为重要。目前,国内外对玉米茎秆强度的遗

传规律研究发现,玉米抗倒伏性与茎秆穿刺强度的相关性较大,即茎秆穿刺强度与抗倒伏性呈显著或极显著相关,如 Koinyma^[3]、丰光等^[4]、刘小刚等^[5]、勾玲等^[6]对玉米茎秆穿刺强度性状进行了遗传效应及模型等探索,但这些研究主要围绕遗传模型以及特定条件下的茎秆强度变化展开,对茎秆穿刺强度的配合力和遗传参数鲜有研究。育种实践中,了解自交系的遗传关系对测配具有重要的指导意义,其中基因的加性效应反映一般配合力大小,该配合力可以稳定遗传;基因的非加性效应则反映特殊配合力,该部分配合力不能稳定遗传,仅反映特定组合间的杂种优势程度^[7]。

本试验旨在挖掘糯玉米在不同亲本自交系与不同亲本组合之间,茎秆穿刺强度配合力效应的关系,提高糯玉米茎秆强度的选育效率,培育良好的抗倒伏品种。选用遗传差异较大的 11 份糯玉米自交系作为材料,按照不完全双列杂交(NCH)设计方法

基金项目:广东省农业农村厅农业科研类及技术推广示范类项目(粤财农[2023]189号);广州市财政农业农村项目(22304496);鲜食玉米生物育种创新及新品种选育(阳科通[2023]39号)

通信作者:刘鹏飞

组配组合,对糯玉米茎秆穿刺强度的配合力及其主要遗传参数进行分析,为糯玉米在实际育种过程中和相关理论基础研究提供参考依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料 选用仲恺农业工程学院农业与生物学院的 11 份糯玉米自交系,7 个母本自交系分别是 N7-1、N9-1、N11-2、N14-1、N17、N27-1、N51,4 个父本自交系分别是 N1、N8、N47、N75,按照 NCI 设计方法组配 28 个杂交组合,分析了糯玉米茎秆穿刺强度的配合力和遗传规律。

1.2 试验设计 2021 年 3-11 月在阳江市农业科学研究所白沙基地配组合、乳源县一六镇家田农业种植基地种组合及仲恺农业工程学院白云校区农业与生物学院实验室进行统计分析。每小区 2 行、行距 50cm、株距 25cm、行长 6m,28 个组合,3 次重复,共 84 个小区,随机区组设计。每个小区挑选具有代表性的区域,连续测量 10 株玉米的茎秆穿刺强度。于乳熟期用 DDY-1 便携式植物茎秆强度测量仪(石家庄泛胜科技有限公司)测量茎秆穿刺强度,选用面积为 1mm² 的测头,缓慢、匀速的下拉仪器手柄,测量测头穿透茎秆基部第 3 节外皮组织结构的最大力,记录数据并取均值。试验田前茬为撂荒地,地力中等,保墒效果较好,灌溉较为方便,试验地管理为精细耕作,比大田管理水平高。

1.3 数据处理 茎秆穿刺强度的方差分析、配合力分析,采用 WPS Office 与 DPS 18.10 软件进行数据

分析,计算配合力是参考刘来福等^[8]、郭仲平^[9]提供的公式,遗传参数分析参考刘纪麟^[10]、翟虎渠^[11]的方法。

2 结果与分析

2.1 配合力方差分析 对 7 个母本和 4 个父本配制的 28 个杂交组合的茎秆穿刺强度数据进行了随机区组方差分析(表 1)。结果表明,茎秆穿刺强度的区组间差异不显著;各组合之间的差异达到了极显著差异水平,说明组合之间主要是由遗传因素造成茎秆穿刺强度的显著差异,基因型不同的材料间同样存在极显著差异。

2.2 一般配合力效应分析及比较 对试验的 11 个自交系亲本的茎秆穿刺强度的一般配合力(GCA, General combining ability)效应值和显著差异进行了对比(表 2)。糯玉米茎秆穿刺强度的 GCA 效应值的变化幅度为 -16.60~9.44,变化幅度较大。表明 GCA 效应的显著或者极显著差异水平存在于部分自交系之间。

对试验的 11 个亲本的茎秆穿刺强度 GCA 效应值排序为 N27-1>N51>N9-1>N75>N8>N1>N11-2>N14-1>N47>N17>N7-1。N27-1、N51、N9-1、N75、N8、N1 和 N11-2 的 GCA 为正向效应,其余 4 个自交系的 GCA 为反向效应。茎秆穿刺强度的 GCA 正向效应值较大的自交系分别是 N27-1、N51 和 N9-1,表明这 3 个材料的茎秆强度易于稳定遗传,正向加性基因效应较强,以它们作为亲本所组

表 1 糯玉米茎秆穿刺强度的方差分析

变异来源	自由度	平方和	均方	F 值
区组	2	19.8122	9.9061	1.3571
组合	27	1882.5950	69.7258	9.5518**
父本 δ	3	97.4805	32.4935	0.8572
母本 ♀	6	1102.8100	183.8017	4.8489**
♀ × δ	18	682.3045	37.9058	5.1928**
误差	54	394.1852	7.2997	
合计	83	2296.5930		

*, ** 分别表示 0.05、0.01 水平差异显著

表 2 糯玉米茎秆穿刺强度的一般配合力(GCA)效应分析

自交系	母本							父本			
	N7-1	N9-1	N11-2	N14-1	N17	N27-1	N51	N1	N8	N47	N75
GCA 效应值	-16.60	8.24	0.29	-0.23	-10.36	9.44	9.22	0.44	1.56	-4.67	2.67

配的杂交组合 F_1 的茎秆穿刺强度可能会变强,从而提高植株抗倒伏能力,可作为培育抗倒伏能力强的糯玉米品种的优良亲本。

2.3 特殊配合力效应分析 对 28 个杂交组合茎秆穿刺强度的特殊配合力(SCA, Special combining ability)效应值进行统计分析,结果表明(表 3),糯玉米茎秆穿刺强度的 SCA 效应值范围在 $-17.15 \sim 12.73$ 之间,这说明在配制杂交组合时,采用不同的亲本自交系,其在该性状中的基因非加性互作效应会表现出较大差异。配制的杂交组合中, $N17 \times N47$ 的 SCA 效应值最高, $N17 \times N8$ 的 SCA 效应值最低。

由糯玉米茎秆穿刺强度的 GCA 效应(表 2)和 SCA 效应(表 3)可以看出, SCA 效应值在不同的组合之间会有不同的表现。而且 11 个自交系的茎秆穿刺强度的 GCA 效应与其组配的 28 个杂交组合的 SCA 效应之间没有直接的相关性,同一个亲本与不

同的亲本所组配,它们的 SCA 效应有较大的差异。由此可知, GCA 效应值与 SCA 效应值之间未存在必然的联系。因此,在选育糯玉米茎秆穿刺强度表现型优良品系的时候,应同时关注 GCA 与 SCA 的效应值,两者相结合考虑亲本的组配。

2.4 遗传参数分析 对糯玉米茎秆穿刺强度的遗传参数进行分析,结果表明(表 4),茎秆穿刺强度的一般配合力方差(VGCA, Variance of general combining ability)贡献率为 54.37%,说明茎秆穿刺强度这个性状主要的遗传方式以基因间的加性效应为主。茎秆穿刺强度的广义遗传率(BH, Broad heredity)为 75.39%,说明该性状主要受到遗传控制,但环境因素对遗传有一定的影响。狭义遗传率(NH, Narrow heredity)仅为 40.99%,说明该性状的遗传信息不能稳定传递给下一代,所以该性状应在高代选择,才能取得较好效果。

表 3 糯玉米茎秆穿刺强度的特殊配合力(SCA)效应分析

自交系	N7-1	N9-1	N11-2	N14-1	N17	N27-1	N51
N1	2.39	8.58	8.80	-6.06	-0.46	-11.30	-1.95
N8	0.39	-2.37	11.15	-2.50	-17.15	0.78	9.69
N47	-1.20	2.82	-10.17	-1.48	12.73	5.02	-7.72
N75	-1.58	-9.04	-9.78	-10.04	4.87	5.50	-0.02

表 4 糯玉米茎秆穿刺强度的基因型方差、配合力方差贡献率和遗传率

性状	基因型方差			环境方差	配合力方差贡献率(%)		遗传率(%)	
	父本 δ	母本 η	$\delta \times \eta$		VGCA	VSCA	BH	NH
茎秆穿刺强度	0.0000	12.1580	10.2020	7.2997	54.37	45.63	75.39	40.99

VSCA :特殊配合力方差

3 讨论与小结

在糯玉米的育种工作中,配合力的分析常常作为测定品种和自交系遗传力的一种方式,为育种工作者们所使用,为亲本的选配提供重要的思路和方向,这对选育对应的组合具有重要意义。已有研究表明,在选育玉米自交系时,为防止控制茎秆耐穿刺表现型的主基因在世代中遗传流失过早,故选择优良表现型时在早期世代中不便进行过重的选择,在后期世代中选择更好^[12]。

相同表现型的不同亲本自交系产生的杂交组合的一般配合力和特殊配合力与后代的茎秆表现型密切相关。因此,在材料的选育过程中,以茎秆穿刺强度性状为导向,我们既要关注亲本的遗传特点,也

要充分利用基因的加性效应,同时关注亲本杂交组合之间的非加性基因效应,从而选育出抗倒伏能力强的组合。本试验中,亲本基因间加性效应对 F_1 的表现型有着重要的贡献效果,加性作用效应则占遗传主导地位,在后代能稳定遗传。王军等^[12]利用抗倒伏能力差异较大的 2 个自交系进行遗传模型分析得出,茎秆穿刺强度遗传以主基因遗传为主,环境因素影响较小;丰光等^[13]研究发现,玉米茎秆穿刺强度以多基因遗传为主,应在高世代进行选择,但选育过程中也应注意优良抗倒伏植株的选择; Radu 等^[14]采用双列杂交的方式研究发现,玉米茎秆抗倒性总表型变异的 79% 是由遗传变异引起。而李

(下转第 119 页)

无病虫害的健康薯块。排种前用杀菌剂浸泡种薯,高剪苗,控制黑斑病等危害。出苗前苗床温度宜控制在30~35℃之间,出苗后苗床温度以20~25℃为佳,齐苗后在自然温度下炼苗,合理施肥,培育早、壮、足苗。

宜作春、夏薯种植,大田春薯种植密度3300~3600株/667m²为宜,夏薯种植密度3500~4000株/667m²为宜。选择排灌方便、耕作层厚的沙壤土,适时早栽。施氮磷钾三元复合肥(45%)50kg/667m²。垄宽90~100cm,垄高约30cm,高大垄形利于排涝降渍,确保丰产丰收。栽插后应仔细做好田间管理,及时中耕培土,做好防旱排涝及病虫害防治。适宜在长江流域薯区种植,不宜在茎线虫病、黑斑病、薯瘟病和根腐病等病区重病地块种植。

参考文献

- [1] 王欣,李强,曹清河,马代夫. 中国甘薯产业和种业发展现状与未来展望. 中国农业科学,2021,54(3): 483-492
- [2] 马代夫,李强,曹清河,钮福祥,谢逸萍,唐君,李洪民. 中国甘薯产业及产业技术的发展与展望. 江苏农业学报,2012,28(5): 969-973

- [3] 孙凯,张海,刘峰,王凤. 甘薯新品种吉徐薯3号的选育与栽培技术种子,2020,39(12): 132-133
- [4] 侯夫云,陈桂玲,董顺旭,解备涛,秦楨,李爱贤,张立明,王庆美. 不同品种甘薯淀粉组分、物化及粉条品质的比较研究. 核农学报,2021,36(2): 392-401
- [5] 陈景益,房伯平,张雄坚,黄立飞,王章英,罗忠霞. 茎尖菜用甘薯新品种“广菜薯5号”. 园艺学报,2021,48(S2): 2861-2862
- [6] 梦羽莎,赖齐贤. 观赏甘薯的应用及展望. 浙江农业科学,2019,60(12): 2181-2184,2244
- [7] 罗丹. 西蒙1号甘薯茎叶多酚降血糖作用及机制的研究. 北京:中国农业科学院,2020
- [8] 汤月敏,代养勇,高歌,董海洲,刘传富,丁骁. 我国甘薯产业现状及发展趋势. 中国食物与营养,2010(8): 23-26
- [9] 张梦潇,周文化,周虹,张亚,罗鼻劫,李良怡. 不同品种紫薯营养主要成分及聚类分析. 中国粮油学报,2020,34(1): 19-25
- [10] 邱永祥,邱思鑫,林赵森,李国良,纪荣昌. 高花青素紫薯福薯317的选育与栽培技术. 浙江农业科学,2022,63(8): 2549-2551
- [11] 贾赵东,马佩勇,边小峰,禹阳,张铅,刘帅,谢一芝. 高产优质紫心甘薯新品种“宁紫薯6号”的选育及育种策略探讨. 中国农学通报,2022,38(18): 44-51
- [12] 王学奎. 植物生理生化试验原理和技术. 北京:高等教育出版社,2006

(收稿日期:2023-07-06)

(上接第116页)

得孝等^[15]、姚启伦^[16]发现基因的非累加效应要比累加效应大,对杂种F₁的性状起较大作用是亲本基因间非加性效应,与本试验结果存在一定差异,可能与材料遗传背景及外界环境不同有关。本研究遗传参数分析表明,茎秆穿刺强度的广义遗传率大于75%,说明茎秆穿刺强度的遗传变异主要受基因调控,环境影响较小;且狭义遗传率低于50%,说明在选育过程中,该性状加性效应较低,应在高世代进行选择。

参考文献

- [1] 彭泽斌,田志国. 我国糯玉米产业现状与发展战略. 玉米科学,2004,12(30): 116-118
- [2] 巩东营,高荣岐,刘强. 特用玉米产业化现状及其发展对策. 玉米科学,2005(4): 132-134
- [3] Koinyma K. Heterotic effect for root lodging resistance in F₁ hybrids among dent and flint inbred lines of maize. Maydica, 1998,43: 13-17
- [4] 丰光,刘志芳,李妍妍,邢锦丰,黄长玲. 玉米茎秆耐穿刺强度的倒伏遗传研究. 作物学报,2009,35(11): 2133-2138

- [5] 刘小刚,马飞前,王红武,刘志芳,吴宇锦,胡小娇,黄长玲. 玉米茎秆穿刺强度遗传研究. 作物杂志,2014(4): 27-31
- [6] 勾玲,黄建军,孙锐,丁在松,董志强,赵明. 玉米不同耐密植品种茎秆穿刺强度的变化特征. 农业工程学报,2010,26(11): 156-162
- [7] 秦贵文. 玉米黄改骨干自交系列利用潜力评价. 郑州:河南农业大学,2010
- [8] 刘来福,毛盛贤,黄远樟. 作物数量遗传. 北京:农业出版社,1981
- [9] 郭仲平. 数量遗传分析. 北京:首都师范大学出版社,1993
- [10] 刘纪麟. 玉米育种学(第2版). 北京:中国农业出版社,2002
- [11] 翟虎渠. 应用数量遗传(第2版). 北京:中国农业出版社,2001
- [12] 王军,李洪涛,许瀚元. 糯玉米茎秆穿刺强度的遗传模型分析. 江苏农业学报,2016,32(4): 757
- [13] 丰光,黄长玲,邢锦丰. 玉米抗倒伏的研究进展. 作物杂志,2008(4): 12-14
- [14] Radu A, Paraschivu U. Use of genetic estimates in breeding maize for resistance to stem breakage. Luerari Stiintifice, 1994(7): 70-80
- [15] 李得孝,员海燕,武玉华,周联东. 玉米抗倒伏性状的遗传分析. 西北农业学报,2004,13(2): 43-46
- [16] 姚启伦. 玉米抗茎倒折性状遗传的研究. 西南农业大学学报:自然科学版,2003,25(2): 123-126,137

(收稿日期:2023-07-11)