

文章编号 :1003-8701(2014)01-0030-03

# 甜玉米含糖量性状的遗传研究

李红霞,赵仁贵\*,戴冬青,孟强,李娟

(吉林农业大学农学院,长春 130118)

**摘要:** 选用农艺性状遗传差异较大的 13 份甜玉米自交系做杂交亲本材料,按照增广 NC 不完全双列杂交方法组配 42 个杂交组合,对甜玉米的含糖量与主要农艺性状进行了相关和通径分析,结果表明:含糖量与穗粗、单穗重、秃尖长等呈正相关,相关系数分别为 0.298 4、0.222 3、0.215 9。在诸多性状中,对含糖量直接作用最大的性状是穗行数,效应值为 0.578 9,其次是株高,效应值为 0.240 8;单穗重通过行粒数对含糖量间接作用最大,效应值为 0.147 6,其次是穗位高通过株高对含糖量的间接作用,效应值为 0.142 4。

**关键词:** 甜玉米;含糖量;农艺性状;相关分析;通径分析

中图分类号: S513

文献标识码: A

## Studies on Genetic of Sugar Content of Sweet Corn

LI Hong-xia, ZHAO Ren-gui\*, DAI Dong-qing, MENG Qiang, LI Juan

(College of Agronomy, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

**Abstract:** Thirteen inbred lines of sweet corn with great genetic diversity were used as parents, 42 crossing combinations were made according to incomplete dialed cross. Correlation and path analysis of sugar content and main agronomic characteristics of sweet corn were studied. The results indicated that the sugar content were positively correlated with ear diameter, the average weight of ear, bald length, the correlation coefficient were 0.2984, 0.2223, and 0.2159. Among those characters, the greatest contribution to sugar content was the number of row per ear, the efficient was 0.5789. The second was plant height, the efficient was 0.2408. The greatest indirect effect to sugar content was single ear weight by influencing grain number per row, the efficient was 0.1476. The second was ear height by influencing plant height, the efficient was 0.1424.

**Keywords:** Sweet corn; Sugar content; Agronomic characters; Correlation analysis; Path analysis

甜质型玉米又称甜玉米 (*Zea mays* L.*saccharata* Sturt),是玉米属中 *Zea mays* L.的一个亚种,起源于美洲大陆<sup>[1]</sup>。甜玉米在世界上种植和食用已有悠久的历史,但作为一种经济作物被广泛栽培仅有百余年<sup>[2]</sup>。甜玉米是由隐性突变基因控制的,根据突变基因的不同以及鲜嫩子粒中水溶性多糖的含量可将其分为 3 类:普甜型甜玉米、超甜型甜玉米和加强型甜玉米<sup>[3]</sup>。甜玉米作为一种新兴的经济作物,在农业生产中正发挥着越来越重要的作用。查阅近些

年的文献,关于甜玉米栽培、加工利用方面的报道较多,而有关甜玉米重要性状的遗传、发育机理的研究报道较少,特别是关于甜玉米子实含糖量的遗传研究的报道更少<sup>[4-6]</sup>。为此,本试验选用种质来源和农艺性状差异较大的 13 份甜玉米自交系做杂交亲本材料,按照增广 NC 不完全双列杂交方法组配杂交组合,采用随机区组试验设计种植,分析甜玉米各主要农艺性状对含糖量的影响,探讨甜玉米子实含糖量的遗传规律<sup>[7-11]</sup>,为甜玉米的深入研究和利用提供理论依据。

## 1 材料与与方法

2010 年,在吉林农业大学试验田选用 13 份农艺性状遗传性状差异较大的甜玉米自交系,按照增广 NC 不完全双列杂交设计方法配制出 42

收稿日期:2013-07-27

基金项目:吉林省长春市科技计划项目(2011215);吉林省财政厅项目(2012002)

作者简介:李红霞(1987-),女,在读硕士,主要从事特用玉米主要性状遗传研究。

通讯作者:赵仁贵,男,博士,教授,E-mail: zhaorengui@sina.com

份杂交组合,用于含糖量性状及与其他性状关系的遗传研究。2011年,将上一年配制的42份材料按随机区组试验设计,3次重复播于本校试验田,小区为3行区,行长5m,行距65cm,株距30cm,田间管理与大田相同。

生育期间详细记载各组合的吐丝期状况,并根据该性状确定甜玉米鲜果穗的适宜采收期,本试验以吐丝期后22d为最佳采收期。当试验材料生长到最佳采收期时,收获中间行10株的全部有效果穗,去除苞叶后测定鲜果穗产量,同时选取5个有代表性的果穗进行室内考种,测量穗重、穗长、穗粗、秃尖长、穗行数、行粒数、轴重、轴粗、百粒重等性状。各份试验材料的可溶性糖含量测定,均以人工套袋授粉22d的果穗子粒为试样,按照新鲜水果、蔬菜可溶性糖的测定方法(GB6194-86)测定。试验数据分析采用唐启义的DPS软件进行处理<sup>[12]</sup>。

## 2 结果与分析

表1 甜玉米杂交种主要性状的变异度分析

性状	含糖量 (%)	株高 (cm)	穗位 (cm)	茎粗 (cm)	穗长 (cm)	秃尖长 (cm)	穗粗 (cm)	穗行数	行粒数	轴粗 (cm)	单穗重 (g)	百粒重 (g)
平均值	16.47	210.85	68.49	2.29	20.47	0.84	4.80	16.48	40.26	3.16	254.99	29.50
标准差	2.27	20.91	12.72	0.21	1.84	0.74	0.54	1.77	3.31	0.22	54.73	3.91
变异系数(%)	13.76	9.92	18.57	9.33	8.99	87.55	11.25	10.74	8.22	7.05	21.46	13.28

### 2.2 甜玉米 F<sub>1</sub> 代主要性状差异显著性分析

对甜玉米各组合的主要农艺性状和品质性状进行方差分析,结果列于表2。由表2可知,组合间各主要性状的F值检测都达到了极显著水平。其中F

### 2.1 甜玉米主要性状的变异系数分析

在甜玉米主要性状的变异性分析中,用标准差来衡量数量性状每个观察值的变异程度,用变异系数来衡量每个性状的相对变异程度,并将试验的分析结果列于表1。由表1可知,在分析的12个农艺性状中,标准差的大小依次是:单穗重>株高>穗位>百粒重>行粒数>含糖量>穗长>穗行数>秃尖长>穗粗>轴粗>茎粗。单穗重的标准差(54.73g)最大,表明单穗重在杂交组合中的变异幅度最大,选择的潜力也最大;茎粗的标准差(0.21cm)最小,表明茎粗在组合中的选择潜力不大。从各性状的变异系数分析,变异系数的大小依次是:秃尖长>单穗重>穗位>含糖量>百粒重>穗粗>穗行数>株高>茎粗>穗长>行粒数>轴粗。秃尖长的变异系数(87.55%)最大,表明秃尖长在杂交组合中的相对变异程度大,遗传改良潜力也较大;轴粗的变异系数(7.05%)最小,表明对轴粗进行遗传改良的难度较大。

值最大的性状为可溶性糖含量(35.01\*\*),其次为株高(28.70\*\*),F值最小的性状为百粒重(3.01\*\*)。表明不同杂交组合在各性状方面的表现存在着极显著的差异,因此,需要进一步分析各性状的差异来源。

表2 各组合的主要性状方差分析(F值)

项目	含糖量	株高	穗位高	茎粗	穗长	秃尖长	穗粗	穗行数	行粒数	轴粗	单穗重	百粒重
区组间	1.88	1.86	0.30	9.85**	0.20	0.85	0.18	0.38	0.23	0.23	0.60	1.39
组合间	35.01**	28.70**	4.31**	22.62**	11.58**	6.28**	3.35**	11.16**	10.00**	2.96**	6.51**	3.01**

注:“\*”表示在5%概率水平上差异显著,“\*\*”表示在1%概率水平上差异显著。

### 2.3 甜玉米含糖量与其他性状间的相关分析

将甜玉米含糖量与各主要农艺性状间的相关系数列于表3。由表3可知,含糖量性状与株高、穗位、穗长、秃尖长、穗粗、穗行数、轴粗、单穗重、百粒重呈正相关,而与茎粗、行粒数呈负相关。相关系数的大小顺序依次为:穗粗>单穗重>秃尖长>轴粗>百粒重>穗行数>株高>穗长>穗位>行粒数>茎粗。虽然穗粗、单穗重与含糖量的相关系数未达到显著水平,但相关值较大,在选育高含糖量甜玉米品种时,应当注重这两个性状的选择;茎

粗、行粒数与含糖量呈不显著负相关,且相关值较小,因此对茎粗和行粒数性状的选择可适当放宽。

通过对甜玉米各主要性状进行相关分析,在一定程度上了解了含糖量与其他性状间的相互关系,但是各性状对甜玉米含糖量的作用效应大小尚不清楚,还需要进一步做通径分析,以明确各性状对含糖量的作用效果。

### 2.4 甜玉米含糖量与主要农艺性状的通径分析

为了进一步明确甜玉米各主要农艺性状对含糖量作用的直接效应与间接效应,对甜玉米的含

糖量与其他农艺性状进行了通径分析,结果列于表4。由表4可知,在诸多性状中,对含糖量的直接作用效应由大到小的顺序为穗行数>株高>秃尖长>单穗重>百粒重>行粒数>穗位>穗粗>轴粗>茎粗>穗长。进一步将甜玉米含糖量与各农艺性状的通径系数和相关系数大小的排列顺序比较,发现二者之间存在着一些差异,这是由于在

通径分析中,不仅存在各性状对含糖量的直接效应,而且还存在着各性状彼此间对含糖量的间接效应,直接效应是通过间接效应的作用实现的。因此,只有综合分析试验结果,才能够了解和掌握各农艺性状对甜玉米含糖量的影响,探讨和揭示甜玉米子实含糖量的遗传规律,为培育出高产、优质甜玉米新品种提供理论依据。

表3 甜玉米各杂交组合主要性状的相关分析

性状	含糖量	株高	穗位	茎粗	穗长	秃尖长	穗粗	穗行数	行粒数	轴粗	单穗重
株高	0.037 8										
穗位	0.019 0	0.591 5**									
茎粗	-0.141 7	0.203 1	0.020 7								
穗长	0.030 9	0.421 6**	0.142 3	0.136 9							
秃尖长	0.215 9	0.277 8	0.128 0	0.223 7	0.535 3**						
穗粗	0.298 4	0.047 7	-0.112 8	0.041 8	0.391 9*	0.243 5					
穗行数	0.072 6	-0.359 2*	-0.193 9	-0.028 9	-0.034 0	0.220 9	0.449 2**				
行粒数	-0.114 0	0.389 4*	0.082 8	0.144 0	0.728 9**	0.142 4	0.275 3	-0.231 1			
轴粗	0.152 7	0.070 1	-0.037 7	-0.098 6	0.406 0**	0.162 5	0.622 1**	0.334 5*	0.306 5*		
单穗重	0.222 3	0.289 8	0.034 8	0.074 6	0.780 5**	0.360 3*	0.790 3**	0.254 9	0.610 4**	0.643 7**	
百粒重	0.113 5	0.296 7	0.028 8	-0.038 5	0.455 3**	0.130 7	0.516 9**	-0.169 5	0.254 1	0.260 6	0.611 4**

表4 甜玉米含糖量与主要农艺性状的通径分析

作用因子	直接作用	株高 X1	穗位 X2	茎粗 X3	穗长 X4	秃尖长 X5	穗粗 X6	穗行数 X7	行粒数 X8	轴粗 X9	单穗重 X10	百粒重 X11
X1	0.240 8		-0.014 3	-0.044 9	-0.153 2	0.050 8	-0.003 0	-0.207 9	0.017 3	-0.011 5	0.052 8	0.048 9
X2	-0.024 2	0.142 4		-0.004 6	-0.051 7	0.023 4	0.007 0	-0.112 2	0.003 7	0.006 2	0.006 3	0.004 8
X3	-0.221 1	0.048 9	-0.000 5		-0.049 8	0.041 0	-0.002 6	-0.016 7	0.006 4	0.016 2	0.013 6	-0.006 4
X4	-0.363 4	0.101 5	-0.003 4	-0.030 3		0.098 0	-0.024 3	-0.019 7	0.032 4	-0.066 7	0.142 2	0.075 0
X5	0.183 0	0.066 9	-0.003 1	-0.049 5	-0.194 5		-0.015 1	0.129 7	0.006 3	-0.026 7	0.065 6	0.021 5
X6	-0.062 0	0.011 5	0.002 7	-0.009 2	-0.142 4	0.044 6		0.260 0	0.012 2	-0.102 3	0.144 0	0.085 2
X7	0.578 9	-0.086 5	0.004 7	0.006 4	0.012 3	0.040 4	-0.027 9		-0.010 3	-0.055 0	0.046 5	-0.027 9
X8	0.044 4	0.093 7	-0.002 0	-0.031 8	-0.264 9	0.026 1	-0.017 1	-0.133 7		-0.050 4	0.111 2	0.041 9
X9	-0.164 4	0.016 9	0.000 9	0.021 8	-0.147 5	0.029 7	-0.038 6	0.193 6	0.013 6		0.117 3	0.043 0
X10	0.182 2	0.069 8	-0.000 8	-0.016 5	-0.283 6	0.065 9	-0.049 0	0.147 6	0.027 1	-0.105 8		0.100 1
X11	0.164 8	0.071 4	-0.000 7	0.008 5	-0.165 5	0.023 9	-0.032 1	-0.098 1	0.011 3	-0.042 8	0.111 4	

### 3 结 论

3.1 在甜玉米主要农艺性状变异性分析中,标准差的大小依次为:单穗重>株高>穗位>百粒重>行粒数>含糖量>穗长>穗行数>秃尖长>穗粗>轴粗>茎粗;变异系数大小依次为秃尖长>单穗重>穗位>含糖量>百粒重>穗粗>穗行数>株高>茎粗>穗长>行粒数>轴粗。

3.2 在甜玉米含糖量与主要农艺性状的相关分析中表明,含糖量与穗粗、单穗重、秃尖长、轴粗、百粒重、穗行数、株高、穗长、穗位等性状呈正相

关,而与茎粗、行粒数呈负相关。对这些性状进行有针对性地选择,可以显著提高甜玉米子实的含糖量。

3.3 通径分析结果表明,在诸多性状中对含糖量的直接作用由大到小顺序为:穗行数>株高>秃尖长>单穗重>百粒重>行粒数>穗位>穗粗>轴粗>茎粗>穗长。各性状对含糖量既有直接效应,又彼此间对含糖量有着间接效应,直接效应是通过间接效应的作用实现的。

参考文献:

(下转第 36 页)

Ca<sup>2+</sup> 浓度为 2 mmol/L 研究小麦种子中淀粉酶同工酶对金属离子的敏感性。如图 6 所示,通过与对照相比,试验结果表明小麦种子中的淀粉酶同工酶对重金属离子 Hg<sup>2+</sup> 具有较大的敏感性,Hg<sup>2+</sup> 对淀粉酶同工酶的活性抑制作用几乎将近 100%,较高的 Ca<sup>2+</sup> 浓度对淀粉酶同工酶的活性也有不利的影响,抑制作用也比较明显,其他的重金属离子也不同程度的对淀粉酶同工酶具有抑制作用。

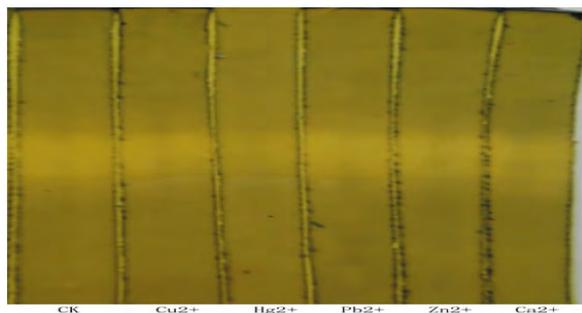


图 6 小麦种子中淀粉酶同工酶对金属离子的敏感性

### 3 结 论

小麦作为一种重要的粮食作物,属淀粉型种子,种子中的贮存物质主要是淀粉,种子萌发过程中需要大量淀粉酶参与。本文主要对萌发过程中的胚芽、胚乳、胚根中淀粉酶同工酶进行了图谱分析研究,并对淀粉酶同工酶条带数较多的萌发了 4 d 的胚乳中的淀粉酶同工酶进行了生化特性研

究。研究结果表明,在胚乳中的淀粉酶同工酶活性最高,数量也最多。萌发的小麦种子中淀粉酶同工酶最适 pH 为 5.2 左右,最适温度为 40℃左右,pH 在 5.0~9.0 范围内均具有较好的稳定性,0~50℃大部分淀粉酶同工酶基本上保持稳定;重金属离子 Hg<sup>2+</sup> 对淀粉酶同工酶的抑制作用最为强烈,其他重金属离子在同等浓度下也不同程度的对淀粉酶起了抑制作用。

参考文献:

- [1] Beligni MV, Lamattina L. Nitric oxide stimulates seed germination and de-etiolation, and inhibits hypocotyls elongation, three light-inducible responses in plants[J]. *Planta*, 2000(210): 215-221.
- [2] Bethke PC, Badger MR, Jonew RL. Apoplastic synthesis of nitric oxide by plant tissues[J]. *Plant Cell*, 2004(16): 332-341.
- [3] 张华,孙永刚,张帆,等.外源一氧化氮供体对渗透胁迫下小麦种子萌发和水解酶活性的影响[J]. *植物生理与分子生物学学报*, 2005, 31(3): 241-246.
- [4] Simontacchi M, Jasid S, Puntarulo S. Nitric oxide generation during early germination of sorghum seeds [J]. *Plant Sci*, 2004, 167(4): 839-847.
- [5] 许开杰,史丽丽,刘曙东,等.农杆菌共培养条件对小麦种子萌发和幼苗生理生化特性的影响[J]. *西北植物学报*, 2011, 31(4): 697-706.
- [6] 金江玉,宋子明,史海莹,等. SDS-PAGE 凝胶电泳在鉴别水解蛋白掺假液态乳中的应用[J]. *中国乳品工业*, 2012, 40(7): 25-27.
- [7] 袁晓华,杨中汉,主编.植物生理生化实验[M].北京:高等教育出版社,1983: 233-246.
- [8] 胡晓倩,牛耀虎.赤霉素和钙离子浸种对小麦种子萌发及淀粉酶活力的影响[J]. *黄山学院学报*, 2009(5): 38-41.

(上接第 32 页)

- [1] Jane E F. Analysis of endosperm sugary in a sweet corn inbred (Illinois 667a) which contains the sugary enhancer (se) gene and comparison of se with other corn genotypes [J]. *Plant Physiology*, 1979(63): 416-420.
- [2] 韩俊.国内外甜玉米生产的现状与发展趋势[J]. *海南大学学报*, 1989, 7(3): 1-6.
- [3] 刘纪麟.玉米育种学[M].北京:农业出版社,1991.
- [4] 周淑梅,李小琴.甜玉米果皮厚度研究的综述[J]. *作物杂志*, 2003(5): 44-45.
- [5] 王振华.甜玉米品质性状与部分农艺性状的相关分析[J]. *玉米科学*, 1998, 6(2): 22-25.
- [6] 罗高玲,吴子恺.多隐纯合体甜玉米主要品质性状分析[J]. *种子*, 2005, 24(2): 7-12.

- [7] 谢大森,何晓明.超甜玉米农艺性状的遗传分析[J]. *西南农业学报*, 2003, 16(2): 117-119.
- [8] 王玉兰,乔春贵,王庆钰.甜玉米主要农艺性状的遗传参数研究[J]. *作物杂志*, 1994(1): 9-11.
- [9] 王玉兰,乔春贵,李楠,等.甜玉米籽实含糖量遗传研究初探[J]. *吉林农业科学*, 1993(4): 77-78.
- [10] 赵仁贵,牟琪,张健.加强型甜玉米含糖量性状的遗传研究[J]. *吉林农业大学学报*, 2000, 22(4): 32-35.
- [11] 杜茂林,苟才明,杨荣志,等.高原玉米杂交种主要农艺性状的相关与通径分析[J]. *西北农林科技大学学报*, 2004(增刊): 15-18.
- [12] 唐启义,冯明光.实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M].北京:科学出版社,2002.