

shsu 双隐性甜玉米 F₂ 籽粒营养品质杂种优势分析

程昕昕, 刘 正

(安徽科技学院, 安徽 凤阳 233100)

摘要: 杂种优势是一种普遍的遗传学现象。甜玉米杂种优势在各性状上有不同程度的表现, 该研究采用不完全双列杂交方法按照 $P(P-1)/2$ 对 5 个 shsu 双隐性甜玉米自交系组配的 10 个杂交组合 F₂ 籽粒的 4 个品质性状的遗传特点、杂种优势进行分析。结果表明: F₂ 籽粒的 4 个品质性状很难同时达到理想效果, 可溶性总糖、蔗糖、淀粉、可溶性蛋白含量受双亲含量的影响较大, 基本是近低亲本遗传。为能得到较高的 F₂ 籽粒可溶性总糖含量, 可尽量选择具有高可溶性总糖含量的亲本; F₂ 籽粒蔗糖、淀粉含量却受父本的影响较大。

关键词: 双隐性甜玉米; 籽粒营养; 杂种优势

中图分类号: S330 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2012)03-0382-04

Heterosis analysis of F₂ kernels nutrition in shsu double recessive sweet corn

CHENG Xin-Xin, LIU Zheng

(Anhui Science and Technology University, Fengyang 233100, China)

Abstract: Heterosis is an universal phenomenon of genetics. The heterosis of sweet corn in different characters were different, and the genetic characteristics and heterosis of F₂ kernels of 10 cross combinations with 5 shsu inbred lines were analysed according to the $P(P-1)/2$. The results showed that the 4 quality traits of F₂ kernels were difficult to achieve the desired effect at the same time. The total soluble sugar content, cane sugar content, starch content and soluble protein content in kernels were affected by parents which were basically influenced by a low parental content. In general, the parents with high content of total soluble sugar were used in order to get higher F₂ kernels and cane sugar content and starch content were influenced by mail-parents.

Key words: double recessive sweet corn; kernel nutrition; heterosis

甜玉米 (*Zea mays saccharata*) 为玉米属 (*Zea mays*), 即甜质型玉米亚种, 原产于美洲, 它是自然界基因突变产生的, 甜玉米的种质资源在碳水化合物合成的隐性突变基因中占有较大的比重。突变基因属于胚乳突变的类型 (Huelsen, 1954; Azanza, 1996a, b)。Boyer (1982) 列举的 su_1 , su_2 , sh_1 , sh_2 , sh_4 , du , ae , bt_1 , bt_2 , se 和 wx 等 11 个突变隐性基因; 其中可作超甜玉米育种材料的 sh_1 , sh_2 , sh_4 , bt_1

和 bt_2 , 它们的生化效应都能阻止蔗糖向淀粉合成, 5 个基因突变体的胚乳含糖量都较高; 另一类也可作甜玉米的育种材料, ae , su_2 , du 和 wx , 它们的生化效应都与淀粉合成有关联。

杂种优势是农业生产中非常重要的遗传现象之一。玉米杂种优势自 1908 年 Shull 给出后, 国内外学者对甜玉米杂种优势的研究主要集中在形态水平上, 幼苗活力、株高、穗位高、穗长、穗粗、叶面积、生

* 收稿日期: 2011-10-29 修回日期: 2012-01-06

基金项目: 国家青年科学基金 (31101598); 安徽省自然科学基金 (KJ2010B297); 安徽省优秀青年科技基金 (10040606Y02); 安徽科技学院玉米创新团队项目 (2011AKKC2011-1) [Supported by National Science Foundation for Young Scholars of China (31101598); Natural Science Foundation of Anhui Province (KJ2010B297); Science Foundation for Distinguished Young Scholars of Anhui Province (10040606Y02); Corn Innovation Team of Anhui Science and Technology College (2011AKKC2011-1)]

作者简介: 程昕昕 (1978-), 女, 山西浮山人, 硕士, 讲师, 主要从事玉米种子科学与技术, (E-mail) chengxin0901@163.com。

长干物质累积、开花和产量等性状,以及乳熟期营养成分的变化规律(孙月婷等,2009;王萱等,2010;陈晓熠等,2000,2002;吴谋成等,1999;Doehlert 等,1993;Bar 等,1993;Borowski 等,1995),对甜玉米品质性状的杂种优势研究甚少。甜玉米作为鲜食玉米,其食用部分是 F₁ 植株上收获的 F₂ 籽粒,其营养品质是甜玉米品质育种最重要的育种目标之一。高产是各种类型玉米育种的首要目标,以鲜食和食品加工为主的甜玉米的品质性状显得更为重要,而国内外关于甜玉米各种性状杂种优势和遗传特点报道较少。因此,本试验从分析 shsu 双隐性甜玉米亲本营养品质特点入手,试图了解不同特点的亲本组配对 F₂ 籽粒营养品质影响;进一步分析 shsu 双隐性甜玉米主要品质性状的杂种优势,为改良 shsu 双隐性甜玉米相应的营养成分提供了依据。

1 材料与方法

1.1 材料及田间种植

本实验选用玉米育种安徽省工程技术研究中心选育的 5 个 shsu 双隐性甜玉米自交系,按照不完全双列杂交设计得到 10 个组合的杂交 F₁ 种子;收获

F₁ 种子(F₂ 籽粒)及其亲本种子。

1.2 试验方法

在自交系、F₁ 植株果穗抽丝前进行套袋,抽雄扬花后人工授粉,在授粉后 20~24 d 收获自交系和 F₂ 籽粒,每次随机选取 5 株玉米,收获植株一个果穗,共 5 个果穗,取其中部籽粒混匀,干燥后进行可溶性总糖、蔗糖、淀粉、可溶性蛋白含量测定。可溶性糖、蔗糖、淀粉含量采用 3,5-二硝基水杨酸法进行测定(蒋德安,1999);可溶性蛋白含量采用考马斯亮蓝 G-250 染色法测定(李合生,2000)。试验重复 3 次。

1.3 数据分析

采用 SAS 软件对 F₂、父母本之间的籽粒各品质性状进行显著性分析。杂种优势的计算:中亲优势 = $F_2 - MP/MP \times 100$,其中 MP 为双亲均值, $MP = P_1 + P_2/2$ 。

2 结果与分析

2.1 亲本对 F₂ 籽粒含糖量的影响

甜玉米籽粒中碳水化合物的组成和含量是决定品质的重要因素。其中糖分含量是评价甜玉米品质

表 1 亲本对 F₂ 籽粒可溶性总糖、蔗糖含量的影响

Table 1 The influence of parent on total soluble sugar content and cane sugar content of F₂ kernels

组合 Combination	可溶性总糖含量 Total soluble sugar content (%)					蔗糖含量 Cane sugar content (%)				
	♀	♂	F ₂	MP	F ₂ -MP	♀	♂	F ₂	MP	F ₂ -MP
T2×T1	17.94A	14.21A	11.59B	16.08	-4.49	8.68A	7.55A	7.26A	8.12	-0.86
T3×T1	12.83A	14.21A	15.12A	13.52	1.60	6.39A	7.55A	8.05A	6.97	1.08
T4×T1	5.38C	14.21A	12.78A	9.80	2.99	1.97C	7.55A	6.59A	4.76	1.83
T5×T1	14.34A	14.21A	13.47A	14.28	-0.81	3.41B	7.55A	7.20A	5.48	1.72
T2×T3	17.94A	12.83B	9.75B	15.39	-5.64	8.68A	6.39B	5.11B	7.54	-2.43
T2×T4	17.94A	5.38C	9.03B	11.66	-2.63	8.68A	1.97C	1.14C	5.33	-4.19
T2×T5	17.94A	14.34A	13.01A	16.14	-3.13	8.68A	3.41B	3.08B	6.05	-2.97
T3×T4	12.83A	5.38B	5.27B	9.11	-3.84	6.39A	1.97C	1.84C	4.18	-2.34
T3×T5	12.83A	14.34A	15.38A	13.59	1.80	6.39A	3.41B	4.09B	4.90	-0.81
T4×T5	14.34A	5.38C	4.73C	9.86	-5.13	1.97C	3.41B	2.61B	2.69	-0.08

注:同行母本、父本、F₂ 间比较,具相同字母者差异不显著($P \leq 0.01$,LSD)。下同。

Note: Same letters stand for insignificance among female, male and F₂($P \leq 0.01$,LSD). The same below.

的一个重要指标,蔗糖含量在甜玉米甜度上起主要作用。亲本、F₂ 籽粒可溶性总糖、蔗糖含量的差异显著性分析(表 1)表明,在所研究的 10 个组合中,其 F₂ 表现为 70% 的组合低于平均优势,5 个组合的亲本间籽粒可溶性总糖含量存在显著差异,其 F₂ 表现为有 4 个组合的 F₂ 籽粒可溶性总糖含量与可溶性总糖含量较低的亲本无显著差异,即近低亲本遗

传,1 个组合的 F₂ 籽粒可溶性总糖与其含量较高的亲本无显著差异,即近高亲本遗传。而其它 5 个组合的亲本间籽粒可溶性糖含量无显著差异,其 F₂ 表现为有 4 个组合的 F₂ 与亲本籽粒可溶性总糖含量无显著差异。可见,亲本间籽粒总糖含量是否存在显著差异时,80% 的组合 F₂ 可溶性总糖含量近低亲本遗传。因此为了能得到较高的 F₂ 籽粒可溶性总

糖含量,可尽量选择具有高可溶性总糖含量亲本。

蔗糖含量分析结果(表 1)表明,在 10 个组合中,8 个组合的亲本间籽粒蔗糖含量存在显著差异,其 F_2 表现为籽粒蔗糖含量近低亲本遗传,2 个组合的亲本间籽粒蔗糖含量无显著差异,其 F_2 表现为籽粒蔗糖含量近高亲本遗传,可见,亲本间籽粒蔗糖含量无显著差异时,其 F_2 籽粒蔗糖含量高的可能性比较大,并且受父本影响较大。

2.2 亲本对 F_2 籽粒淀粉含量的影响

对亲本、 F_2 杂种间籽粒淀粉含量的差异进行显

著性分析(表 2)结果表明,在所研究的 10 个组合中,有 9 个组合的亲本间籽粒淀粉含量存在显著差异,其 F_2 表现为 2 个组合的 F_2 籽粒淀粉含量显著高于亲本;有 1 个组合的亲本间籽粒淀粉含量无显著差异,其 F_2 表现为籽粒淀粉含量高于亲本。因此,要降低 F_2 籽粒淀粉含量,最好选择亲本间籽粒淀粉含量存在显著差异,淀粉含量低的材料作为父本。

2.3 亲本对 F_2 籽粒可溶性蛋白含量的影响

对亲本、 F_2 杂种间籽粒可溶性蛋白含量的差异进行显著性分析(表 2),结果表明,在 10 个组合中,

表 2 亲本对 F_2 籽粒淀粉、可溶性蛋白含量的影响

Table 2 The influence of parent on starch content and soluble protein content of F_2 kernels

组合 Combination	淀粉含量 Starch content (%)					可溶性蛋白含量 Soluble protein content (%)				
	♀	♂	F_2	MP	F_2 MP	♀	♂	F_2	MP	F_2 MP
T2×T1	30.15B	38.75A	36.64A	34.45	2.19	6.71B	7.09A	6.72B	6.90	-0.18
T3×T1	26.93C	38.75A	28.93B	32.84	-3.91	6.83B	7.09A	7.00A	6.96	0.04
T4×T1	27.2B	38.75A	34.39A	32.98	1.42	7.15A	7.09A	6.90A	7.12	-0.22
T5×T1	22.34C	38.75A	27.81B	30.55	-2.74	6.92A	7.09A	6.95A	7.01	-0.05
T2×T3	30.15A	26.93C	38.28A	28.54	9.74	6.71A	6.83A	6.82A	6.77	0.05
T2×T4	30.15A	27.2C	33.07A	28.68	4.39	6.71C	7.15A	6.90A	6.93	-0.03
T2×T5	30.15A	22.34C	31.41A	26.25	5.17	6.71C	6.92A	6.92A	6.82	0.11
T3×T4	26.93A	27.2A	31.66A	27.07	4.59	6.83B	7.15A	7.08A	6.99	0.09
T3×T5	26.93A	22.34B	23.67A	24.64	-0.97	6.83A	6.92A	6.96A	6.88	0.09
T4×T5	27.2A	22.34B	20.62C	24.77	-4.15	7.15A	6.92B	6.76C	7.04	-0.28

6 个组合的亲本间籽粒可溶性蛋白含量存在显著差异,其 F_2 表现为有 4 个组合的 F_2 籽粒可溶性蛋白含量近低亲本遗传,2 个组合的 F_2 籽粒可溶性蛋白含量近高亲本遗传。4 个组合的亲本间籽粒可溶性蛋白含量无显著差异,其 F_2 籽粒可溶性蛋白含量与亲本遗传无显著差异。可见,亲本间籽粒可溶性蛋白含量无显著差异时,100%的组合的 F_2 可溶性蛋白含量与亲本无显著差异;而亲本间存在显著差异时,66.7%的组合 F_2 可溶性蛋白含量近低亲本遗传,只有 33.3%的组合 F_2 可溶性蛋白含量近高亲本遗传。可见,试图通过杂交明显提高 F_2 籽粒可溶性蛋白含量难度较大。

3 结论与讨论

杂种优势是生物界广泛存在的遗传学现象,杂种优势的利用早就作为一种遗传改良手段被育种者所采用(Tsaftaris,1995)。甜玉米杂种优势在各性状上有不同程度的表现。甜玉米营养品质是甜玉米育种所追求的最重要目标之一,虽然对甜玉米杂种

优势的认识和利用已有相当长的时间,近来分子标记技术的发展无疑为在分子水平上研究杂种优势机理提供了重要手段,但有关 shsu 双隐性甜玉米的品质杂种优势和遗传特点报道较少。为了了解双隐性甜玉米主要营养品质性状的遗传特点,能更有目的的选择亲本,加快育种速度,本试验主要从 shsu 双隐性甜玉米亲本营养品质特点入手,进一步分析 shsu 双隐性甜玉米主要品质性状的杂种优势,为改良甜玉米相应的营养成分提供依据。本试验采用不完全双列杂交的方法,通过对 5 个 shsu 双隐性甜玉米自交系组配的 10 个杂交组合显著性分析,结果表明 shsu 双隐性甜玉米各营养品质性状的遗传特点有一定差异。 F_2 籽粒的 4 个品质性状很难同时达到理想效果,可溶性总糖、蔗糖、淀粉、可溶性蛋白含量受双亲含量的影响较大,基本是近低亲本遗传。当亲本籽粒可溶性总糖、蔗糖、淀粉、可溶性蛋白含量较高,且两者无显著差异时,其 F_2 籽粒可溶性总糖、蔗糖、淀粉、可溶性蛋白含量往往表现为较高含量,且与亲本无显著差异;当亲本籽粒可溶性总糖、蔗糖、淀粉、可溶性蛋白含量一高一低,且两者达到

显著差异时, F₂ 籽粒往往表现为较低含量。因此, 为了能得到较高的 F₂ 可溶性总糖、蔗糖、可溶性蛋白含量, 尽量选择具有高可溶性总糖、蔗糖、淀粉、可溶性蛋白含量亲本, 且亲本间无显著差异。

参考文献:

李合生. 2000. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社: 164-169, 184-185, 260-261
 蒋德安. 1999. 植物生理学实验指导[M]. 四川: 成都科技大学出版社: 63-65
 Azanza F, Klein BP, Kuvik JA. 1996. Sensory characterization of sweet corn lines differing in physical and chemical composition [J]. *J Food Sci*, **61**(1): 253-257
 Azanza F, Tadmor Y, Petc KB. 1996. Quantitative trait loci influencing chemical and sensory characteristics of eating quality in sweet corn [J]. *Genome*, **9**: 40-50
 Bar ZA, Schaffer A. 1993. Size and carbohydrate content of ears of baby corn in relation to endosperm type (Su, su, se, sh₂) [J]. *J Am Soc Hort Sci*, **118**(1): 141-144
 Borowski AM, Fritz VA, Waters L. 1995. Seed maturity and desiccation affect carbohydrate composition and leachate conductivity in shrunken-2 sweet corn [J]. *Hort Sci*, **30**(7): 1396-1399
 Boyer CD, Shannan JC. 1982. The Use of Endosperm Gene in Sweet Corn Improvement [M] // Janice J (ed). Plant breeding reviews I. AV1 Publ. Co. Westport. CT: 139-161
 Chen XY (陈骁熠), Li JS (李建生). 2002. Nutrition changes of sweet corn in ripe stage (甜玉米乳熟期营养成分变化规律的研究)

[J]. *Food Res Dev* (食品研究与开发), **21**(4): 28-33
 Chen XY (陈骁熠), Wu MC (吴谋成). 2000. Locating harvest time of sweet corn by means of fuzzy (用模糊数学的方法确定甜玉米采收期) [J]. *J Xiangfan Univ* (襄樊学院学报), **21**(5): 47-50
 Doehlert DC, Kuo TM, Juvik JA, et al. 1993. Characteristics of carbohydrate metabolism in sweet corn (sugary-1) endosperms [J]. *J Am Soc Hort Sci*, **118**(5): 661-666
 Huelsen WA. 1954. Sweet Corn [M]. New York: Inter Sci Publishers: 3-86
 Jinping H, Yongzhong X, Weiren W. 2003. Single locus heterotic effects and dominance by dominance interactions Can adequately explain the genetic basis of heterosis in an elite rice hybrid [J]. *PNAS*, **5**: 2574-2579
 Sun YT (孙月婷), Zhang BS (张宝石), Zhang Y (张宇), et al. 2009. Analysis of heterosis of kernel correlated character in maize (玉米籽粒相关性状的杂种优势分析) [J]. *Rain Fed Crops* (杂粮作物), **29**(2): 68-71
 Tsafaris SA. 1995. Molecular aspects of heterosis in crop plants [J]. *Physiol Plant*, **94**(2): 362-370
 Wang X (王萱), Wang HJ (王化俊), Liu PF (刘鹏飞), et al. 2010. Heterosis and inheritance analysis on *ae* gene of amylase in maize (玉米直链淀粉 *ae* 基因的遗传与杂种优势分析) [J]. *J Gansu Agric Univ* (甘肃农业大学学报), **6**(3): 69-73
 Wu MC (吴谋成), Chen XY (陈骁熠). 1999. Nutritional Characters of sweet corns in kernel milky maturity (玉米乳熟期的营养学特性) [J]. *J Chin Cereals Oils Assoc* (中国粮油学报), **14**(3): 1-4

(上接第 391 页 Continue from page 391)

[J]. *Euphytica*, **1**: 267-275
 Liang FS (梁凤山), Luo YW (罗耀武). 1999. Polyploid and its utilization in agriculture production (多倍体及其在农业生产中的应用) [J]. *Rain Fed Crops* (国外农学: 杂粮作物), **19**(2): 20-23
 Liu CJ (刘传军), Wang XJ (王晓军), Hao XY (郝秀英), et al. 2008. *In vitro* induction of tetraploid *Fritillaria pallidiflora* schrenk (离体培养条件下伊犁贝母四倍体诱导及筛选) [J]. *Lishizhen Med Mat Med Res* (时珍国医国药), **19**(12): 2849-2851
 Liu XM (刘学岷), Cao CX (曹彩霞), Wang YH (王玉海), et al. 2004. Studies on methods to induce diploid into tetraploid of Chinese cabbage (大白菜四倍体诱导方法的研究) [J]. *J Hebei Agric Sci* (河北农业科学), **8**(3): 14-16.
 Ma AH (马爱红), Fan PG (范培格), Sun JS (孙建设), et al. 2005. Study on induction of tetraploid grapes (四倍体葡萄诱导技术的研究) [J]. *Sci Agric Sin* (中国农业科学), **38**(8): 1645-1651
 Morejohn LC, Burearu TE, Tocchi L P, et al. 1987. Resistance of *Rosa microtubule* polymerization to colchicine results from a low-affinity interaction of colchicines and tubulin [J]. *Planta*, **170**: 230-241
 Stanys V, Weckman A, Staniene G, et al. 2006. *In vitro* induction of polyploidy in Japanese quince (*Chaenomeles japonica*) [J].

Plant Cell Tiss Org Cult, **84**: 263-268
 Tao DH (陶抵辉), Liu MY (刘明月), Xiao JZ (肖君泽), et al. 2007. Advances in the research on induction means of biopolyploid (生物多倍体诱导方法研究进展) [J]. *Life Sci Res* (生命科学研究), **11**(4)S1: 006-013
 Xue Y (薛艳), Shen ZG (沈振国), Zhou DM (周东美). 2005. Difference in heavy metal uptake between various vegetables and its mechanism (蔬菜对土壤重金属吸收的差异与机理) [J]. *Soils* (土壤), **37**(1): 32-36
 Zhang SX (张数鑫), Xie ZX (谢芝馨), Yu YJ (于元杰), et al. 2005. Study of colchicines to induce polyploid on onion in tissue culture (秋水仙素结合组织培养技术诱导大葱多倍体的研究) [J]. *Biotechnology* (生物技术), **15**(4): 67-70
 Zhang ZH (张正海), Kang XY (康向阳). 2006. Advances in researches on genetic markers of 2n gametes 植物 2n 配子发生及其遗传标记研究进展 [J]. *Hereditas* (遗传), **28**(1): 105-109
 Zhu HQ (朱慧琴), Zhang XY (张宪银), Xue QZ (薛庆中). 2006. Rapid determination of ploidy level of chromosome in tobacco (*Nicotiana tabacum*) (烟草染色体倍性快速鉴定方法) [J]. *J Agric Biotechnol* (农业生物技术学报), **14**(2): 255-258