

超甜玉米籽粒乳熟期碳水化合物变化及食用品质

乐素菊¹, 刘厚诚², 张璧¹, 王晓明¹

(1 仲恺农业技术学院 农学系, 广东 广州 510225; 2 华南农业大学 园艺学院, 广东 广州 510642)

摘要: 对超甜玉米乳熟期籽粒成分和食用品质进行了分析. 结果表明, 籽粒可溶性糖和蔗糖含量在授粉后 16~18 d 有一峰值, 含水量和还原糖含量一直下降, 粗纤维含量的变化较为复杂. 品尝评分与籽粒成分的相关分析表明, 食用口感与甜度极显著正相关, 蔗糖和粗纤维与食用口感的相关系数为 0.925 和 -0.965, 均达极显著水平, 含水量与食用口感也关系密切; 蔗糖是可溶性糖的主要组成, 对甜度起主要作用. 以籽粒成分和有效积温可较准确地确定采收期.

关键词: 超甜玉米; 籽粒; 碳水化合物; 食用品质; 采收期
中图分类号: S649 文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2003)02-0009-03

超甜玉米的食用品质主要取决于籽粒糖含量, 果皮柔嫩性, 食用风味及保甜期长短等. 为改善超甜玉米食用品质, 国内外许多学者在玉米胚乳突变基因与互作对籽粒成分的影响方面有过许多研究^[1-3]. 我国有关超甜玉米食用品质方面的研究起步较晚, 生产上推广应用的超甜玉米食用品质仍不够理想, 主要表现在皮厚渣多、甜度较低、风味较差、保甜期较短等方面. 本文以超甜玉米品种美国金良粟、粤甜 3 号和穗美 9701 为材料, 对超甜玉米籽粒发育过程中籽粒成分的变化规律和食用品质进行了初步探讨, 为超甜玉米适期采收和品质选育种提供参考.

1 材料与方法

1.1 材料

粤甜 3 号和穗美 9701 分别是广东省农科院玉米研究室和华南农业大学甜玉米课题组育成的超甜玉米杂交种, 美国金良粟(全称为美国水果型金良粟超甜玉米)由广东省东莞市农业种子研究所提供, 该所于 1987 年开始引种. 3 个品种均为广东省生产上普遍使用的超甜玉米单交种, 具有整齐一致、甜度较高、风味较好等特点.

1.2 方法

试验于 2000 年 6 月和 2001 年 2 月在仲恺农业技术学院农场进行. 为防止品种互相串粉, 在授粉期选择有代表性的植株, 套袋进行人工授粉, 从授粉后 14 d 开始, 每隔 2 d 收获 1 次, 鲜果穗采后保留中部 1/3 长的一段果穗, 纵切, 一半作籽粒成分分析, 一半

作食用评价. 品尝试验由 4~6 个有经验人员完成, 每个评分员品尝 3~4 个样品. 记录籽粒发育过程中的田间气温变化. 用二次烘干法测定样品含水量. 鲜样 100 °C 杀青, 68~72 °C 烘干, 磨碎过 60 目筛. 干样用直接滴定法测定还原糖、蔗糖和可溶性糖, 用重量法测定样品粗纤维含量^[4].

2 结果与分析

2.1 发育籽粒中含水量、可溶性糖和粗纤维的变化及品尝结果

超甜玉米乳熟期籽粒含水量逐渐下降(表 1), 但 3 个品种含水量存在差异, 美国金良粟含水量最低, 穗美 9701 最高. 但穗美 9701 籽粒含水量下降最快, 美国金良粟则最慢. 这可能与籽粒可溶性糖含量有关, 可溶性糖含量愈高, 籽粒含水量则相对较低, 籽粒的脱水速度也相对较慢.

超甜玉米乳熟期籽粒还原糖含量逐步降低(表 1), 3 个品种还原糖含量相近; 蔗糖和可溶性糖含量则在达到 1 个高峰后又下降, 3 个品种差异明显, 美国金良粟蔗糖和可溶性糖含量最高, 其次是粤甜 3 号, 穗美 9701 蔗糖和可溶性糖含量较低. 美国金良粟和粤甜 3 号在授粉后 16 d 有明显糖分积累, 可溶性糖和蔗糖含量分别为 46.34%、33.93% 和 40.50%、28.18%, 美国金良粟较高的糖分保持到授粉后 20 d(可溶性糖和蔗糖含量为 42.22% 和 31.84%)说明该品种具有较长的保甜期; 穗美 9701 在灌浆期糖分积累较少, 授粉后 18 d 可溶性糖和蔗糖含量较高, 分别为 30.12%、19.48%.

表1 不同品种籽粒含水量、糖分含量和粗纤维含量的变化及品尝结果¹⁾

Tab. 1 Changes in contents of moisture, sugars and crude fibre and taste scores of different varieties

品种 variety	授粉后天数 days after pollination	含水量 moisture (w)/%	w/ %				甜度 sweetness	口感 taste
			还原糖 reducing sugar	蔗糖 sucrose	可溶性糖 soluble sugar	粗纤维 crude fibre		
美国金良粟 Jingensu	14	78.56a	12.35a	29.97bc	43.90b	3.35bc	4.3bc	4.5ab
	16	76.90b	10.62b	33.93a	46.34a	3.14c	4.8a	4.7a
	18	74.97c	9.50c	31.95ab	43.13b	3.54bc	4.8a	4.2b
	20	74.14cd	8.70cd	31.84ab	42.22b	3.82b	4.6ab	3.8c
	22	73.88d	7.93de	29.12c	38.58c	3.91b	4.0c	3.4d
粤甜3号 Yuetian 3	24	73.56d	7.60e	24.30d	33.18d	4.56a	3.3d	2.2e
	14	79.20a	12.33a	25.92a	39.61a	3.63b	4.1a	4.2ab
	16	77.80b	10.84b	28.18a	40.50a	3.48b	4.4a	4.5a
	18	76.57c	8.53c	26.20a	36.11b	3.35b	4.3a	4.3ab
	20	75.80c	7.37d	21.80b	30.32c	3.65b	4.1a	4.0b
穗美9701 Suimei 9701	22	73.94d	6.32e	18.94c	26.26d	3.86b	3.2b	3.2c
	24	72.82e	6.28e	18.24c	25.48d	4.60a	2.9b	2.4d
	14	80.28a	11.45a	19.35a	31.82a	4.03c	3.1a	3.7a
	16	79.21b	10.56b	18.39ab	29.92a	4.52bc	3.3a	3.8a
	18	77.12c	9.62c	19.48a	30.12a	4.60bc	3.2a	3.5ab
	20	76.96c	6.65d	16.97bc	24.51b	4.90b	3.1a	3.4b
	22	75.40d	6.06d	15.71c	22.60b	5.00b	2.6b	2.9c
	24	72.72e	5.08e	12.21d	17.93c	5.92a	2.2c	1.8d

1) 表中同列数据后字母不同者,表示在5%水平上差异显著(DMRT法);甜度与口感评分均以1~5级表示(5级最好)

美国金良粟和粤甜3号籽粒粗纤维含量相近(表1),分别在授粉后16和18d最低,均低于穗美9701,而穗美9701的粗纤维含量一直上升。籽粒粗纤维的变化与灌浆特性的关系还有待进一步探讨。食用评价(表1)表明:美国金良粟甜度评分最高,其口感评分在授粉后14~16d也特别高,超过18~20d,由于果皮变厚,口感不如粤甜3号。穗美9701虽然比较爽脆(含水量较高),但由于果皮较厚,甜度也较低,因而口感评分不高。

2.2 食用品质与籽粒成分的相关分析

品尝结果与籽粒成分的相关分析表明(表2),甜

表2 品尝评分与籽粒成分间的相关系数

Tab. 2 Correlations between taste scores and kernel components

相关变量 variables correlated	甜度 sweetness	可溶性糖 soluble sugar	蔗糖 sucrose	还原糖 reducing sugar	粗纤维 crude fiber	含水量 moisture
可溶性糖 soluble sugar	0.901 *					
蔗糖 sucrose	0.944 **	0.966 **				
还原糖 reducing sugar	0.677	0.889 *	0.747			
粗纤维 crude fibre	-0.872 *	-0.891 *	-0.880 *	-0.761		
含水量 moisture	0.720	0.856 *	0.746	0.955 **	-0.837 *	
口感 taste	0.946 **	0.934 **	0.925 **	0.798	-0.965 **	0.867 *

2.3 采收期的确定

根据超甜玉米籽粒可溶性糖、蔗糖、粗纤维、含水量、甜度评分和口感评分,统计其最适宜采收的授粉天数出现的次数,次数出现最多的授粉天数即为

度评分与可溶性糖含量显著正相关,其中蔗糖与甜度评分间的相关达极显著水平($r=0.944^{***}$),而还原糖与甜度评分相关不显著。同时,粗纤维与蔗糖和可溶性糖呈显著负相关,相关系数分别为-0.880和-0.891。表2还表明,口感评分与甜度、可溶性糖、蔗糖、粗纤维及含水量间的相关均达到显著或极显著水平,其相关系数分别为0.946、0.934、0.925、-0.965和0.867,说明要改善籽粒口感,除了要提高籽粒甜度和降低籽粒粗纤维含量外,还不能忽视籽粒的含水量,而熟期一致的籽粒,含水量高则较爽脆,口感较好。因此,适时采收很重要。

适宜采收期。表3列出了3个品种的适宜采收期和有效积温(授粉后每天的平均气温减10℃后累加)。其中,美国金良粟适宜采收期较早,而穗美9701适宜采收期则稍晚。

表 3 超甜玉米适宜的采收期

Tab. 3 Proper harvest time of super sweet corn

品种 variety	适宜采收期 proper harvest time/d	有效积温($\geq 10^{\circ}\text{C}$) effective temperature summation/ $^{\circ}\text{C}$
美国金良粟 Jingensu	16	245
粤甜 3 号 Yuetian 3	16~18	265
穗美 9701 Suimei 9701	18	275

3 结论与讨论

曾孟潜等^[3]认为超甜玉米一级突变体(sh₁、sh₂、sh₄、bt₁和bt₂等)可使得蔗糖和葡萄糖、果糖不能按正常途径进一步合成植物糖元和淀粉,而积累超量的糖分,他们认为sh₂基因在纯合状态下,其突变体可食期籽粒全糖量(w)为34.3%;笔者测定3个超甜玉米品种籽粒可溶性糖含量(w)在30%~48%之间,与孙政才等^[6]报道的结果相符,但品种间差异比较大,这与突变体隐性基因的纯合程度有关,只有当这些基因达到纯合状态时,才能表现其固有的品质特性。因此,培育高甜度超甜玉米品种必须重视对超甜基因的选择和纯合。

在超甜玉米的品质育种中,提高籽粒含糖量和改善食用口感是重要的选育种目标。试验结果表明,蔗糖是超甜玉米可溶性糖主要组成部分,不同品种间可溶性糖含量的高低也主要表现于蔗糖含量的差异,蔗糖对甜度起着主导作用,因此,加强对蔗糖的选择是提高籽粒含糖量的重要途径,这与孙政才等^[6]的研究结果基本一致。食用口感不仅受籽粒糖含量的影响,也与籽粒粗纤维含量密切相关,粗纤维含量愈高,口感愈粗糙。研究结果表明,籽粒粗纤维含量与蔗糖含量呈显著负相关,说明蔗糖含量较高时,可能糖分较少转化成粗纤维,育种中加强选择蔗

糖时,粗纤维含量也是较低的,这对改善超甜玉米的食用品质是十分有利的。

长期以来,超甜玉米的适宜采收期颇受关注。本文在研究超甜玉米不同发育期籽粒成分变化的基础上,对籽粒粗纤维、可溶性糖、含水量及食用口感、甜度评分进行综合评价,并以此确定适宜采收期。但籽粒成分不仅受品种特性影响,环境因素对其的影响也较大,同时,年度间测定也常不太一致^[7]。由于玉米在整个生育期所需的有效积温一般比较稳定,年度间差异也较小,因此在对籽粒成分和食用品质综合评价的基础上,加上有效积温确定适宜采收期更为方便实用。

参考文献:

- [1] SOBERALSKE R M, ANDREW R H. Gene effects on kernel moisture and sugars of near-isogenic lines of sweet corn[J]. *Crop Sci*, 1978, 18: 743-746.
- [2] 李学渊,刘纪麟. 玉米胚乳突变基因与互作对籽粒成分的影响: I 对粒重、蛋白质含量及蛋白质组分的影响[J]. *作物学报*, 1993, 19(3): 218-225.
- [3] 李学渊,刘纪麟. 玉米胚乳突变基因与互作对籽粒成分的影响: II O₂基因与su₁、sh₂、bt₂、wx基因的互作效应[J]. *作物学报*, 1993, 19(5): 460-466.
- [4] 宁正祥. 食品成分分析手册[M]. 第2版. 北京: 中国轻工业出版社, 1998. 1-4, 23-26, 45-47.
- [5] 曾孟潜,刘雅楠,杨涛兰,等. 甜玉米、笋玉米的起源与遗传[J]. *遗传*, 1999, 21(3): 44-45.
- [6] 孙政才,陈国平. 甜玉米与普通玉米籽粒发育过程中碳水化合物及氨基酸消长规律的比较研究: I 籽粒灌浆特性及碳水化合物消长规律[J]. *作物学报*, 1992, 18(4): 301-306.
- [7] MICHAELS T B, ANDREW R H. Sugar accumulation in shrunken-2 sweet corn kernel[J]. *Crop Sci*, 1986, 26(1): 104-107.

Changes of Carbohydrate and Taste Quality in the Kernels of Super-Sweet Corn in the Milky Maturity Stage

YUE Su-ju¹, LIU Hou-cheng², ZHANG Bi¹, WANG Xiao-ming¹

(1 Dept. of Agronomy, Zhongkai Agrotechnical College, Guangzhou 510225, China;

2 College of Horticulture, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

Abstract: The kernel components and taste quality of super-sweet corn in the milky maturity stage were studied. The results showed that soluble sugar and sucrose contents peaked at 16-18 days after pollination, moisture and reducing sugar contents decreased. Taste of the kernel was significantly correlated with sweetness. The correlation coefficients between sucrose and taste ($r=0.925^{**}$) or between crude fibre and taste ($r=-0.965^{**}$) were also significant, respectively. The taste was related to moisture. Sucrose was the main soluble sugar, which greatly contributed to sweetness. The harvest time can be exactly determined by kernel components and effective temperature summation.

Key words: super-sweet corn; kernel; carbohydrate; taste quality; harvest time

【责任编辑 周志红】