

# 我国甜玉米育种的研究现状及发展趋势

王晓东

(黑龙江省农业科学院 牡丹江分院, 黑龙江 牡丹江 157041)

**摘要:**甜玉米是普通玉米的一个变种,是具有较高的营养价值和较大开发利用空间的特用型玉米。为了明确我国甜玉米的育种现状及发展趋势,在回顾了国内外甜玉米研究进展及其在品种选育中取得的成绩的基础上,探讨了甜玉米的发展历程、类型及选育方法,并指出我国甜玉米育种和生产中存在的问题及发展趋势。

**关键词:**甜玉米;育种现状;发展趋势

**中图分类号:**S513

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-2767(2014)10-0146-03

甜玉米为玉米属的一个亚种,发源地为美洲,甜玉米被人们种植和食用已有 100 多年<sup>[1-2]</sup>。甜玉米具有甜、粘、嫩、香的特点,其营养价值不亚于蔬菜和水果,甚至有的营养指标要超过二者,故有“水果玉米”或“蔬菜玉米”之称,因此,甜玉米被认为是集粮、果、蔬、饲为一体的经济作物,因其含有丰富的微量元素和人体所需的氨基酸而被作为保健型食品,深受广大消费者的青睐。总之,甜玉米正日渐成为一种水果兼用的新兴食品及一种膳食改善的新时尚<sup>[3-4]</sup>。

## 1 甜玉米发展历程

世界上最早种植甜玉米的是印第安人,他们在哥伦布发现新大陆之前便开始种植。美国是开展甜玉米育种和生产最早的国家,并由诺埃斯·达林于 1836 年育成世界上第一个甜玉米品种达琳早熟。1924 年,世界上第一个白粒甜玉米杂交种—Redgreen 选育成功,它是由琼斯在美国康涅狄格州农业试验站培育出的,同年便开始进入商品生产<sup>[5]</sup>。1927 年,甜玉米单交种—高登彭顿由史密斯选育成功,该品种是世界上最著名的甜玉米品种,至今仍有栽培。随着时间的推移及研究的深入,美国甜玉米品种逐年增多,1950~1980 年,美国甜玉米品种由 20 多个发展到 120 多个,到目前美国种植的甜玉米品种已有 500 多个。此外,甜玉米在泰国、韩国、日本、法国、匈牙利及加拿大等国家发展也较快。

我国甜玉米育种始于 20 世纪 60 年代,起步远远晚于美国。当时是由李竞雄和郑长庚教授于 1963 年从美国引进一批甜玉米种质资源后,开始对甜玉米进行系统研究<sup>[6-8]</sup>。1968 年,北京白砂糖选育成功,这是我国第一个甜玉米品种,但因历

史原因致使研究中断,未能推广。直到 20 世纪 70 年代后期,我国才重新开始甜玉米研究,并将甜玉米研究列入“七五”和“八五”国家科技攻关计划,部分省市农业科研院所、农业大学也相继开展甜玉米育种工作,并先后选育出农梅 1 号、东甜 2 号、金穗 1 号、甜玉 2 号、甜玉 4 号、甜玉 6 号、黄甜 104、科甜 111、甜单 1 号、甜单 2 号、甜单 3 号、普甜 25、普甜 1 号、甜玉米 01 号及东农超甜等一系列甜玉米品种<sup>[9]</sup>。但这些甜玉米品种制种产量较低、叶斑病和穗粒腐病较为严重、适应范围较小,再加上普甜玉米的适宜采收期很短及加工工艺落后等制约因素,致使其发展速度较为缓慢。进入 21 世纪后,我国很多地区先后开展甜玉米育种攻关工作,并且将甜玉米纳入了国家玉米品种区域试验,制定了相应的品种审定制度和主要经济、技术指标标准,品种的选育方向转为超甜玉米,且选育的品种质量有了很大的提高。近年来,我国甜玉米育种发展较快,国家及各省甜玉米品种区域试验参试品种数量逐年增多,所审定的品种产量较高、品质较优、抗逆性较强、适应性较广,为我国甜玉米的发展及实现产业化奠定了坚实的基础。

## 2 甜玉米的遗传分类

甜玉米是由 1 个或多个隐性突变基因控制的胚乳突变体,目前发现的胚乳隐性突变基因主要有  $su_1$ 、 $su_2$ 、 $sh_1$ 、 $sh_2$ 、 $sh_4$ 、 $bt_1$ 、 $bt_2$ 、 $se$ 、 $ae$  和  $wx$  双隐性基因突变体及  $ae$ 、 $du$  和  $wx$  三隐性基因突变体<sup>[4,10]</sup>,其中有 8 个应用于商业化育种。这类突变基因使籽粒淀粉合成受阻,进而使乳熟期籽粒中蔗糖和还原糖含量大量积累。甜玉米有普甜、超甜和加强甜之分<sup>[11]</sup>。对于由  $su_1$ 、 $su_2$  隐性纯合基因控制的普甜玉米,适宜采收期的蔗糖和还原糖含量为普通玉米的 1~3 倍,WSP(水溶性多糖)是普通玉米的 10 倍。超甜玉米是与普甜玉米相对而言的,是由  $sh_1$ 、 $sh_2$ 、 $sh_4$  隐性纯合基因引起的以胚乳缺陷为背景选育的甜玉米,适宜采收期可溶性糖含量一般为 18%~25%,是普通甜玉米的 2 倍,是普通玉米的 10 倍,但其 WSP 含量较

收稿日期:2014-05-28

基金项目:牡丹江市科学技术计划资助项目(Z2013n013);黑龙江省农业科技创新工程资助项目(2010-01-09)

作者简介:王晓东(1980-),男,内蒙古自治区赤峰市人,博士,助理研究员,从事玉米育种及高产生理研究。E-mail:tlxiaodong@126.com。

低。加强甜玉米是指在某个特定的甜质基因型基础上,加入另外一些胚乳突变基因,使籽粒品质进一步改善的甜玉米类型,突变体籽粒中可溶性糖和 WSP 含量均较高,适宜采收期糖分含量与超甜玉米相当,并且含有 3%~5% 的麦芽糖,因此口感较佳,不但具有甜粘等特性,还具有麦芽糖的风味。

### 3 我国甜玉米育种现状

#### 3.1 育种目标

任何一项育种计划首先要解决的重要环节就是制定育种目标,甜玉米的用途决定了其育种目标有别于普通玉米,其用途主要有两种:一是用于脱粒或整穗加工速冻,二是直接生食或蒸煮后食用。因此,品质性状是甜玉米最重要的育种目标。甜玉米的主要品质性状包括糖分含量、籽粒质地类型及果皮厚度等。所选育的甜玉米籽粒要嫩、果皮要薄、渣少、甜度高、口感好、货架期尽可能长等;营养品质方面要求含糖量、淀粉含量达到各类甜玉米的要求,籽粒氨基酸含量要高,且富含人体所需的多种维生素及多种微量元素;加工品质的要求主要包括:籽粒颜色(一般选育乳黄色)、籽粒深度( $\geq 1$  cm)、色泽一致且蒸煮前后籽粒颜色差异不明显,穗粗 $\geq 4.5$  cm、有效穗长 $\geq 19$  cm、行数 12~16 行、穗轴白色、穗形一般为筒形等。

同时,甜玉米也要具有较高的产量,因产量与种植者效益直接关联,应协调好单个指标与综合评价、优质与高产之间的矛盾,优化可行的配套高产技术。

耐逆境能力强是当前对甜玉米品种的新要求。近几年气候变化难以预测,无论南方还是北方,灾害天气在甜玉米生育期内均难以避免,所以对甜玉米品种的耐热性、耐寒性、耐旱性、耐涝性及抗倒性均提出了新的要求。此外,为满足分期分批加工和上市,一般采用分期播种,容易遭受病害的感染;再加上甜玉米籽粒、果穗、植株的糖分等营养指标好于普通玉米,更容易遭受昆虫的侵害,严重影响商品价值,而甜玉米鲜穗收获期早,需要严格控制杀虫剂等化学药剂的使用,因此,需要通过育种手段提高品种的抗病虫害能力。

适应性广、制种容易是甜玉米规模化种植的重要前提。随着我国从南到北甜玉米种植面积的不扩大,要求甜玉米具有较强的适应性;制种成本高低及制种难易程度直接影响到品种的市场竞争力,是品种能否规模化发展的关键因素。

#### 3.2 育种方法

3.2.1 杂交选育法 杂交选育法是将一个适宜的甜玉米品种或自交系与另一个普通(糯)玉米品种或自交系杂交,从  $F_1$  起选株自交,从分离的自交穗上选甜质籽粒分穗行种植,后代继续自交,并结合田间鉴定和品质分析的结果进行选择,最终育成稳定的甜玉米自交系。

3.2.2 回交转育法 回交转育法就是将普甜或超甜的隐性突变基因转育到特定的优良自交系中,即以优良的普通(糯)玉米自交系作为轮回亲本,以甜玉米自交系作为非轮回亲本提供甜质基因,回交 5~6 代,再自交 1~2 代,使甜质性状和自交系的优良性状结合。

3.2.3 直接选系法 直接选系法是直接从甜玉米单交种或地方品种中选育自交系的一种方法。此种方法对于改良甜玉米的产量和抗性的效果不如杂交选育法和回交转育法明显,但所育成的品种食用品质容易保证。

3.2.4 单倍体选育法 单倍体选育法是用诱导系对材料进行诱导获得单倍体植株,然后经过人工染色体加倍或自然加倍获得纯合的二倍体,再从中选育优良的自交系。此方法大大缩短了育种年限,一般 2 a 就可获得纯合的自交系。

#### 3.3 甜玉米育种中存在的问题

3.3.1 种质资源匮乏 目前,我国甜玉米种质资源较少,且现有资源主要来自美国和日本,少部分来自泰国和台湾,因此其生态类型单一,血缘关系狭窄,严重限制了我国甜玉米的发展<sup>[12-17]</sup>。

3.3.2 种质资源重复利用 目前,生产上育种者对选育材料的来源缺乏深入的了解,致使材料的来源不清,加上生产中所用的品种数量较多,而造成一些优良性状的缺失<sup>[14]</sup>。而且在育种实践中,各育种单位、兄弟单位间缺少交流与沟通,导致近亲组配、同种异名及种质资源重复利用的现象较为严重,从而影响了甜玉米的持续发展。

3.3.3 甜玉米品质不高 对于甜玉米来说,种皮厚度是一个重要的性状,因为种皮的薄厚与甜玉米籽粒的质地有着十分密切的关系,种皮越薄则籽粒质地越柔嫩。我国生产上推广的甜玉米大部分是通过转育而来,受普通玉米育种目标的影响,大部分品质好的种质资源被淘汰。现有的国产品种果皮偏厚、柔嫩性差、最佳采收期偏短、货架寿命较短等问题较为严重。

3.3.4 *Ga* 基因的研究和利用深度不够 *Ga* 基因是一个显性的配子体因子,位于第 4 染色体上。纯合 *Ga* 基因的花丝只能接受带 *Ga* 基因的花粉,而 *Ga* 基因的花粉在 *Ga/Ga* 的花丝上不具有正常功能。由于大部分玉米品种不带有 *Ga* 基因,所以种植带有 *Ga* 基因的甜玉米杂交种,不必和普通玉米品种隔离,仍能保持甜玉米特性,方便繁种、制种。目前,在甜玉米选育过程中对 *Ga* 基因的研究和利用较浅。

3.3.5 甜玉米的出苗率低 种子出苗率偏低、苗期生长势弱是限制甜玉米发展的主要问题,对于超甜玉米这个问题尤为突出。主要是因为胚乳突变基因抑制籽粒淀粉的合成,导致胚乳变小,粒重减轻。

3.3.6 超甜玉米基因研究和利用不足 在国内超甜玉米育种中,研究和利用较多的是 *sh2* 基因,

而对 *sh1*、*bt1* 和 *bt2* 基因的研究和利用较少。国外品种尽管在努力克服此问题,但种子价格昂贵,投入成本较高,且在国内种植具有抗性和适应性差的缺陷。

#### 4 甜玉米的发展趋势

甜玉米之所以受欢迎,一方面是因为甜玉米具有较高的营养价值,另一方面因为它香、甜、嫩、风味独特、适口性好。此外,其主要供应形式以乳熟期收获鲜穗供应市场,作为蒸煮食用,也可用于烹调菜肴、炒食做汤。就甜玉米所含营养成分而言,甜玉米除含有丰富的蔗糖、果糖、葡萄糖、麦芽糖和食物纤维外,还含有钙、铁、锌、硒等多种微量元素和维生素 A、B、C、E 及人体所需的 18 种氨基酸<sup>[18-19]</sup>,使得甜玉米的需求量不断增加,种植区域逐年扩张,加工生产规模迅速扩大。需求量逐年增加的同时,市场对甜玉米育种有了更高的要求,除要求有较好的适口性外,感官品质和商品品质应成为评价甜玉米品质的重要指标。

从发展新型农业,提高农民收入来看,适度发展甜玉米是加快发展农村经济的重要手段之一。近几年,甜玉米价格保持相对较高水平,且稳中略有提升,这使得种植户的效益较高,此外,甜玉米加工附加值可达 300%~400%。因此,甜玉米产业的发展可为发展畜牧业提供优质青饲料,利于我国农业产业结构调整和甜玉米种植产业向规模化方向发展。中国有着丰富的农业生产和玉米生产经验,加之甜玉米栽培相对简单、周期短、经济效益明显,深受种植者的欢迎,栽培面积逐年上升。黑龙江省年平均气温在 5~4℃,从东南向西北平均每高一个纬度,年平均气温约低 1℃,全省≥10℃的积温在 2 000~3 000℃,无霜期 100~160 d,大部分地区的初霜冻在 9 月下旬出现,终霜冻在 4 月下旬至五月上旬结束。而甜玉米以采收鲜穗为主,生育期较短,适合在黑龙江省种植。因此甜玉米无论在黑龙江省还是在我国均有着巨大的消费市场和巨大的开发潜力。

#### 参考文献:

- [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] John A J, Labonte D R. Single-kernel analysis for the presence of the sugary enhancer (se) gene in sweet corn [J]. Horticulture Science, 1988, 23(2): 384-386.
- [3] 廖琴. 中国玉米品种科技论坛 [C]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
- [4] 石德权, 郭庆法, 温义昌, 等. 食用玉米研究进展 [C]. 济南: 山东科学技术出版社, 2001.
- [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] 李竞雄, 石德权. 我国玉米育种的进展与成就 [C] // 李竞雄. 玉米育种研究进展, 北京: 科学出版社, 1992.
- [7] 李竞雄. 玉米育种研究进展 [C]. 北京: 科学出版社, 1992: 8-14.
- [8] 沈雪芳, 郑洪健, 张璧, 等. 我国甜玉米育种和生产现状分析 [J]. 上海农业学报, 2006, 22(3): 112-116.
- [9] 石德权, 郭庆法, 汪黎明, 等. 我国玉米品质现状、问题及发展优质食用玉米对策 [J]. 玉米科学, 2001, 9(2): 3-7.
- [10] 戴惠学, 熊元忠, 牛海建. 甜玉米品质性状遗传研究进展 [J]. 长江蔬菜, 2007(10): 28-30.
- [11] 王娜, 史振声, 王志斌, 等. 甜玉米品质研究进展 [J]. 玉米科学, 2007, 15(6): 47-50.
- [12] 戴惠学, 陆作楣. 甜玉米二环系选育的早期判别法研究 [J]. 种子, 2006, 25(5): 30-34.
- [13] 黄炳生, 张志高. 利用回交转育的方法选育甜玉米杂交种 [J]. 中国农学通报, 1993, 9(1): 31-33.
- [14] 王小明, 刘建华, 李余良. 广东省特用玉米生产科研现状分析及发展设想 [J]. 华北农学报, 2000, 15(专刊): 29-31.
- [15] 张孝岳, 陈志辉, 陈松林. 从湘玉超甜一号的育成看甜玉米育种策略 [J]. 湖南农业科学, 2001(5): 18-19.
- [16] 王小明, 王子明, 张璧. 广东省超甜玉米生产及新品种选育现状分析 [J]. 仲恺农业技术学院学报, 2003, 16(2): 59-64.
- [17] 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.
- [18] 李雅丽. 甜玉米的发展趋势及育种目标 [J]. 农业科技通讯, 2011(3): 10-11.
- [19] 李一男. 甜玉米的发展趋势及育种目标 [J]. 现代农业, 2011(1): 66-67.

## Research Status and Development Trend for Breeding Sweet Corn in China

WANG Xiao-dong

(Mudanjiang Branch of Heilongjiang Academy of Agriculture Science, Mudanjiang, Heilongjiang 157041)

**Abstract:** Sweet corn is a variant of ordinary corn and it's also a kind of special-use corn with high nutritional value and greater exploitation. In order to clarify the status and development trend of Chinese sweet corn breeding, the history, types and breeding methods were explored and the problems and development trend in breeding and production were noted based on the review of research progress and breeding achievements of sweet corn at home and abroad.

**Key words:** sweet corn; breeding status; development trend