

鲜食玉米新品种选育原理与技术技巧

史振声, 钟雪梅

(沈阳农业大学特种玉米研究所, 沈阳 110866)

摘要: 从我国鲜食玉米产业的品种需求出发, 分别从胚乳、糊粉层、果皮、胚等不同部位阐述一些特殊类型鲜食玉米的育种原理。介绍甜加糯、紫玉米、黑玉米、红玉米、花粒玉米及绿色玉米的选育方法, 提出对鲜食玉米果皮适口性鉴定技术的改进方法。

关键词: 甜玉米; 鲜食糯玉米; 育种

中图分类号: S513.035.1

文献标识码: A

Breeding Principle and Technical Skill of Fresh Corn Varieties

SHI Zhen-sheng, ZHONG Xue-mei

(Special Corn Institute, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

Abstract: From the perspective of fresh corn variety demand in China, breeding principles of some special fresh corn varieties were expounded from the endosperm, aleurone layer, peel, embryos and other different parts of corn. This paper briefly introduced breeding methods of sweet-waxy corn, purple corn, blue corn, red corn, multicolor corn and green corn, and it was also reported identification technology improvement of fresh corn palatability.

Key words: Sweet corn; Fresh-eating waxy corn; Breeding

随着国民经济发展和人们生活水平的提高, 鲜食玉米在我国已发展成新的产业。对鲜食玉米的消费已经不再局限于应季尝鲜, 保护地栽培的大面积应用, 速冻和罐藏保鲜加工业的兴起, 已使鲜食玉米逐渐向常年供应的方向发展。我国鲜食玉米的年播种面积已经达到 100 万 hm^2 。

鲜食玉米集主食、蔬菜甚至水果为一身, 具有源于天然、适口性好、营养丰富、适合人群广等优点, 是现代生活所追求的一种健康营养食品。我国鲜食玉米的加工产品已经发展成高低不同的多个层次, 在营养品质、加工品质、商业品质甚至在保健功能等方面都有了新的提升。鲜食玉米加工产品的水平与品种、栽培、贮藏及加工技术关系密切, 特别是更多地依赖于品种的技术进步。随着市场需求的扩大, 加工新技术新工艺的应用以及包装材料的发展, 鲜食玉米加工产品越来越丰富多彩。同时, 无论是消费

者还是加工企业对鲜食玉米品种的要求也越来越高。虽然我国鲜食玉米的科研和产业发展很快, 但是由于起步相对较晚, 在育种理论与技术方面仍显不足。本文针对新形势下我国鲜食玉米新品种的市场需求, 就一些特殊类型鲜食玉米的育种理论、技术和方法进行探讨。

1 鲜食玉米的特殊类型及其选育技术与技巧

在我国, 鲜食玉米包括甜玉米和鲜食型糯玉米。根据胚乳性质、营养含量及口感, 甜玉米主要划分为普通甜玉米和超甜玉米两大类型, 在遗传上还有更详细的划分^[1,2]。鲜食型糯玉米是指符合鲜食要求的糯玉米品种, 在我国鲜食玉米消费中, 由于罐藏产品需求量相对较少而更多的是鲜穗上市或整穗型的保鲜加工, 因此, 除了上述常见的类型及白、黄色品种以外, 一些特殊品种及新的类型更受市场青睐, 这些类型主要有甜+糯型、超甜+糯型、黑色、红色、紫色等单色类型, 还包括杂花色以及其他颜色的彩色玉米等。从育种角度, 其中有的属于胚乳育种, 有的属于糊粉层育种, 有的属于果皮育种, 有的则是果皮和糊粉层兼而有之。因此, 与普通玉米相比其

收稿日期: 2015-07-12

作者简介: 史振声(1954-), 男, 教授, 博士生导师, 从事玉米育种及栽培生理研究。Tel: 024-88421178

E-mail: shi.zhensheng@163.com

育种技术和程序更为复杂。

1.1 甜加糯型鲜食玉米的选育

甜+糯型鲜食玉米包括4种类型,即普甜+超甜型(*sush₂*)、普甜+糯型(*suwx*)、超甜+糯型(*sh₂wx*)、普甜+超甜+糯型(*sush₂wx*)^[3~5],其中超甜+糯型是近年鲜穗上市后备受欢迎的类型。对于这类品种的选育,其选育原理是利用甜质基因的隐性上位作用,即当*su-su*或*sh₂sh₂*与*wxwx*同时存在时子粒表现为甜质。杂交种选育的关键环节是选育双(或三)隐性甜玉米自交系,即在甜和糯位点上均为隐性纯合的自交系(*sh₂sh₂wxwx*),之后再以其与糯玉米组配。由于该组合在双亲中均不存在显性基因(*Wx*),因此, F_1 在同一果穗上只有甜粒和糯粒而没有拟粉型子粒(*Wx-SU-*,即类似普通玉米的非甜非糯粒),食之具有甜糯兼备的口感效果。以超甜+糯(*sh₂sh₂wxwx*)双隐性甜玉米自交系选育为例,首先,以超甜玉米与糯玉米杂交,在 F_2 分离群体中选出具有甜质表型的果穗(含有4/16的*sh₂sh₂Wx-*),在这些甜质型当中有1/4的个体为纯合的双隐性基因型(*sh₂sh₂wxwx*)。由于单隐性和双隐性基因型不能在当代(F_0)表型上区分,因此,需在下一代(F_3)再用其花粉与糯玉米杂交检验(同时自交),能使杂交当代果穗100%表现为糯质的就是所要的双隐性单株,待其他性状稳定后便成为双隐性甜玉米自交系;然后,以其与糯玉米组配即成为甜加糯型杂交种。由于*sh₂sh₂*在*wxwx*背景下表现为上位性即甜质,而*wxwx*在*SH₂SH₂*或*SH₂sh₂*背景下表现为糯质,因此,在 F_1 果穗上就表现为糯与甜的3:1分离,即在同一果穗上含有1/4的糯粒和1/4甜粒。为了加快选育进程,还可以在 F_2 提前检验,当然工作量较大。同样,普甜+超甜,普甜+糯,普甜+超甜+糯的选育道理相同,只是上位性关系和遗传分离的复杂程度不同而已。

1.2 黑糯玉米的选育

黑玉米(blue corn)即子粒颜色为黑色的玉米,人们常常将黑玉米与紫玉米相混淆,但两者之间有截然不同的区别。首先,黑玉米的颜色为黑色或蓝黑色,而紫玉米则为深浅程度不同的紫色;二是黑玉米的颜色发生在糊粉层上,透过透明的果皮而显色,因此,胚芽、子粒基部及尖冠部位通常不呈黑色,紫玉米通常是指果皮为紫色的玉米,其子粒的整个表层包括尖冠在内均为紫色。也有糊粉层为紫色而果皮无色的类型,但颜色较浅;三是黑玉米的子粒颜色遗传与穗轴颜色无关,穗轴通常为普通玉米的白色、红色或粉红色,以白轴为普遍。黑玉米的颜色由显性单基因控制,育种技术相对简单,只要将黑色糊粉层

和糯质胚乳基因聚合在一起便可选育出黑玉米自交系,再以两个黑玉米自交系组配成黑玉米杂交种即可。

1.3 红糯和紫糯玉米的选育

根据基因型和颜色产生的位置,红糯和紫糯玉米可分为糊粉层型、果皮型、糊粉层与果皮叠加型3种类型。作为鲜食玉米,后者因在乳熟期颜色形成得较早而显色也更深些。

糊粉层颜色的性状遗传比较复杂,至少与9对基因有关,即*A1*、*A2*、*Bz1*、*Bz2*、*C1*、*C2*、*In1*、*Pr1*、*R1*,其中*R*与*B*的作用相似,因此,两个基因可以相互取代。*A1*、*A2*、*C1*、*C2*、*R1* 5对基因是色素形成的必要条件,任一基因呈隐性都不能形成色素,*A*为花青素基因,该基因为隐性时不显示任何颜色;*C*为糊粉层颜色基因,决定红和紫色的发生;*R*为红色基因,其颜色发生是以*A*、*C*的存在为先决条件;*Pr*为紫色基因,该基因在红色基础上辅助成紫色,否则尽管它为显性,仍不能产生作用;*I*为抑制基因,*I*抑制*C*基因的作用,只有该基因为隐性*i*时才能产生颜色^[5,6]。因此,当基因型为*AACRRPrPrii*时,糊粉层颜色为紫色。当基因型为*AACRRprprii*时,糊粉层颜色为红色。此外,还有*Bz1*、*Bz2*等,对颜色起修饰作用。由于糊粉层被包裹在果皮内部,因此,糊粉层型红糯或紫糯玉米具有蒸煮不易褪色、花青素不容易随水流失的优点,但与果皮型紫玉米相比花青素含量相对较低。

1.3.1 糊粉层型紫糯玉米

根据上述原理,只有当花青素基因(*A1*、*A2*、*A3*)和糊粉层粒色基因(*C*、*R*、*PR*)均为显性,而抑制基因又处于隐性纯合时(*ii*),子粒才表现为深紫色。在普通的黄、白玉米品种中糊粉层均为无色,即与糊粉层相关的基因多处于隐性状态,或仅有部分基因为显性。因此,在与其他品种发生天然杂交时糊粉层偶见颜色。紫玉米的选育,首先需要将双亲自交系的基因型聚合成*AACRRPrPrii*,之后就可组配成紫色糊粉层的紫糯玉米杂交种。在鲜食玉米育种实践中,最简便的育种方法是直接利用紫玉米杂交种选育二环系,或以紫玉米与非紫玉米杂交,将有色基因导入无色的材料中再进行自交系的选育。

由于多个基因共同控制糊粉层颜色,基因之间既存在显隐性关系,又存在上位性关系,有的还有剂量效应。因此,在糊粉层紫色与糊粉层无色之间,甚至是不同颜色的紫玉米之间杂交,其分离世代中糊粉层颜色表现十分复杂,不仅常常出现颜色的不同深浅,甚至还会出现斑纹、斑点、褐色、黄褐色等多种

颜色,需要根据育种目标进行选择。

1.3.2 粉层型红糯玉米

糊粉层型红糯玉米在成熟时呈现均匀一致的粉红色,色彩鲜艳、晶莹剔透,是目前市场上最受欢迎的彩色鲜食玉米之一。

当各种显性基因与 *pr* 结合时便形成红色糊粉层,因此,将基因型聚合为 *AACRRprprrii* 便可育成红色糊粉层的自交系,以此类型自交系为双亲便可组配成红糯玉米杂交种。在育种实践中,直接以红色糊粉层玉米为原始材料选育二环系是最简单的选系方法。以红色糊粉层与无色材料杂交或以花粒(紫+紫红+黑+红等)为试材,均可容易地选出红色糊粉层玉米自交系。与紫色糊粉层相比,红色糊粉层玉米涉及的基因相对较少,因而纯合速度较快。

糊粉层是仅有几层细胞组成的薄且具有一定透明度的组织。因此,当胚乳的颜色背景是黄色时会使得子粒的感官颜色变深、变暗和偏色,特别是鲜食期远不如白色胚乳背景下的颜色纯净。由于糊粉层颜色随着子粒成熟而逐渐加深,因此,鲜穗采收期的颜色因灌浆程度不同而颜色深浅有所差异。

1.3.3 果皮型红糯和紫糯玉米

此类玉米的子粒颜色发生在果皮上。决定果皮颜色的基因为 *PI*,有一系列的复等位基因,其中 *P_ww* 为白色果皮和穗轴, *P_wr* 为白色果皮红穗轴, *P_rr* 为红果皮红穗轴, *P_mo* 为镶嵌果皮和穗轴, *P_vv* 为花斑果皮和穗轴。生产上的普通玉米品种基本上都属于 *P_ww* 和 *P_wr* 纯合体,甜玉米、爆裂玉米、白粒和黄粒鲜食糯玉米基本上都属于 *P_ww* 纯合体。在鲜食玉米育种中只有育成 *P_rr* 基因型的自交系才能配制成红色果皮的杂交种。与糊粉层颜色一样,红色果皮也具有一定的透明度,因此,白胚乳的红糯玉米颜色最好。在黄胚乳颜色背景下的子粒感官颜色也会产生偏色、变暗及变深的现象。

果皮型紫玉米即果皮为紫色的玉米,是所有紫玉米中颜色最为理想的一种。由于果皮中含有丰富的花青素、组织较厚、颜色较浓,因而子粒的外观颜色不受胚的颜色影响,也不受胚乳的颜色背景影响或受影响很小。此类紫玉米的果皮颜色与穗轴颜色表现一致,受显性基因控制,并存在剂量效应。在与无色果皮玉米杂交时其果皮和穗轴在分离世代中可分离出白、粉红、大红、浅紫,直至黑紫色等由浅到深的多种颜色。同样,在果皮型紫玉米新品种选育中,先将紫果皮与糯质基因聚合在一起育成自交系,之后再以两个紫玉米自交系或以紫玉米与非紫玉米自交系组配即可完成。

1.3.4 糊粉层、果皮二重叠加及糊粉层、果皮、胚三重叠加型紫玉米

鉴于糊粉层颜色与果皮颜色结合具有使颜色加深的作用,因此,可以利用红色糊粉层与红色果皮叠加,将两种基因型聚合在一起,同样可以育成紫色的鲜食玉米。紫玉米的新品种选育可以通过多种方案实现,可以利用不同基因型的紫玉米自交系组配杂交种;也可以通过红色糊粉层与红色果皮聚合,红色糊粉层与紫色果皮聚合,紫色糊粉层与红色果皮聚合,紫色糊粉层与紫色果皮聚合选育紫玉米自交系及组配杂交种。双亲的颜色越深配成的杂交种其颜色就越深,尤其作为鲜食玉米来说,对采收期的颜色形成更为有利。

除了糊粉层和果皮以外, *R-nj* 基因也是1个有利用价值的基因,该基因可以使胚和子粒顶部的糊粉层形成紫色。胚在玉米子粒中一般占10%左右,因此,将 *R-nj* 与糊粉层和果皮基因聚合可使花青素含量得到明显提高。

1.4 花粒型鲜食玉米的选育

所谓的花粒或称杂花粒玉米是指在同一穗上有两种或两种以上颜色的子粒。鲜食期花粒玉米的颜色有多样,主要有深浅不同的黄、白、红、黑、蓝、紫红、紫等,其中黄色产生在胚乳上,而其他颜色则产生在糊粉层上。花粒型糯玉米的选育通常采取花粒与花粒组配和无色与有色组配两种方案。花粒与花粒组配是以两个花粒型自交系为双亲进行组配,育成在 F_1 同样表现出多种粒色混合的花粒型品种;无色与有色组配是利用有色(黄、红、黑、紫等)为显性的遗传特性,以白玉米和有色玉米为双亲进行组配,育成相应的花粒型品种。

1.5 用白玉米组配紫玉米

紫玉米(purple corn)是指果皮型紫玉米,与胚、胚乳、糊粉层不同,果皮由体细胞发育而成,即不属于双受精产物。因此,果皮的颜色表现和分离规律与胚乳和胚不同。果皮颜色的遗传分离具有3个特点,无花粉直感现象,即杂交当代表型(F_0)不受父本基因型的影响;分离世代要延迟一代,不像胚、胚乳、糊粉层那样在 F_1 果穗上产生分离,而是发生在 F_2 上;颜色的分离不是以粒为单位,在1个果穗上分离出不同颜色的粒,而是以单株为单位进行分离。这给紫玉米杂交种的选育带来了极大的便利,除了以“紫×紫”的组合方式以外,还可以利用有色为显性以及果皮颜色分离世代延迟的特点,无须双亲都是紫玉米,以紫玉米与白或黄玉米杂交就可组配成紫玉米杂交种。以“白糯玉米×紫糯玉米”杂交种为

例,由于 F_0 种子的果皮仍属于母体基因型,其种子仍为白色,而在 F_1 果穗上却表现出均匀一致的紫色。当然,这种紫玉米杂交种的颜色较“紫×紫”要浅一些。史振声等^[7,8]研究表明, F_1 的花青素含量表现或颜色深浅呈加性效应,因此,紫玉米亲本的颜色越深越好。这对于种质资源较匮乏的紫糯玉米育种来说无疑是一个好的办法,同时也给一些品质优异的白糯、黄糯自交系的利用带来了佳音。

1.6 用两个白玉米组配出花粒玉米

A1、*A2*、*C1*、*C2*、*R1* 是 5 个花青素形成的必要基因,任何一个基因的缺少其糊粉层都呈无色。因此,利用这些基因不够完全的且双亲位点能够互补的两个白粒自交系组配就可制成花粒玉米杂交种。以 *A2*、*C1* 基因互补为例,白糯玉米甲 (*A1A1A2a2c1c1C2C2R1R1PrPrii*) 与白糯玉米乙 (*A1A1a2a2C1C1C2C2R1R1PrPrii*) 杂交, F_0 即为 100% 的有色 (*A1A1A2a2C1c1C2C2R1R1PrPrii*, 浅色),而 F_1 则变成花粒糯玉米杂交种。该型花粒玉米的优点是有色与白色比例大致相当,即有色:白色 = 9:7 (3 白 *A1A1A2-c1c1C2C2PrPrii*; 3 白 *A1A1a2a2C1-C2C2PrPrii*; 1 白 *A1A1a2a2c1c1C2C2PrPrii*)。对于黄胚乳也是一样,只是在黄胚乳的颜色背景下其粒色有所变化而已。

1.7 绿色玉米

到目前为止,世界上还没有发现可使玉米胚乳、糊粉层或果皮呈绿的基因,但在彩色玉米育种中,偶尔可见带有绿颜色的玉米或子粒,其奥秘就是调色板原理。在绘画调色中,绿色是由蓝色+黄色混合而得,利用这个原理,可在黄色胚乳的基础上,再覆盖以蓝色的糊粉层,利用糊粉层的半透明特点就可得到绿色的感官效果。糊粉层蓝色与前面提到的黑玉米有关,黑玉米在英文中之所以称作 blue corn,就是因为其糊粉层为黑色或蓝黑色。这种蓝黑玉米在一定的基因型和基因剂量条件下便表现为不同程度的蓝色。由于胚乳和糊粉层的深浅不同,两者叠加后产生的颜色及深浅程度也有所不同,成熟时一般以墨绿者为多。

2 鲜食玉米果皮适口性鉴定技术的改进

鲜食玉米的特殊用途决定了育种目标和选育技术的特殊性。鲜食玉米育种就是品质育种,品质不佳,其他一切都无从谈起。鲜食玉米品质主要包括食用品质、营养品质、加工品质、外观品质、货架品质等,其中食用品质即适口性最为重要。影响适口性

的性状主要有果皮、胚乳、甜(糯)性、味道、风味等,其中以果皮尤为突出。甜度、糯性、味道、风味的选育相对比较容易,而果皮性状的选育因其属于数量性状加之测定技术缺乏而难度最大,可以说鲜食玉米育种的难点就在于果皮。果皮对适口性的影响主要是食用时的皮渣感,皮渣感与果皮厚度、果皮量、果皮柔嫩度有关。目前,我国现有的鲜食玉米适口性鉴定技术体系通常按照农业部颁布的《NY/T523-2002-甜玉米》、《NY/T524-2002NY/T-糯玉米》,其中对适口性即蒸煮品质的评价采取的是品尝打分的方法,但在育种实践中却难以应用^[9-12]。因其指标不能定量,在实际操作中难以精准;育种中面对数以千计且采收时间又各不相同的品种(或自交系),靠人工品尝难以操作;即使品尝,样本量大、所需时间长,误差也大。

国内外对鲜食玉米果皮适口性已有较多研究,并试图通过果皮厚度、皮渣率等指标找到比人工品尝更有效的鉴定方法。一般认为果皮厚度、皮渣率与适口性好坏呈负相关关系,即果皮越薄,果皮含量越少,皮渣感越轻^[13-23]。史振声等^[24]利用不同的种质和大量样品研究发现,果皮厚度与果皮适口性(果皮柔嫩性)之间并不存在负相关关系,即果皮的柔嫩性并不完全取决于果皮的厚度和皮渣率的高低。史振声等^[25]对鲜食玉米果皮鉴定方法进行了改进,引入了果皮拉力和果皮硬度两项指标,将目前通常采用的生鲜样品改为熟(蒸熟)鲜样进行鉴定。

果皮拉力和果皮硬度两项指标的引入基于果皮厚度和皮渣率与适口性无相关关系的研究结果,并进一步分析认为,鲜食玉米的果皮对口感的影响主要是果皮的耐咀嚼性,即韧性和硬度,因此,以果皮拉力和果皮硬度指标才能更直接地反映其果皮质地。相对于皮渣率和果皮厚度来说,果皮拉力和果皮硬度测定相对更简单、工作量更小。沈阳农业大学利用生鲜样和熟鲜样进行验证测定,结果表明,生鲜样品的果皮硬度,品系间的变幅为 $(0.26 \sim 1.22) \times 10^5$ Pa,最大比最小的高出 4.0 倍。熟鲜样品系间的变幅为 $(0.17 \sim 1.38) \times 10^5$ Pa,最大比最小的高出 7.1 倍;果皮拉力,生鲜样品最大的达 3.309 N,最小的为 1.132 N,最大是最小的 2.92 倍。而熟样品最大的为 2.224 N,最小的为 0.521 N,最大是最小的 4.3 倍。熟鲜样品明显放大了品系之间的差异,使品种之间的区别更加明显,鉴定更加容易。相关分析表明,生鲜样品与熟鲜样品之间,果皮拉力的相关系数为 0.75,果皮硬度的相关系数为 0.95,均达极显著水平。

随着鲜食玉米研究的不断深入,必将为鲜食玉

米育种理论和育种技术提供更有力的支撑。同时,产业发展和消费市场的变化也为鲜食玉米研究提出更新更高的要求。我国作为经济大国和食品消费大国,鲜食玉米产业存在巨大的发展潜力。因此,充分挖掘玉米的遗传潜力,深入研究鲜食玉米育种理论和育种技术,创制更新的种质和更新的品种,才能迎接新的挑战。

参考文献:

- [1] 佟屏亚. 中国玉米品种科技论坛[M]. 北京:中国农业科技出版社,2001.
- [2] 史振声. 特种玉米育种栽培与加工[M]. 沈阳:辽宁科技出版社,1994.
- [3] 刘纪麟. 玉米育种学[M]. 北京:中国农业出版社,1991.
- [4] 黄炳生. 利用甜糯双隐性或三隐性基因系选育甜糯玉米杂交种[J]. 玉米科学,2003(增):17-19.
Huang B S. The application of double(three) recessive genes in breeding sweet glutinous corn[J]. Journal of Maize Sciences, 2003 (S): 17-19. (in Chinese)
- [5] 周洪生. 玉米种子大全[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [6] 玉米遗传育种学编写组. 玉米遗传育种学[M]. 北京:科学出版社,1979.
- [7] 史振声,贾森. 紫玉米不同组合配方式的花青素含量及产量比较[J]. 种子,2012(7):13-17,20.
Shi Z S, Jia S. Comparison of yield and anthocyanin content of purple corn of different combining types[J]. Seeds, 2012(7): 13-17, 20. (in Chinese)
- [8] 史振声,关博,朱敏. 紫玉米不同品种的产量、花青素含量及生理指标研究[J]. 玉米科学,2012,20(3):63-67.
Shi Z S, Guan B, Zhu M. Yield, anthocyanin content and physiology indexes of different purple corn varieties[J]. Journal of Maize Sciences, 2012, 20(3): 63-67. (in Chinese)
- [9] 中华人民共和国农业部行业标准. NY/T523-2002-甜玉米, NY/T524-2002NY/T-糯玉米[S]. 2002.
- [10] 史振声,张喜华. 鲜食型玉米育种目标和品种标准的探讨[J]. 玉米科学,2002,10(4):16-18.
Shi Z S, Zhang X H. Study on breeding goal and variety standard of fresh-eating corn[J]. Journal of Maize Sciences, 2002, 10(4): 16-18. (in Chinese)
- [11] 曾三省. 鲜食糯玉米的品种及其品质评价[J]. 上海农业科技,2002(1):55-56.
Zeng S S. Fresh-eating waxy corn varieties and its quality evaluation[J]. Shanghai Agricultural Science and Technology, 2002(1): 55-56. (in Chinese)
- [12] 曾孟潜,等. 优质玉米食用品质及其评价标准《中国玉米品种科技论坛》[C]. 北京:中国农业科技出版社,2001.
- [13] 姚晓云,史振声. 鲜食玉米果皮厚度研究进展[J]. 种子,2013,32(5):49-50.
Yao X Y, Shi Z S. A review of studies on pericarp characteristics of fresh corn[J]. Seeds, 2013, 32(5): 49-50. (in Chinese)
- [14] 李余良,林瑞德,胡建广,等. 用显微测微尺测定超甜玉米果皮厚度初报[J]. 广东农业科学,2004(增刊):48-49.
Li Y L, Lin R D, Hu J G, et al. Preliminary report of determination of super-sweet corn pericarp thickness with microscopic micrometer scale[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2004(S): 48-49. (in Chinese)
- [15] 洪雨年. 用测微计测定甜玉米果皮厚度[J]. 上海农业学报,1995,11(4):51-54.
Hong Y N. Determination of sweet corn pericarp thickness with micrometer scale[J]. Acta Agriculturae Shanghai, 1995, 11(4): 51-54. (in Chinese)
- [16] 周淑梅,孙秀东,李小琴. 薄果皮甜玉米自交系的鉴定与分级[J]. 山东农业科学,2008(5):9-13.
Zhou S M, Sun X D, Li X Q. Identification and classification of thin pericarp sweet corn inbred lines[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2008(5): 9-13. (in Chinese)
- [17] 周淑梅,李小琴,孙秀东. 甜玉米子粒果皮厚度变化规律的研究[J]. 作物杂志,2008(1):17-20.
Zhou S M, Li X Q, Sun X D. Study on change patterns of sweet corn pericarp thickness[J]. Crops, 2008(1): 17-20. (in Chinese)
- [18] 乐素菊,肖德兴,刘鹏飞,等. 超甜玉米果皮结构与子粒柔嫩性的关系[J]. 作物学报,2011,37(11):2111-2116.
Le S J, Xiao D X, Liu P F, et al. Relationship between pericarp structure and kernel tenderness in super-sweet corn[J]. Acta Agronomica Sinica, 2011, 37(11): 2111-2116. (in Chinese)
- [19] Bailey D M, Bailey R M. The relation of the pericarp to tenderness in sweet corn[J]. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 1938(36): 555-559.
- [20] Tracy W F, Schimide K H. Effect of endosperm type on pericarp thickness in sweet corn inbreds[J]. Crop Sci., 1987(27): 692-694.
- [21] Bertoia L M, Magoja J L. Perennial teosinte-gaspe hybrids: Inheritance of pericarp thickness[J]. Maize Genet.Coop.Newsletter, 1986 (60): 86-87.
- [22] Helm J L, Glover D V, Zuber M S. Effect of endosperm mutant on pericarp thinness in corn[J]. Crop Sciences, 1970(10): 195-196.
- [23] Tracy W F, Juvik J A. Pericarp thickness of a sh2 population of maize selected for improved field emergence[J]. Crop Sciences, 1989, 29(1): 72-74.
- [24] 史振声,姚晓云,朱敏. 鲜食玉米果皮特性与适口性差异研究[J]. 玉米科学,2013,21(1):79-84.
Shi Z S, Yao X Y, Zhu M. Differences of pericarp characteristics and palatability of fresh corn[J]. Journal of Maize Sciences, 2013, 21(1): 79-84. (in Chinese)
- [25] 史振声,李坤,朱敏. 鲜食糯玉米的果皮性状研究[J]. 玉米科学,2014,22(5):47-51.
Shi Z S, Li K, Zhu M. Pericarp characteristics of fresh waxy corn[J]. Journal of Maize Sciences, 2014, 22(5): 47-51. (in Chinese)

(责任编辑:高阳)