Cereal Biotechnology and Biochemistry

Online ISSN: 2783-5170

Homepage: https://cbb.razi.ac.ir

# A review of the background and breeding methods of sweet corn

**Majid AghaAlikhani [1]✉ & Khosro Mohammadi [2]**

[1]✉ Professor, Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: maghaalikhani@modares.ac.ir

[2] Associate Professor, Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Sanandaj Branch, Kurdistan, Iran. E-mail: khosromohammadi60@yahoo.com

## ABSTRACT

Sweet corn, Zea mays Var. Saccharata is the youngest form of corn that arose after an accidental mutation in the common corn, and the Native Americans and Indian tribes began to cultivate it after becoming aware of the differences. The first registered variety of sweet corn was named Black Iroquois by European settlers in 1779. In the 19th century, white OP (open pollination) cultivars became popular in the United States. Two varieties of this type that are still cultivated and consumed are the Country Gentleman variety (with elongated and small seeds and irregular rows, also called Shoepeg corn) and the 'Stowell's Evergreen' variety. Scientific developments in the field of plant breeding, including the hybridization technology by inducing traits such as ripening at the same time and improving the quality of cobs and resistance to diseases, created tremendous changes in the production of sweet corn in the 20th century. This article with an overview of the successes achieved in creating new cultivars and improving the quality and marketability traits of sweet corn, its genetic differences from common corn, and the role of hybridization as one of the common tools of classical breeding to achieve superior genotype qualities are emphasized in sweet corn. Classification of sweet corn hybrid cultivars based on factors such as genes affecting carbohydrate metabolism and endosperm sugar percentage, planting time until harvest, seed color (yellow, white, pink, purple, and black), cob shape, and type of consumption (freshly eaten, Freezing, canning and exporting) forms another part of this article. Examining sweet corn breeding methods shows that despite the use of a number of specific techniques and theories, due to the different results of each method, the effect of external pollination, and the high perishability of the final product, Sweet corn breeding is very different in practice. The most important methods in sweet corn breeding have been reviewed in another part of this article. These methods include pedigree breeding, production of synthetic and composite masses, backcrossing and breeding with the help of molecular markers, as well as selection for some special traits such as edible quality, seed production, improved germination in Sh2 seeds, and resistance to pests and pathogens. In the final part, all kinds of sweet corn varieties, including commercial hybrids for fresh consumption and hybrids suitable for processing, have been introduced according to the genetic changes that have taken place in sweet corn cultivars since long ago.

**Keywords:** Backcrossing, Commercial hybrids, Hybridization, Molecular markers, Pedigree breeding, Synthetic masses

**Article Type:** Review Article

**Article history: Received:** 16/04/2022, **Revised:** 26/05/2022, **Accepted:** 30/05/2022, **Published online:** 26/06/2022

**Cite this article:** AghaAlikhani, M. & Mohammadi, K. (2022). A review of the history and breeding methods of sweet corn. Cereal Biotechnology and Biochemistry. 1 (2). 249-301. DOI: 10.22126/cbb.2022.8054.1016

© The Author(s).

**Publisher:** Razi University

10.22126/cbb.2022.8054.1016

بیوتکنولوژی و بیوشیمی غلات
شاپا الکترونیکی: ۵۱۷۰-۲۷۸۳
Homepage: https://cbb.razi.ac.ir

# مروری بر پیشینه و روش‌های به‌نژادی ذرت شیرین

**مجید آقاعلیخانی [۱] ✉ و خسرو محمدی [۲]**

[۱] ✉ استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: maghaalikhani@modares.ac.ir
[۲] دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج، کردستان، ایران. رایانامه: khosromohammadi60@yahoo.com

## چکیده

ذرت شیرین، Zea mays Var. Saccarata از جوان‌ترین شکل‌های ذرت است که در پی جهش اتفاقی در ذرت معمولی به وجود آمد و بومیان آمریکایی و قبایل سرخپوست پس از واقف شدن به تفاوت¬ها، به کشت و کار آن مبادرت کردند. اولین واریته ثبت شده ذرت شیرین به نام Black Iroquoise توسط مهاجران اروپایی در سال ۱۷۷۹ نامگذاری شد. در قرن نوزدهم ارقام آزاد گرده‌افشان (OP) سفید رنگ در ایالات متحده آمریکا رواج یافتند. امروزه دو رقم از این نوع هم کشت و هم مصرف می‌شوند، یکی واریته کانتری جنتلمن (با دانه‌های کشیده و کوچک و ردیف‌های نامنظم که به آن ذرت میخ کفشی هم گفته می‌شود) و دیگری رقم 'Stowell's Evergreen' است. تحولات علمی در زمینه علم اصلاح نباتات از جمله فناوری دورگ‌گیری با القای صفاتی مانند رسیدگی همزمان، ارتقای کیفیت بلال و مقاومت به بیماری‌ها تحولات شگرفی در تولید ذرت شیرین در قرن بیستم ایجاد نمود. در این جستار، با مروری بر موفقیت‌های حاصل شده در ایجاد ارقام جدید و بهبود صفات کیفی و بازارپسندی ذرت شیرین، تفاوت‌های ژنتیکی آن با ذرت معمولی بررسی و بر نقش هیبریداسیون به عنوان یکی از ابزارهای متداول به‌نژادی کلاسیک برای دستیابی به ژنوتیپ‌های برتر در ذرت شیرین تأکید شده است. تقسیم‌بندی ارقام هیبرید ذرت شیرین بر اساس عواملی مانند ژن‌های مؤثر بر متابولیسم کربوهیدرات‌ها و درصد قند آندوسپرم، مدت زمان کاشت تا رسیدن محصول، رنگ دانه (زرد، سفید، صورتی، ارغوانی و سیاه)، شکل بلال و نوع مصرف (تازه‌خوری، منجمد کردن، کنسروسازی و صادرات)، بخش دیگری از این مقاله را تشکیل می‌دهد. بررسی روش‌های به‌نژادی ذرت شیرین نشان می‌دهد با وجود استفاده از چندین تکنیک و تئوری‌های مشخص، به‌نژادی ذرت شیرین به علت نتیجه متفاوت حاصل از هر روش، تأثیر گرده‌افشانی خارجی (دگرگرده‌افشانی) و فسادپذیری بالای محصول نهایی، در عمل بسیار متفاوت است. مهم‌ترین روش‌ها در به‌نژادی ذرت شیرین مشتمل بر به‌نژادی شجره‌ای، تولید توده‌های سنتزی و مرکب، تلاقی برگشتی و اصلاح به کمک نشانگرهای مولکولی و نیز انتخاب برای برخی صفات ویژه مانند کیفیت خوراکی، تولید بذر، جوانه‌زنی بهبودیافته در بذرهای Sh2 و ایجاد مقاومت در برابر آفات و بیمارگرها در بخش دیگری از این مقاله مرور شده‌اند. با توجه به تحولات ژنتیکی که در ارقام ذرت شیرین از دیرباز تاکنون صورت گرفته، در بخش پایانی، انواع واریته¬های ذرت شیرین از جمله هیبریدهای تجاری برای مصارف تازه‌خوری و هیبریدهای مناسب برای فرآوری معرفی شده‌اند.

**واژه‌های کلیدی:** اصلاح شجره‌ای، تلاقی برگشتی، توده‌های سنتزی، دورگ‌گیری، نشانگرهای مولکولی، هیبریدهای تجاری

**نوع مقاله:** مقاله پژوهشی

**نوع مقاله: دریافت:** ۱۴۰۱/۰۱/۲۷ **اصلاح:** ۱۴۰۱/۰۳/۰۵ **پذیرش:** ۱۴۰۱/۰۳/۰۹، **انتشار آنلاین:** ۱۴۰۱/۰۴/۰۷

**استناد**: آقاعلیخانی، م. و محمدی، خ. (۱۴۰۱). مروری بر پیشینه و روش‌های به‌نژادی ذرت شیرین. بیوتکنولوژی و بیوشیمی غلات. ۱ (۲). ۲۴۹-۳۰۱.
DOI: 10.22126/cbb.2022.8054.1016

ناشر: دانشگاه رازی

© نویسندگان.

**مقدمه**

ذرت شیرین (*Zea mays* Var. Saccharata)، با 2n=2x=20 کروموزوم، یکی از واریته‌های ذرت معمولی (*Zea mays*) است و از جوان‌ترین شکل‌های ذرت محسوب می‌شود. این گونه زراعی یک تغییریافته ژنتیکی است که با انجام جهش در جایگاه ژنی Su از کروموزوم شماره ۴ ذرت دانه‌ای حاصل شده است (Hannah *et al*., 1980). این تغییر ژنتیکی سبب تجمع قندها و پلی‌ساکاریدهای محلول در آب، در آندوسپرم دانه می‌شود.

نخستین بار ذرت شیرین در پی جهش اتفاقی در ذرت معمولی بوجود آمد و بومیان آمریکایی و قبایل سرخپوست پس از واقف شدن به تفاوت‌ها به کشت و کار آن مبادرت کردند. اولین واریته ثبت شده ذرت شیرین به نام Black Mexican sweet corn یا Black Iroquoise توسط مهاجران اروپایی در سال ۱۷۷۹ نامگذاری شد (Ordas *et al*., 2008). دانه‌های بلال این واریته در مرحله شیری، سفید است و در زمان بلوغ به آبی متمایل به سیاه تغییر رنگ می‌دهد. برخلاف نام آن، ارتباطی با مکزیک ندارد. در قرن نوزدهم ارقام آزاد گرده افشان (OP) سفید رنگ در ایالات متحده آمریکا رواج یافتند. امروزه دو رقم از این نوع هم کشت و هم مصرف می‌شوند، یکی واریته 'Country Gentleman' (با دانه‌های کشیده و کوچک و ردیف‌های نامنظم که به آن ذرت میخ کفشی یا Shoepeg corn هم گفته می‌شود) و دیگری رقم 'Stowell's Evergreen' است (Anonymous, 2017).

تولید ذرت شیرین در قرن بیستم با تحولات مهمی به شرح زیر همراه شد. فناوری دورگ‌گیری یا هیبریداسیون امکان همزمان‌رسی را فراهم ساخت و کیفیت بلال و مقاومت به بیماری‌ها را بهبود بخشید. مهم‌ترین اقدامات در این زمینه عبارت بودند از:

۱) در سال ۱۹۳۳ رقم 'Golden Cross Bantam' معرفی شد. این اولین دورگ سینگل کراس موفق در ذرت شیرین بود. علاوه‌براین، تولید این واریته اولین قدم برای ایجاد مقاومت به بیماری باکتریوز ذرت یا پژمردگی باکتریایی استوارت[1] محسوب شد.

۲) دومین موفقیت شامل شناخت جهش‌های ژنی مجزای مسئول شیرینی در ذرت، همچنین توانایی به‌نژادی ارقام بر اساس آن ویژگی‌ها بود که خود زمینه‌ساز تحولی چشمگیر در زمینه تولید بذر، تولید بلال و فرآوری صنعتی ذرت شیرین شد.

هم اکنون با تکیه بر این توفیقات، صدها رقم ذرت شیرین به‌نژادی و معرفی شده‌اند. ارقام اولیه نتیجه جهش در آلل suموسوم به normal sugary هستند و از دیرباز توسط بومیان آمریکا استفاده می‌شده‌اند. این ارقام در حدود ۵ تا ۱۰ درصد وزنی قند دارند. به این ارقام، واریته‌های شیرین،

[1] Stewart's Bacterial Wilt

نرمال یا استاندارد می‌گویند. اولین نمونه‌های ارقام سوپر سوییت (Super sweet) یا فوق شیرین که قند بیشتری دارند، در دانشگاه ایلی‌نویز در Urbana–Champaign آمریکا توسط پروفسور Laughnan به‌نژادی شدند. او دو ژن خاص در ذرت شیرین را شناسایی کرد که یکی از آن‌ها موسوم به ژن sh2 (shrunken-2) باعث چروکیده شدن دانه ذرت در هنگام خشک شدن می‌گردد. پس از بررسی-های بیشتر، ایشان فهمید که آندوسپرم دانه‌های ذرت شیرین با ژنوم sh2 در مقایسه با ارقام استاندارد با ژنوم su، نشاسته کمتری ذخیره می‌کنند و در عوض ۴ تا ۱۰ برابر قند بیشتری دارند. یافته‌های این دانشمند در سال ۱۹۵۳ منتشر شد و بر مزایای پرورش دادن ذرت ارقام فوق شیرین تأکید داشت. با این حال، بسیاری از به‌نژادگران ذرت، شور و اشتیاق بالایی برای این ارقام جدید نشان ندادند. موسسه "بنیاد بذر ایلی نویز" اولین شرکت بذری بود که یک رقم سوپر سوییت به نام 'Illini Xtra Sweet' را معرفی نمود. با این حال، استفاده گسترده از دورگ‌های فوق شیرین تا اوایل دهه ۱۹۸۰ روی نداد. مقبولیت این ارقام به دلیل طولانی بودن دوره نگهداری و درصد قند بالاتر نسبت به ارقام رایج، روز به‌روز بیشتر شد. این ویژگی، حمل و نقل ذرت شیرین به مقاصد تجاری دوردست را میسر ساخت و کارخانه‌های صنایع غذایی را قادر ساخت تا بدون افزودن شکر و نمک اضافی، ذرت شیرین را کنسرو نمایند.

سومین جهش ژنتیکی که شناخته شد، بروز جهش در آلل se (sugary enhanced) بود. این آلل، مسئول افزایش درصد قند در ارقامی همچون 'Kandy Korn' شد که به آن‌ها میراث جاودان[2] اطلاق می‌شود. ارقامی با آلل‌های se طول مدت انبارداری بیشتر و در حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد قند دارند (Rubino & Davis, 1990; Ordas *et al*., 2008). گفتنی است تمام آلل‌های مسئول در شیرینی و ماندگاری ذرت شیرین، از نوع برگشتی هستند. بنابراین محل کشت آن‌ها باید ایزوله و به اندازه کافی از سایر ارقام ذرت، از قبیل ذرت آجیلی و ذرت معمولی که ممکن است همزمان دانه گرده آزاد نمایند، دور باشد. در شکل‌گیری آندوسپرم دانه، ژن‌های هر دو والد نقش دارند، به این ترتیب دانه‌های هتروزیگوت، سخت و نشاسته‌ای خواهند بود. در مورد آلل-های se و su ایزوله کردن آن‌ها از یکدیگر ضروری نیست. هر چند در ارقام فوق شیرین واجد آلل sh2 برای اجتناب از وقوع دگرگشنی و جلوگیری از نشاسته‌ای شدن دانه‌ها، لازم است که از لحاظ مکان یا زمان کشت، جدا از سایر ارقام کشت شوند. در منابع علمی مختلف حداقل فاصله ایزولاسیون که عدم انجام دگرگشنی را تضمین نماید، بین ۳۰ تا ۱۲۰ متر ذکر شده است (Tracy *et al*., 2000).

## ۲. تفاوت‌های ژنتیکی

[2] Everlasting Heritage

ذرت شیرین در مقایسه با ذرت معمولی در آندوسپرم بذر خود، نسبت قند به نشاسته بیشتری دارد. بخشی از محصول ذرت شیرین که به مصرف انسان می‌رسد، حاوی آندوسپرم و دیوارۀ تخمدان است. ژن‌هایی که کیفیت دانه ذرت شیرین (بو، طعم، بافت آندوسپرم و نرمی بافت پری‌کارپ) را از سایر ارقام ذرت متمایز می‌سازند، روی این بخش‌ها اثر دارند. از آنجا که میزان قند و نشاسته بافت آندوسپرم، عامل اصلی تعیین‌کننده شیرینی و طعم دانه می‌باشد، به همین دلیل سنتز نشاسته در آندوسپرم ذرت شیرین موضوع تحقیقات بسیاری بوده است.

بر اساس جهش‌های مربوط به سنتز نشاسته و بنا به تغییراتی که در محتوی آندوسپرم دانه ایجاد می‌شود، واریته‌های ذرت شیرین به دو گروه تقسیم می‌شوند:

۱- *واریته‌های ذرت شیرین معمولی*- در این گروه از ارقام، جهش روی ژن‌های $bt_1$[3] و$bt_2$[4] انجام می‌گیرد. ژن های $bt_1$ و $bt_2$ به ترتیب روی کروموزوم‌های شماره ۵ و ۴ قرار دارند.

۲- *واریته‌هایی که میزان قندشان زیاد است*- در این گروه از ارقام، جهش روی ژن $Sh_2$[5] صورت می‌گیرد. نتیجه جهش در آلل $Sh_2$ تولید ارقامی است که برای فرآوری دانه مناسب می‌باشند. این ارقام، سوپر سوییت یا فوق شیرین نامیده می‌شوند و در زمان برداشت، شیرینی زیادی دارند و پس از برداشت نیز شیرین باقی می‌مانند. ژن $Sh_2$ روی کروموزوم شماره ۳ قرار دارد و بر فعالیت آنزیم ADP گلوکز پیروفسفوریلاز تأثیرگذار می‌باشد. در این ارقام، محتوی قند دانه نسبت به نشاسته به میزان قابل توجهی افزایش پیدا می‌کند، ولی میزان کلی کربوهیدرات‌های دانه و وزن خشک کاهش می‌یابد. در ارقام جهش‌یافته ۱۸ تا ۲۱ روز پس از گرده‌افشانی میزان قند دانه ۴ تا ۸ برابر بیشتر از ارقامی است که در آن‌ها جهش صورت نگرفته است. به عبارت دیگر، در واریته‌های پرقند برای افزایش قند در آندوسپرم، تغییرات ژنتیکی کنترل شده‌ای در بذر آن‌ها به وجود آمده است و تبدیل قند به نشاسته بعد از برداشت، آهسته‌تر انجام می‌شود.

گروهی از جهش‌ها روی ژن‌های $ae_1$[6]، $du_1$[7] و $wx_1$[8] انجام می‌گیرد و میزان تولید پلی‌ساکاریدهای دانه را تغییر می‌دهند. این ارقام در مقایسه با سایر ارقام ذرت شیرین نشاسته کمتر ولی نسبت به ارقام $Sh_2$ درصد قند کمتری دارند. در این ارقام اگر دو یا سه جهش به صورت همزمان انجام پذیرد، ممکن است مانند ارقام $Sh_2$ درصد قند دانه به طور قابل توجهی افزایش یابد. در حال حاضر ارقامی ایجاد شده‌اند که در آن‌ها سه جهش به صورت همزمان در $ae_1$ ، $du_1$ و $wx_1$ صورت گرفته است.

[3] $Brittle_1$
[4] $Brittle_2$
[5] $Shrunken_2$
[6] $Amylose\ extender_1$
[7] $Dull_1$
[8] $Waxy_1$

ارقام قدیمی ذرت شیرین دارای گرده‌افشانی باز بوده‌اند و به آن‌ها ارقام آزاد گرده افشان یا OP[9] گفته می‌شود. واریته‌های جدید ذرت شیرین که در حدود ۸۵ درصد سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده‌اند، هیبریدهای $F_1$ هستند که از عملکرد و یکنواختی بیشتری برخوردارند. این ارقام جدید برای برداشت مکانیزه و صنایع تبدیلی، بیشتر از ارقام با گرده‌افشانی باز اهمیت دارند.

### ۳. هیبریداسیون ( دورگ‌گیری)

هیبریداسیون یکی از ابزارهای متداول به‌نژادی کلاسیک در گیاهان است که در واقع به تلاقی بین دو واریته برای دستیابی به ژنوتیپ برتر اطلاق می‌شود. وجود پدیده هیبریداسیون، امکان انتقال ژن‌های مفید از یک گونه به گونه دیگر را فراهم می‌کند. یک برنامه دورگ‌گیری ممکن است بین واریته‌های داخل یک گونه یا بین والدین چند جنس مختلف صورت پذیرد. به‌نژادگران بعد از دورگ‌گیری در جستجوی ژنوتیپ‌های برتر هموزیگوت نیستند، بلکه سعی می‌کنند مجموعه‌ای از ژن‌ها را انتخاب کنند که دارای اثر متقابل ژنتیکی مفید و اثرات هتروزیس[10] هستند. هیچ پدیده‌ای در علم اصلاح نباتات نتوانسته به اندازه واریته‌های دورگ، روی افزایش مواد غذایی دنیا تأثیر بگذارد. واریته‌های دورگ به جامعه $F_1$ که برای استفاده تجاری تولید می‌شوند، اطلاق می‌شود. هتروزیس یا قدرت دورگ، طبق تعریف، برتری عملکرد، اندازه، بنیه یا تولید افراد نسل اول حاصل از تلاقی، در مقایسه با میانگین والدین آن‌ها یا نسبت به بهترین والد می‌باشد. اغلب آثار بنیه دورگ در گیاهان با افزایش قدرت و بنیه، افزایش رشد رویشی، قدرت باروری بیشتر، میوه‌دهی، سرعت نمو، عملکرد محصول برداشت شده، مقاومت به بیماری‌ها و آفات و کیفیت بهتر قابل مشاهده است.

ذرت شیرین هیبرید از تلاقی دو یا چند لاین اینبرد یا از تلاقی یک رقم واقعی با یک لاین اینبرد که یکی از آن‌ها دارای نرعقیمی سیتوپلاسمی است و هر دو دارای سیستم‌های ژنتیکی مکمل برای بازگشت باروری نسل $F_1$ هستند، حاصل شده‌اند. با وجود این، هنوز هیبریدها از طریق حذف گل‌های نر از پایه باروری طبیعی و تلاقی آن با یک لاین خالص، تولید می‌شوند. واریته‌های هیبرید نه تنها در حدود ۳۵ درصد عملکرد بیشتری از واریته‌های گرده افشان باز دارند، بلکه بلال‌هایی مرغوب و یکنواخت از نظر اندازه و زمان رسیدگی تولید خواهند نمود. واریته‌های آزاد گرده‌افشان همچنان در قسمت‌هائی از ایالات متحده آمریکا کاشت می‌شوند. از این ارقام می‌توان به Stowellever Green و Shoe peg به منظور استفاده در صنایع تبدیلی و Southern Shipper و Hichory king که مقاوم به کرم بلال می‌باشند، اشاره نمود. بسیاری از واریته‌های هیبرید شناخته شده مانند Carmel Cross, Span Cross, Mar

[9] Open pollination
[10] Heterosis

Cross هیبریدهای Top Cross می‌باشند. متداول‌ترین هیبرید ذرت شیرین که در سطح وسیعی کشت می‌شود، Golden Cross Bantam است.

**۴. تقسیم‌بندی ارقام هیبرید ذرت شیرین**

ارقام ذرت شیرین بر اساس عواملی مانند ژن‌های مؤثر بر متابولیسم کربوهیدرات‌ها و درصد قند آندوسپرم، مدت زمان کاشت تا رسیدن محصول، رنگ دانه (زرد، سفید، صورتی، ارغوانی و سیاه) (شکل۱)، شکل بلال و نوع مصرف (تازه‌خوری، منجمدکردن، کنسروسازی و صادرات) تقسیم‌بندی می‌شوند.

۱) هیبرید ساده یا سینگل‌کراس (Single Cross) که از آمیختگی دو لینه یا لاین اینبرد (A×B) حاصل می‌شوند.

۲) هیبرید مضاعف یا دابل‌کراس (Double Cross) که از آمیزش دو هیبرید ساده با هم به دست می‌آیند {(A×B) × (C×D)}.

۳) هیبرید سه‌جانبه یا تری‌وی‌کراس ( Three way Cross). این دورگ نتیجه آمیختگی یک هیبرید ساده با یک لینه اینبرد (A×B)×C است.

استفاده از بذر هیبریدهای سنیگل‌کراس در سال‌های اخیر افزایش یافته است و دلیل آن عمدتاً یکنواختی بیشتر گیاهان، ساقه‌های کوتاه‌تر و نیاز کمتر به عملیات داشت در تولید بذر نسبت به هیبریدهای دوگانه و سه گانه می‌باشد. واریته‌های ذرت شیرین بر اساس مدت زمان کاشت تا رسیدگی، در چهار گروه طبقه‌بندی شده‌اند:

- زودرس (۶۰-۷۰ روز) مانند: *Early sunglow, Northern Xtra Sweet*
- میان‌رس (۷۱-۸۰ روز) مانند: *Jaws, Sweetness , King koo*
- دیررس (۸۱-۹۰ روز) مانند: *Illini Xtra Sweet , Kandy Korn*
- خیلی دیررس (بیش از ۹۱ روز) مانند: *Silver Queen, Suntava Purple*

به طور کلی واریته‌های دیررس ذرت شیرین در مقایسه با واریته‌های زودرس بلال‌هایی بزرگ‌تر با کیفیت مطلوب‌تر و ظاهری بهتر تولید می‌کنند. طول دوره رشد و ویژگی‌های دانه و بلال برخی واریته‌های ذرت شیرین در جدول ۱ نشان داده شده است.

**جدول ۱- ویژگی‌های دانه و بلال برخی واریته‌های ذرت شیرین*.**

**Table 1. Characteristics of seeds and ear of some sweet corn varieties.**

| نام واریته<br>Variety name | تعداد ردیف در بلال<br>Number of row per ear | طول بلال (سانتی‌متر)<br>Ear Length (cm) | رنگ دانه<br>Kernel color | طول دوره رشد (روز)<br>Growth period (day) |
|---|---|---|---|---|
| Early sunglow | 12 | 18 | زرد<br>Yellow | 63 |
| Northern Xtra Sweet | 14-16 | 23 | زرد<br>Yellow | 67 |
| Peaches & Cream | 18-20 | 20.3 | سفید و زرد<br>White and yellow | 70 |
| Span Cross | 10-12 | 12-15 | زرد<br>Yellow | 70 |
| Golden Beauty | 10-14 | 17-18 | زرد<br>Yellow | 70 |
| Early Xtra Sweet | 14-16 | 20-23 | زرد طلایی<br>Golden yellow | 71 |
| Jaws | 14-16 | 30 | زرد<br>Yellow | 72 |
| Sweetness | 12-14 | 20.3 | سفید و زرد<br>White and yellow | 72 |
| King Kool | 14-16 | 18-21 | سفید و زرد<br>White and yellow | 73 |
| Ambrosia | 16 | 20.3 | سفید و زرد<br>White and yellow | 75 |
| Silver Choice | 16-18 | 20.3 | سفید<br>White | 75 |
| Ruby Queen | 16-18 | 21 | قرمز<br>Red | 75 |
| Tessa | 18 | 17-19 | زرد<br>Yellow | 70-75 |
| Samyra | 20-22 | 20 | زرد<br>Yellow | 70-75 |
| Jessica | 18-20 | 20 | زرد<br>Yellow | 70-75 |
| Amaize | 16-18 | 20.3 | سفید | 77 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | White | | | |
| 79 | زرد<br>Yellow | 13-16 | 8 | Golden Bantam |
| 80 | سفید و زرد<br>White and yellow | 21 | 16-20 | Sub & Star bicolorr |
| 80 | زرد<br>Yellow | 15-20 | 12-14 | Carmel Cross |
| 85 | زرد<br>Yellow | 20-22 | 14-16 | Victory Golden |
| 85 | زرد<br>Yellow | 21 | 14-18 | Illini Xtra Sweet |
| 89 | زرد طلایی<br>Golden yellow | 21 | 16-20 | Kandy Korn |
| 92 | سفید<br>White | 18-21 | نامنظم<br>Irregular | Country Gentleman |
| 92 | سفید<br>White | 21-23 | 14-16 | Silver Queen |
| 80-120 | بنفش- ارغوانی<br>Purple | 21 | 12-14 | Suntava Purple |

*Hannah *et al*., 1980; Tracy *et al*., 2000; Ordas *et al*., 2008; Anonymous, 2017

بر اساس رنگ دانه ارقام مختلف ذرت شیرین را می‌توان به سه گروه دانه زرد، سفید و دو رنگ تقسیم‌بندی کرد. فریتز و همکاران (Fritz *et al*., 2002) مهم‌ترین واریته‌های ذرت شیرین را که به مرحله تولید تجاری رسیده‌اند، بر حسب رنگ دانه (زرد، سفید و دو رنگ) و طول دوره رشد تقسیم‌بندی کرده‌اند (جدول‌های ۲، ۳ و۴). این ارقام در حال حاضر به طور گسترده تولید و به همه جای دنیا صادر می‌شوند.

**جدول ۲- ارقام ذرت شیرین دانه زرد که به مرحله تولید تجاری رسیده‌اند (Fritz *et al*., 2002).**

**Table 2. Sweet corn varieties with yellow seeds that have reached the stage of commercial production.**

| ژنوتیپ | رقم | | طول دوره رشد (روز) |
|---|---|---|---|
| Genotype | Cultivar | | Growth period (day) |
| | Earlivee | Northern Vee | 62-72 |
| Su | NK 199 | Jubilee | 73-83 |
| | Cornocopia | Jubilee RR | >83 |
| | Bodacious | Sugar Buns | 62-72 |
| Se | Miracle | Incredible | 73-83 |
| | Kandy Korn | Tendertreat | >83 |
| | Xtra Sweet 82 | Northern Xtra Sweet | 62-72 |
| Sh2 | Super Jubilee | Sweetie 82 | 73-83 |
| | Paradise | Illini Xtra Sweet | >83 |

**جدول ۳- ارقام دانه سفید ذرت شیرین که به مرحله تولید تجاری رسیده‌اند (Fritz *et al*., 2002).**

**Table 3. Sweet corn varieties with white seeds that have reached the stage of commercial production.**

| ژنوتیپ | رقم | | طول دوره رشد (روز) |
|---|---|---|---|
| Genotype | Cultivar | | Growth period (day) |
| Su | | Silver Queen | >83 |
| | Divinity | Sugar Snow | 62-72 |
| Se | | Alpine | 73-83 |
| | | Argent | >83 |
| Sh2 | Snowbird | How Sweet It Is | >83 |
| | Pegasus | | |

**جدول ۴- ارقام ذرت شیرین تجاری با دانه‌های دو رنگ (Fritz *et al.*, 2002).**

**Table 4. Commercial sweet corn cultivars with two-color seeds.**

| ژنوتیپ<br>Genotype | طول دوره رشد (روز)<br>Growth period (day) | رقم<br>Cultivar | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Su | 62-72 | Quickie | | | |
| | 73-83 | Honey and Cream | | | |
| Se | 62-72 | Seneca Dawn | Ambrosia | D'Artagnan | Kiss n Tell |
| | 73-83 | Calico Belle | Delectable | Lancelot | |
| Sh2 | 62-72 | Snowy Sun | Sweet bi-70 | Northern Xtra Sweet Bicolor | |
| | 73-83 | Honey n Pearl | Monte Carlo | Aloha | |
| | >83 | Phenomenal | Hudson | | |

واریته‌های مختلف ذرت بر اساس ارتفاع ساقه به سه دسته پا بلند، متوسط و پا کوتاه طبقه‌بندی می‌شوند که به‌ترتیب ۲۴۰، ۲۲۰ و ۱۴۰ سانتی‌متر ارتفاع دارند. سیستم ریشه‌ای در واریته‌های بلند به مراتب گسترده‌تر از واریته‌های کوتاه می‌باشد. در مرحله رویشی، تعداد برگ‌ها معیار ارزیابی است و طبقه‌بندی ارقام مختلف بر همین اساس صورت می‌گیرد. در این طبقه بندی، تعداد برگ در گیاه بسته به طول دوره رشد متغیر می‌باشد (جدول ۵). انتخاب یک واریته ذرت شیرین بستگی به شرایط اکولوژیک منطقه و جاذبه‌های بازار محلی برای استفاده از آن واریته دارد.

**جدول ۵- تقسیم‌بندی ارقام ذرت بر اساس تعداد برگ (Tracy *et al.*, 2000).**

**Table 5. Classification of corn cultivars based on the number of leaves.**

| ارقام<br>Culivars | تعداد برگ<br>Number of leaves | ارقام<br>Culivars | تعداد برگ<br>Number of leaves |
|---|---|---|---|
| خیلی زودرس<br>Too early mature | 13> | نیمه دیررس<br>Half late mature | 18-20 |
| زودرس<br>Early mature | 13-14 | دیر رس<br>Late mature | 20-22 |
| نیمه زودرس<br>Half early mature | 16 | خیلی دیررس<br>too late mature | >22 |
| متوسط رس<br>Normal mature | 16-18 | | |

در سال‌های اخیر برای افزایش کیفیت آندوسپرم در ارقام ذرت شیرین، از جهش‌های القایی در آلل‌های آندوسپرم دانه استفاده شده است. عمده تغییرات برای افزایش کیفیت آندوسپرم در آلل $Su_1$ انجام می‌گیرد. در ژنوتیپ‌های $Su_1$ به رغم درصد قند بالا، ۱۸ تا ۲۰ روز پس از گرده‌افشانی، درصد قند دانه به شدت کاهش می‌یابد؛ به‌طوری که در روز بیست و هشتم محتوی قند دانه حدود ۷۰ درصد کاهش می‌یابد. در طول این دوره سایر فاکتورهای کیفی مانند نرمی بافت فرابر دانه نیز کاهش می‌یابد. بنابراین ژنوتیپ‌های $Su_1$ باید حداکثر در زمان ۱۸ تا ۲۰ روز پس از گرده‌افشانی برداشت شوند تا با افت کیفیت دانه مواجه نشوند. اگر جهش به صورت همزمان در آلل‌های $ae_1du_1wx_1$ انجام پذیرد، تا ۲۸ روز پس از گرده‌افشانی نیز تغییر چندانی در محتوی قند دانه ایجاد نمی‌شود. در بین ژنوتیپ‌های ذرت شیرین این ژنوتیپ‌ها دارای بیشترین قابلیت نگهداری و انبارداری می‌باشند.

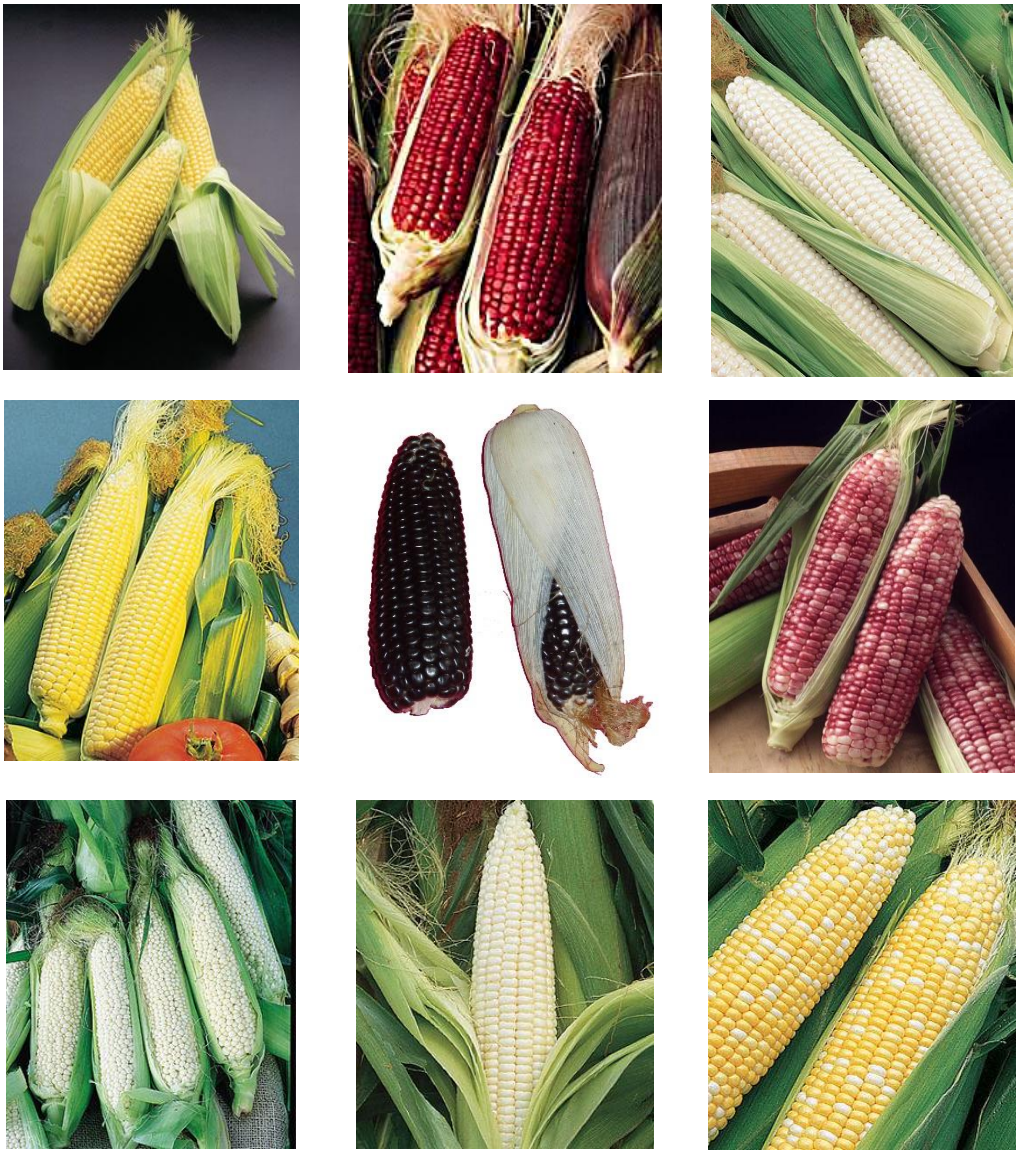
دما تأثیر زیادی در قابلیت انبارداری دانه ذرت شیرین دارد، به نحوی که افزایش دمای انبار از چهار به ۲۷ درجه سانتیگراد، منجر به کاهش معنی‌دار درصد قند در ژنوتیپ‌های مختلف می‌گردد. ژنوتیپ sh2 در مقایسه با Su1 دارای قابلیت انبارداری بیشتری می‌باشد؛ به‌نحوی که با نگهداری ژنوتیپ sh2 به مدت ۹۶ ساعت در دمای چهار درجه سانتیگراد، هیچ کاهشی در محتوی قند دانه مشاهده نشد، در حالی که همین شرایط کاهش ۳۰ درصدی محتوی قند دانه در ژنوتیپ Su1 را در پی داشت (Garwood *et al.*, 1976).

امروزه علاوه بر جهش‌های اشاره شده ($ae_1du_1wx_1$ و $su_1se_1$)، موتاسیون‌های ترکیبی دیگری در بسیاری از ژن‌ها به صورت تجاری مورد استفاده قرار می‌گیرند. اغلب این جهش‌های ترکیبی با تغییرات جزئی در دو ژن مغلوب ایجاد می‌شوند که یکی از آن‌ها هموزیگوس و دیگری به صورت هتروزیگوس می‌باشد. در ۲۵ درصد دانه‌ها هر دو جهش در آندوسپرم ظاهر می‌شود. در دانه‌هایی که هر دو جهش ایجاد شده است، درصد قند به میزان زیادی افزایش می‌یابد. هیبریدهایی که از تلاقی اینبرد هموزیگوس مغلوب $su_1$ و هموزیگوس غالب $Sh_2$ ایجاد می‌شوند، در نسل اول دارای ژنوتیپ $su_1su_1Sh_1Sh_1$ می‌باشند، که ۲۵ درصد دانه‌ها دارای درصد قند بسیار بالا می‌باشد. یکی از اهداف موتاسیون‌های ترکیبی انتقال صفاتی مانند کیفیت جوانه‌زنی بذر و افزایش درصد قند در ارقام هیبرید می‌باشد. ارقام Super sweet معمولاً دارای قدرت جوانه‌زنی کمتری نسبت به هیبریدهای $Su_1$ می‌باشند و به طور کلی تهیه بذور آن‌ها نیز دشوارتر می‌باشد. اما با ایجاد موتاسیون‌های ترکیبی و تولید هیبریدهای $su_1su_1Sh_1Sh_1$ قدرت جوانه‌زنی و درصد قند به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد. با این وجود، تولید این هیبریدها با مشکلات نسبتاً زیادی مواجه است. در این هیبریدها در هر بلال دو نوع دانه با کیفیت متفاوت تولید می‌شود و فرآوری دانه‌های حاصل مشکل‌تر خواهد بود. در تولید این دورگ‌ها، والد پدری اغلب دارای دو ژن مغلوب می‌باشد و قدرت جوانه‌زنی بذرهای آن‌ها پایین است. اگر تولید این هیبریدها توأم با کاهش دما یا سایر تنش‌های محیطی باشد، اغلب این بذرها جوانه نمی‌زنند.

دورگ‌های $Se_1Se_1$ ذرت شیرین کیفیت مناسبی برای مصارف انسانی ندارند، اما این ارقام در آب و هوای سرد نیز قابلیت رشد دارند. این در حالی است که دورگ‌های $se_1se_1$ از کیفیت بالایی برای مصارف انسانی برخوردارند. اورداس و همکاران (Ordas *et al*., 2008) با بررسی تلاقی این دو گروه ژنوتیپ و تولید دورگ‌های $Se_1se_1$ قابلیت کشت در مناطق سرد و کیفیت آن را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که توانایی جوانه‌زنی در مناطق سرد و کیفیت دانه این دورگ‌ها، به شکل معنی‌داری افزایش یافت.

به طور کلی امروزه ذرت شیرین برای چهار منظور فرآوری (تهیه محصولات کنسروی و فریز شده)، مصارف تازه‌خوری، بازارهای محلی و صادرات تولید می‌شود. بدیهی است که هر یک از این موارد مصرف، نیازهای خاص خود را دارند و عملکرد بلال و ضخامت فرابر در هر مورد متفاوت می‌باشد. واریته‌های ذرت شیرین مناسب برای فرآوری از ویژگی‌هایی برخوردارند که عبارتند از: ۱- عملکرد بالا، ۲- رسیدگی یکسان و یکنواخت، ۳- تولید بلال‌های بزرگ، ۴- تولید دانه‌های زرد رنگ با کیفیت (طعم و شیرینی) بالا، ۵- عدم تولید پاجوش، ۶- داشتن بلال‌هایی با پوشش (غلاف) کم و ۷- مقاومت به خشکی و آفات و امراض. واریته‌هایی که درصد قندشان زیاد است، بیشتر در فرآوری و برای تولید فرآورده‌های منجمد از ذرت شیرین مصرف می‌شوند، زیرا

این واریته‌ها علاوه بر درصد قند بالا، طعم و مزه خوبی برای منجمد کردن بلال‌های سالم دارند. واریته‌های مناسب برای صنایع تبدیلی با توجه به نوع فرآوری (انجماد، کنسروسازی و ...) با یکدیگر متفاوت می‌باشند.



**شکل ۱- ارقام مختلف ذرت شیرین بر اساس رنگ دانه (زرد، سفید، قرمز، دو رنگ و چندرنگ) (Anonymous, 2017).**

**Figure 1. Different varieties of sweet corn based on seed color (yellow, white, red, two-color and multi-color).**

**۵ . ژن‌های تعیین کننده صفات کیفی**

چنان‌که لرترات و پولام (Lertrat & Pulam, 2007) اظهار داشته‌اند شیرینی، عطر و نرمی بافت دانه به همراه صفاتی همچون رنگ دانه، جوانه‌زنی خوب و عملکرد بالا، مهم‌ترین صفات در ارقام مرغوب ذرت شیرین محسوب می‌شوند. با این حال، یکی از فاکتورهای تعیین کننده مزهٔ دانه و بازارپسندی ذرت شیرین، عطر و بوی دانه می‌باشد. بویی که در حین طبخ دانه ذرت شیرین آزاد می‌شود، نقش قابل توجهی در بازارپسندی و مطلوبیت آن دارد. به طور کلی شش مادهٔ شیمیایی مختلف در تعیین بوی دانه ذرت شیرین نقش دارند که عبارتند از: دی متیل سولفید[11]، سولفید هیدروژن[12]، متان‌تیول[13]، اتان‌تیول[14]، اتانول[15] و استالدهید[16]. این مواد به تنهایی اغلب دارای بوی تند و زننده‌ای هستند ولی در ترکیب با یکدیگر، در نهایت بوی مطبوعی ایجاد می‌کنند. در بین این ترکیبات دی متیل سولفید ترکیب غالب می‌باشد و تعیین کننده اصلی کیفیت بوی دانه می‌باشد. بین ارقام مختلف ذرت شیرین تنوع گسترده‌ای از لحاظ این ترکیبات وجود دارد ولی مکانیزم کنترل ژنتیکی این ترکیبات به خوبی شناخته نشده است.

نرمی بافت دانه هم یکی دیگر از مهم‌ترین صفات تعیین کننده کیفیت محصول ذرت شیرین است. نرمی دانه با ضخامت بافت پریکارپ همبستگی منفی دارد، به نحوی که هر چه ضخامت فرابر افزایش یابد، دانه‌ها سفت‌تر می‌شوند. تعداد ژن‌هایی که ضخامت بافت فرابر[17] دانه را تعیین می‌کنند، ناشناخته است. در تلاقی دو رقم با ضخامت بافت فرابر کم و زیاد در نسل $F_1$ دانه‌هایی با ضخامت فرابر کمتر نسبت به والدین تولید می‌شود. از این تجربه در برنامه‌های به‌نژادی ذرت شیرین برای افزایش نرمی دانه استفاده می‌شود، به نحوی که ضخامت بافت فرابر در سه نسل تلاقی از ۷۴ میکرون به ۵۰ میکرون کاهش داده شده است.

به طور کلی بالا بودن کیفیت غذائی ذرت شیرین مرهون افزایش میزان قند، کاهش مقدار نشاسته در آندوسپرم و همچنین نازکی و تردی فرابر می‌باشد. در ذرت شیرین فرابر ضخیم باعث کاهش رسیدگی دانه، ولی فرابر محکم و نازک باعث افزایش سرعت رسیدگی دانه‌ها می‌شود. در تعیین کیفیت ذرت شیرین نه تنها لازم است که فرابر نازک و ترد آزمایش شود، بلکه باید مقدار رطوبت دانه هم تعیین شود.

سفیدی چوب بلال و روشنی فرابر هم از دیگر ویژگی-های مهم ارقام ذرت شیرین می‌باشد. آلل P1-ww کنترل کننده رنگ فرابر و چوب بلال می‌باشد. آلل C1-I هم که در اغلب ارقام ذرت شیرین وجود دارد، از توسعهٔ آنتوسیانین در لایه آلئورون جلوگیری می‌کند. ژنوتیپ‌های $sh_2$ هم حاوی

[11] Dimethyl sulfide ($C_2H_6S$)
[12] Hydrogen Sulphide ($H_2S$)
[13] Methanethiol ($CH_3SH$)
14 Ethanethiol ($CH_3CH_2SH$)
[15] Ethanol ($C_2H_5OH$)
[16] Acetaldehyde ($CH_3CHO$)

[17] Pericarp

آلل $a_1$ هستند که از توسعه آنتوسیانین در کل اندام‌های گیاهی جلوگیری می‌کند. در اغلب ارقام تجاری ذرت شیرین مانند ذرت سیاه مکزیکی[18] و ذرت شیرین رقم Sweet baby blue، دانه‌ها دارای آلئورون ارغوانی رنگ می‌باشند. در این ارقام نیز رنگ دانه هنگام رسیدگی سفید است و تجمع رنگدانه‌های ارغوانی اغلب پس از برداشت صورت می‌گیرد. نوع دیگری از ارقام ذرت شیرین وجود دارد که دانه آن‌ها از دو رنگ تشکیل شده است. این ارقام از تلاقی بین ارقام سفید و زرد رنگ ایجاد می‌شوند. از تلاقی بین ارقام زرد و ارقام دو رنگ نیز اغلب ارقام زرد رنگ ایجاد می‌شوند. دانه این ارقام اغلب ۲۵ درصد سفید و ۷۵ درصد زرد رنگ می‌باشد. ارقام دو رنگ در ایالات متحده آمریکا و ژاپن بازار فروش مناسبی را در سال‌های اخیر داشته است. این ارقام از تلاقی اینبرد زرد رنگ $Y_1Y_1$ با اینبرد سفید رنگ $y_1y_1$ ایجاد شده‌اند. اولین ارقام تجاری دو رنگ در دهه ۱۹۴۰ توسط اسکار پیرسون امریکایی ایجاد شدند.

واریته‌های ذرت شیرین اغلب به صورت تازه‌خوری مورد استفاده قرار می‌گیرند. بر این اساس برخی از صفات که در سایر ارقام ذرت اهمیت چندانی ندارند، در ذرت شیرین دارای اهمیت بالایی هستند. خصوصیات ظاهری بلال مانند تعداد دانه در ردیف، انباشتگی دانه در نوک بلال، نظم و ترتیب ردیف‌ها، طول و عرض دانه برای مصرف کننده اهمیت زیادی دارد (شکل ۲). همچنین بلال‌هایی با پوست زیاد و براق و داشتن دانه‌های کاملاً پر شده، از بازارپسندی بیشتری برخوردارند (Yousef & Juvik, 2001).

واریته‌هایی که برای انتقال به دور دست (صادرات) در نظر گرفته می‌شوند، بایستی دارای بلال‌هایی یک اندازه و یک شکل با دانه‌های زرد رنگ، سازگار به برداشت مکانیزه با پوسته‌های محکم و سبز رنگ باشند. برای عرضه محصول به بازار اولین و مهم‌ترین صفت، طعم (شیرینی) ذرت می‌باشد. از خصوصیات دیگر می‌توان از رسیدگی یکنواخت بلال‌ها، زیاد بودن تعداد بلال‌های قابل استفاده در هکتار (در این مورد وزن بلال‌ها اهمیت ندارد) و داشتن بلال‌هایی با پوشش سبز و براق نام برد. انواع سفید و بی‌رنگ ذرت شیرین برای فروش در بازارهای محلی، مصرف می‌گردند.

همان طور که ذکر شد، ذرت شیرین واریته Supper Sweet یکی از چند تیپ ژنتیکی مشخص است که در مرحله رسیدگی تقریباً دو برابر واریته‌های دیگر، قند دارد. والدین رقم Supper Sweet شامل Extra Sweet و یک بوته $F_1$ با ژن مغلوب $sh_2$ در هر دو اینبرد لاین والدین خود می‌باشد. این ژن ($sh_2$) میزان قند را افزایش و میزان نشاسته در دانه را کاهش می‌دهد و دانه‌های چروکیده و اغلب ضعیف از نظر جوانه‌زنی تولید می‌کند. ژن $Bt_2$ نیز که میزان قند را افزایش می‌دهد، در بهبود خصوصیات ژنتیکی چندین واریته مورد استفاده قرار گرفته است. بالا بودن میزان قند در این

[18] Black mexican

رقم، موجب استقبال بیشتر مصرف کننده‌ها از ذرت شیرین، به‌عنوان یک ماده غذایی شده است. همچنین ژن Se در ذرت شیرین قادر است سرعت تبدیل قند به نشاسته را کاهش دهد. این عامل، مدت زمانی را که دانه حداکثر میزان قند را داراست، طولانی می‌کند. الگوی طبقه‌بندی ذرت شیرین بر اساس ژن‌های مؤثر بر متابولیسم کربوهیدرات‌ها به منظور برآورد موارد ایزولاسیون در جدول شماره ۶ نشان داده شده است.

**شکل ۲- نظم و ترتیب دانه، تعداد دانه در ردیف، بلندی بلال و عدم وجود کچلی در نوک بلال از ویژگی‌های ظاهری بلال ذرت شیرین برای مصارف تازه خوری و بازارپسندی هستند (عکس از نگارنده).**

**Figure 2. The order and arrangement of the seeds, the number of seeds in a row, the length of the ear and the absence of baldness at the tip of the ear are some of the appearance characteristics of sweet corn cobs for fresh consumption and marketability.**

**جدول ۶- طبقه‌بندی واریته‌های ذرت شیرین بر اساس ژن‌های مؤثر بر متابولیسم کربوهیدرات‌ها**

**Table 6. Classification of sweet corn varieties based on genes affecting carbohydrate metabolism.**

| کلاس ایزولاسیون<br>Isolation class | ژن‌های آندوسپرم<br>Endosperm genes | واریته<br>Variety |
|---|---|---|
| I | - | *Truckers Favorite* |
| IIa | Su | *Golden Cross* |
| IIc | Su2 | *Honey Comb* |
| Iv | Bt | *Hawaiin Super sweet* |

اثری که ژن‌های قندی مختلف بر محتوای مواد آندوسپرم دانه و خصوصیات دانه ذرت شیرین می‌گذارند، سبب شده است که تفاوت چشمگیری بین ذرت معمولی و موتانت‌های این گیاه بروز نماید. طعم ذرت شیرین عمدتاً با شیرینی دانه‌ها که به مقدار قند، به‌ویژه ساکارز و نشاسته مربوط است، تعیین می‌شود. سنتز نشاسته در آندوسپرم ذرت موضوع تحقیقات بی‌شماری است. اکثر موتانت‌هایی که در به‌نژادی ذرت شیرین مورد توجه بوده‌اند، محتوی قند دانه را افزایش و مقدار نشاسته را کاهش داده‌اند.

ژن‌های مرتبط با شیرینی (su) مقدار پلی‌ساکاریدهای محلول در آب[19] را افزایش و میزان نشاسته را کاهش می‌دهند. فقط ۱۴ عدد از تعداد زیادی موتانت‌های آندوسپرمی که اثر آن‌ها روی رشد و نمو آندوسپرم شناخته شده است، در ذرت شیرین مورد استفاده قرار گرفته‌اند و هشت عدد از آن‌ها مصرف تجاری پیدا کرده‌اند. موتانت‌های مذکور به دو گروه تقسیم می‌شوند: گروه اول شامل: Beretil-1, Beretil-2, shrunken-1, shrunken-2, shrunken-4 می‌باشد که به جای تجمع نشاسته در آندوسپرم، قندها را انباشته می‌کنند و مقدار کل کربوهیدرات‌های آندوسپرم را در مرحله بلوغ فیزیولوژیک دانه تا حد زیادی کاهش می‌دهند. گروه دوم شامل موتانت‌های dull, amylose extender وwaxy است که نوع و میزان تولید نشاسته را تغییر می‌دهند و به طور کلی سبب کاهش مقدار نشاسته در دانه رسیده، نسبت به انواع غیرموتانت می‌شوند.

موتانت‌های گروه اول را می‌توان مستقیماً و به طور مستقل برای تولید واریته‌های ذرت شیرین مورد استفاده قرار داد ولی چنین کاربردی برای موتانت‌های گروه دوم توصیه نمی‌شود و بهتر است این موتانت‌ها را به صورت ترکیب دو یا چندگانه با سایر ژن‌ها مورد استفاده قرار داد. موتانت‌های آندوسپرمی که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرند، اثر مهم دیگری بر کیفیت خوراکی ذرت شیرین دارند. این تغییرات معمولاً با انواع استاندارد ذرت شیرین که نوع شوگری است (su)، مقایسه می‌شود. آلل $Su_1$ برخلاف نامش، محتوای قند دانه را به میزان قابل توجهی افزایش نمی‌دهد؛ بلکه به میزان زیادی پلی‌ساکاریدهای محلول در آب را افزایش می‌دهد. تحقیقات نشان داده است که میزان پلی‌ساکاریدهای محلول در آب در ارقام فاقد جهش، در مرحله رسیدگی دانه، فقط دو درصد از وزن خشک را تشکیل می‌دهد. ولی در ارقام $Su_1$ این میزان به ۲۷ تا ۳۵ درصد افزایش پیدا می‌کند. افزایش پلی ساکاریدهای محلول در آب منجر به نرمی بافت آندوسپرم و حالت لعاب‌دار شدن دانه می‌شود. ترکیب $Su_1$ با آلل‌هایی نظیر $wx_1$ و $du_1$ منجر به افزایش قابلیت نگهداری و انبارداری دانه می‌شود. در نهایت، همان‌طور که ذکر شد، ارقام استاندارد ذرت شیرین در اثر جهش در جایگاه ژنی Su ایجاد می‌شوند. ارقام Su ذرت شیرین حداقل دو برابر ارقام

[19] Water soluble polysacharids

ذرت دندانی حاوی قند هستند. در حال حاضر صدها نوع ار ارقام ذرت شیرین به مرحله تولید تجاری رسیده‌اند.

در انواع استاندارد ذرت شیرین، قند موجود در دانه قبل و پس از برداشت به فیتوگلیکوژن[۲۰] تبدیل می‌شود که حاصل آن کاهش مداوم قند از حداکثر مقدار در ۱۸ الی ۲۲ روز پس از گرده‌افشانی است. دما اثر زیادی روی قند و به طور کلی، روی کیفیت خوراکی ذرت شیرین دارد. به عنوان مثال، در انواع استاندارد و در دمای اتاق، بیشتر از نصف قند طی ۲۴ ساعت از بین می‌رود؛ در حالی که کاهش دما به ۵ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد باعث می‌شود که یک تا دو سوم ساکارز طی دو تا چهار روز از بین برود. اما ارقام $Sh_2$ که سوپرسویت هم نامیده می‌شوند و حداقل دو تا سه برابر شیرین‌تر از سایر ارقام ذرت شیرین هستند، قابلیت انبارمانی بیشتری دارند. کاهش محتوای قند در موتانت‌های $Sh_2$ حتی بدون تیمار سرما، خیلی کمتر از سایر گروه‌هاست و این ویژگی سبب شده است که بتوان آن‌ها را به راحتی حمل و نقل نمود. در زراعت این ارقام باید دقت نمود که حداقل فاصله مزرعه زیر کشت رقم $Sh_2$ با سایر ارقام ذرت شیرین، ۹۰ متر باشد. زیرا در صورت کاهش فاصله، گرده‌افشانی و تلاقی بین رقم $Sh_2$ با سایر ارقام ذرت شیرین منجر به کاهش محتوای قند دانه می‌شود. تغییر تاریخ کاشت، یکی دیگر از راه‌کارهای کاهش تلاقی بین ارقام می‌باشد تا بدین وسیله، گرده‌افشانی ارقام مختلف به صورت همزمان رخ ندهد.

جهش در آلل $se_1$ نحوه عمل و مکانیسمی متفاوت با سایر جهش‌ها دارد که سازوکار آن به‌خوبی مشخص نشده است. در صورت وقوع جهش همزمان در $se_1$ و $su_1$، محتوای قند دانه مانند ارقام سوپرسویت به میزان زیادی افزایش می‌یابد و میزان پلی‌ساکاریدهای محلول در آب نیز کماکان در سطح بالایی باقی می‌مانند. وجود این تغییرات به میزان قابل توجهی شیرینی و کیفیت دانه را افزایش می‌دهد. تأثیر جهش در آلل $se_1$ در ذرت شیرین رقم ILL677 مشاهده شده است. این رقم از تلاقی سه جانبه (Bolivia1035 × Illinois442a) × (Illinos44b ایجاد شده است. به منظور افزایش صفات مطلوبی مانند افزایش درصد قند دانه همراه با حفظ پلی‌ساکاریدهای محلول در آب، ایجاد جهش در آلل $se_1$ خیلی سریع وارد برنامه‌های به‌نژادی ذرت شیرین گردید.

**۶ – ارقام تراریخته (ترانسژنیک)**

گیاهان طعمه موجودات زنده دیگری مثل ویروس‌ها، باکتری‌ها، قارچ‌ها و حیوانات هستند، اما بزرگ‌ترین مشکل در کشاورزی به وسیله حشرات ایجاد می‌شود. برای کاهش خسارت، معمولاً گیاهان زراعی را به‌طور مرتب سمپاشی می‌کنند. بسیاری از آفت‌کش‌های معمول (مثل پیرتروئیدها و ارگانوفسفات‌ها)، سموم غیراختصاصی هستند که علاوه بر

[20] Phytoglycogen

حشره آفت، طیف وسیعی از حشرات دیگر را نیز از بین می‌برند. همچنین برخی از این حشره‌کش‌ها به دلیل سمیت بالا، عوارض جانبی مضری برای دیگر اعضای زیست‌کره، از جمله انسان دارند. این مشکلات با توجه به انجام سمپاشی بر سطح گیاهان افزایش یافته است، زیرا امکان شسته شدن و ورود این مواد شیمیایی به اکوسیستم، خارج از کنترل است. علاوه براین، حشراتی که درون گیاهان زندگی می‌کنند، یا در زیر برگ‌ها پناه گرفته‌اند، می‌توانند از گزند اثرات سمی در امان باشند.

یک حشره‌کش ایده‌آل چه ویژگی‌هایی باید داشته باشد؟ واضح است که باید فقط علیه حشره‌ای که آفت است، مؤثر باشد. بنابراین اگر سمیت کاملاً اختصاصی باشد، برای دیگر حشرات، حیوانات و انسان مضر نخواهد بود. حشره‌کش ایده‌آل باید قابل تجزیه شدن در محیط باشد تا بعد از برداشت محصول، هیچ اثری از آن باقی نماند یا اگر توسط باران وارد محیط شد، مدت زیادی دوام نیاورد. همچنین باید امکان استفاده از آن در تمام بخش‌های گیاه وجود داشته باشد و فقط شامل سطح رویی گیاهان نباشد. چنین حشره‌کش ایده‌آلی هنوز کشف نشده است، اما نزدیک‌ترین گزینه دلتا-اندوتوکسین‌هایی هستند که بوسیله باکتری خاکی باسیلوس تورین‌ژینسیس[۲۱] تولید می‌شوند (Aslami Nezhad & Samei, 2002).

لازم به ذکر است که حشرات فقط از گیاهان تغذیه نمی‌کنند، بلکه باکتری‌ها نیز بخشی از رژیم غذایی آن‌ها را تشکیل می‌دهند. در طی تکامل، برخی از باکتری‌ها دارای مکانیسم‌های دفاعی علیه حشرات شده‌اند. مثال بارز آن گونه باسیلوس تورین‌ژینسیس است که در طی اسپورزایی، اجسام بلورین درون‌سلولی ایجاد می‌کند که حاوی یک پروتئین ضد حشره به نام دلتا- اندوتوکسین است. پروتئین فعال به شدت برای حشرات سمی است، به‌طوری که ۸۰۰۰۰ برابر از حشره‌کش‌های ارگانوفسفات، سمی‌تر است و البته کاملاً اختصاصی عمل می‌کند. سویه‌های مختلف باکتری، پروتئین‌هایی را می‌سازند که علیه لارو حشرات مختلف مؤثر هستند. دلتا- اندوتوکسینی که در باکتری تجمع یافته، به صورت یک پروتئین پیش‌ساز غیرفعال است. پس از جذب توسط حشره، این پیش‌سم توسط پروتئازها خرد شده و یک پروتئین کوچک‌تر ایجاد می‌کند که ویژگی‌های سمی را بروز می‌دهد. این پروتئین با اتصال به دستگاه گوارش حشره و آسیب رساندن به اپی‌تلیوم سطحی، موجب ناتوانی حشره در تغذیه، گرسنگی و در نهایت مرگ حشره می‌شود.

آفت اصلی ذرت، حشره حفاری‌کننده‌ی[۲۲] اروپایی (*Ostrinia nubilialis*)، موسوم به کرم ساقه‌خوار است که تخم‌هایش را در سطح زیرین برگ می‌گذارد و لاروهایش باعث ایجاد تونل در گیاه می‌شوند. بنابراین از معرض حشره‌کش‌هایی که روی گیاه پاشیده می‌شوند، در امان

[21] *Bacillus thuringiensis*

[22] Corn borer

می‌مانند. در سال ۱۹۹۳، اولین تلاش بیوتکنولوژیست‌های گیاهی برای مقابله با این آفت، از طریق مهندسی گیاهان ذرت و ایجاد قابلیت تولید دلتا- اندوتوکسین در گیاه صورت گرفت (Farsi & Zulfali, 2011).

در ذرت شیرین نیز ژن BT از باکتری *Bacillus thuringiensis* درون دورگ‌های تجاری این گیاه ترکیب شده است. ژن BT برای تولید توکسینی کد شده است که در جلوگیری از خسارت خانواده‌های مشخصی از حشرات مؤثر است. این امر کنترل دو مورد از بزرگ‌ترین آفات، کرم ساقه‌خوار ذرت و کرم بلال (*Sesamia cretina*) را نیز در بر می‌گیرد. کد نمودن ژن‌ها به منظور ایجاد مقاومت به ویروس‌ها و علف‌کش‌های معین، در دورگ‌های تجاری ذرت شیرین نیز اعمال شده است. سایر ژن‌های مقاومت و فاکتورهای کیفیت با استفاده از فناوری مهندسی ژنتیک در انتقال ژن به واریته‌های ذرت شیرین وارد خواهند شد.

## ۷ - روش‌های به‌نژادی در ذرت شیرین

با وجود استفاده از تعدادی تکنیک‌ها و تئوری‌های مشخص، اما به علت نتیجه متفاوت حاصل از هر روش، تاثیر گرده-افشانی خارجی (دگرگرده افشانی) و فسادپذیری بالای محصول نهایی، به‌نژادی ذرت شیرین در عمل بسیار متفاوت است. این فاکتورها، روش‌های مورد استفاده در ارزیابی اینبردها و دورگ‌ها را مستقیماً تحت تأثیر قرار می‌دهند. هدف کلی بسیاری از برنامه‌های به‌نژادی، تولید واریته‌ای است که از بسیاری جهات، نسبت به واریته موجود، برتر باشد. مناطق مورد نظر رشد و اولویت‌های منطقه‌ای، اهداف و روش‌های به‌نژادی را تغییر خواهند داد. اکثر ذرت‌های فلوریدا، آندوسپرم زرد دارند. در صورتی که بازارهای ژاپن آندوسپرم بی‌رنگ را ترجیح می‌دهند. واریته‌هایی که برای فرآوری در غرب میانه آمریکا بکار می‌روند، بایستی سطوحی از مقاومت به زنگ را داشته باشند. ولی بیمارهای برگی در شمال‌غربی این کشور مشکل‌ساز نیستند، به‌طوری که هیبرید فرآوری شده بدون مقاومت به زنگ می‌تواند در آن مناطق مورد استفاده قرار گیرد. به‌رغم متغیر بودن نیازهای منطقه‌ای، اکثراً هیبریدهایی موفق هستند که برای دامنه وسیع‌تری از شرایط محیطی سازگاری پیدا می‌کنند.

به‌نژادگران، اینبردها را برای تولید هیبریدهای جدید اصلاح می‌کنند. ارزش یک اینبرد فقط بوسیله واکنش آن در ترکیب دورگ می‌تواند مشخص شود. در طی به‌نژادی گیاه، انتخاب بر اساس صفاتی مانند طعم، بافت، لطافت، شکل، تعداد ردیف دانه، شکل و رنگ دانه می‌تواند مؤثر باشد. نحوه رفتار اینبرد در ویژگی‌هایی مانند پارامترهای عملکرد، شدیداً بوسیله هتروزیس تحت تأثیر قرار می‌گیرد که بایستی در تست کراس‌ها ارزیابی شود.

مهم‌ترین روش‌ها در به‌نژادی ذرت شیرین به شرح زیر است:

### ۷- ۱ به‌نژادی پدیگری[۲۳] (شجره‌ای)

[23] *Pedigree* type *breeding*

به‌نژادی شجره‌ای درون بک‌کراس یا سینگل‌کراس یا دابل‌کراس‌ها به‌عنوان توده‌های شروع‌کننده، معمول‌ترین روش مورد استفاده در به‌نژادی است. ژرم‌پلاسمی که به عنوان والد مورد استفاده قرار می‌گیرد، با توجه به اهداف به‌نژادی مشخص می‌شود. ولی در کل، از لاین‌های مادری قابل دسترسی که آلل‌هایی برای خصوصیات مفید دارند، می‌توان استفاده کرد. اگر هدف، تولید اینبردهای جدید با کیفیت بالاتر باشد، تلاقی دو لاین مادری با کیفیت منحصربه‌فرد می‌تواند مطلوب باشد، به‌ویژه اگر یکی از آن‌ها کمبود موجود در دیگری را جبران نماید، اما چنانچه تولید اینبردهای با کیفیت بالا و دارای مقاومت به بیماری خاصی، مدنظر باشد که در لاین مادری ذرت شیرین موجود نیست، ممکن است تلاقی والد ذرت شیرین با کیفیت بالا و یک منبع مقاومت مانند، ذرت علوفه‌ای یا یک منبع بیگانه‌تر، مورد نیاز باشد.

با توجه به مواد مادری و اهداف به‌نژادی، صفات مهم متفاوت هستند. در توده‌های پایه‌گذاری شده بر اساس اینبردهای خالص با کیفیت بالا، گزینش برای صفاتی با وراثت‌پذیری بالا، مانند ظهور بلال، عادات گیاهی و رسیدگی مؤثر است. هرگاه مواد مادری از ژرم‌پلاسم ذرت معمولی باشد، بایستی در چند مرحله از به‌نژادی گیاه، آزمون چشایی از لحاظ طعم و لطافت صورت گیرد، زیرا ژرم‌پلاسم ذرت معمولی اغلب فرابر نسبتاً ضخیمی دارد. اینبردهای حاصل از نژاد Corn [۲۴] Belt Dent ممکن است باعث بی‌مزه‌گی شوند. بنابراین گزینش برای حذف این مزه‌های نامطلوب ضروری است. ذرت‌های گرمسیری اصلاح شده برای مصرف مستقیم انسان، ممکن است فرابر نازک‌تر و مزه‌های مطلوب‌تری داشته باشند، ولی به منظور تعیین اجزای مطلوب مورد نیاز، انجام آزمون لازم است.

گزینش برای مقاومت به تنش‌های زیستی و غیرزیستی نیز ممکن است طی به‌نژادی گیاه صورت گیرد. روش‌هایی برای تلقیح اکثر پاتوژن‌ها و حشرات مهاجم ذرت شیرین ایجاد شده‌اند که می‌تواند طی به‌نژادی گیاه مورد استفاده قرار گیرند. اگرچه ممکن است بسیاری خصوصیات طی مراحل به نژادی، گزینش شوند، با وجود این توانایی ترکیب لاین‌های جدید نیز بایستی ارزیابی شوند؛ به طوری که در ذرت علوفه‌ای نیز مشاهده شده است، تست نسل‌های اولیه ( $F_3$, $F_4$) می‌تواند در تخمین توانایی ترکیب شدن لاین‌های جدید، مفید باشد. یکنواختی در دورگ‌های ذرت شیرین در مقایسه با ذرت علوفه‌ای اهمیت بیشتری دارد. هیبریدهای بدست آمده از لاین‌های نسل اول (نسل‌های اولیه)

---

[24] این نژاد خود یک هیبرید مضاعف از ذرت دندانی جنوب آمریکا بدست آمده و آن است که از تلاقی ذرت آردی شمال آمریکا با را می‌توان والد تقریبا تمام هیبریدهای ذرت دانست که در آمریکا تولید شده‌اند. بلال‌های این نژاد استوانه‌ای و از نظر ضخامت حد واسط با ۱۴ تا ۲۲ ردیف دانه است(روبینو و دیویس، ۱۹۹۰).

یکنواختی کمتری دارند و برای ارزیابی مشکل‌تر هستند. به علاوه برای مصارف نهایی ذرت شیرین، فاکتورهای کیفی دارای قابلیت توارث نسبی بالا در مقایسه با عملکرد، اهمیت بیشتری دارند. بسیاری از لاین‌های دارای قدرت رقابت پایین را می‌توان با اضافه کردن یک یا دو نسل به‌نژادی و گزینش قبلی با تست کراس حذف نمود.

**۷-۲ به‌نژادی توده‌ها**

محققان دانشگاهی و مراکز تحقیقاتی مختلف همچون CIMMYT[۲۵] (مرکز تحقیقات بین المللی گندم و ذرت واقع در مکزیک) و وزارت کشاورزی ایالات متحده آمریکا (USDA) تعدادی از توده‌های سنتزی و مرکب در ذرت شیرین را تولید کرده‌اند. به‌نژادگران تجاری از این توده‌ها به عنوان منبع ژرم‌پلاسم برای تولید ارقام تجاری جدید در ذرت شیرین استفاده کرده‌اند. بسیاری از این توده‌ها به عنوان منابع مقاومت به آفات اصلاح شده‌اند. در ترکیب اصلاح شده AS1R، روبینو و دیویس (Rubino & Davis, 1990) ده سیکل گزینشی را برای توده ۱۰٪ طبقه‌بندی شده از نظر زودرسی، ظهور بلال و گیاه و مقاومت به آفات انجام دادند که بعداً مشخص شد پنج چرخه برای حصول سطح مطلوب سازگاری کافی بوده است. در هر صورت، حتی بعد از ده نسل گزینش، تنوع ژنتیکی معنی‌دار موجود اجازه می‌داد تا کار ادامه پیدا کند. همچنین گزینش متوسطی برای مقاومت به زنگ معمولی در شرایط آلودگی طبیعی در توده اعمال شد، اما به علت انجام گزینش برای سازگاری، مقاومت کاهش یافت. توده‌های MINN14 , NECDR MINN11 برای ایجاد مقاومت به زنگ معمولی تحمل سه دوره گزینش بازگشتی خواهر برادری کامل را داشتند که طی آن، کاهش خسارت ناشی از زنگ به‌ترتیب به میزان ۸، ۱۲ و ۱۳ درصد در دوره‌ها مشاهده شد (Abedon & Tracy, 1998). همچنین توده MINN11 به برنامه گزینش واگرا برای فتوتیپ آندوسپرم پاسخ داد. تیپ‌های انتخاب شده بسیار شیرین و شبه نشاسته‌ای بودند. در نتیجهٔ اثرات غیرمستقیم گزینش، نه تنها ظهور آندوسپرم تغییر کرد، بلکه تعدادی صفات مطلوب مانند عمق دانه و باریکی و تعداد ردیف دانه نیز بهبود یافت. هدف کلی از به‌نژادی توده‌ای، ایجاد ذخایر ژنی اصلاح شده به عنوان منابع توسعه اینبردهای جدید است. بروبیکر (Brewbaker, 2006) توده‌هایی را برای استفاده مستقیم به‌عنوان واریته‌های دگرگشن ایجاد کرده است. او ژن‌های Sh2، bt1 و bt2 را در واریته‌های متفاوت مورد استفاده قرار داده است.

**۷-۳ به‌نژادی بک‌کراس (تلاقی برگشتی)**

به‌منظور به‌نژادی ذرت شیرین برای انتقال توانایی سنتز نشاسته آندوسپرم و آلل‌های رنگ به اینبردهای مادری، اصلاح بک‌کراس به‌طور وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

[25] Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo *(Spanish: International Maize and Wheat Improvement Center; Mexico)*

همچنین از این روش برای تلقیح ژن منفرد مقاومت به بیماری‌ها و تراریخته‌ها نیز استفاده می‌شود. والدین نخستین هیبرید ILLini chief Sh2 ،و نخستین هیبرید ae1 du1 wx1 ، Pennfresh ADX به ترتیب نسخه‌های Sh2 و نسخه‌هایی، از والدین SU1، Iochief، Ia453 هستند.

لاین Illini chief کیفیت بذری پایینی داشت. برای رفع این نقیصه، یک آمیزش سه‌گانه به صورت (Ia453 sh2×p39 sh2)× Ia5125 sh2 انجام شد و از آن نخستین هیبرید موفق تجاری (ILLini xtra sweet) حاصل شد. والدین Florida stay sweet، نسخه‌های sh2 و والدین Ia2312 و Ia2256 از Iobelle نیز هیبرید Su1 هستند. نسخه‌های sh2 اینبرد C13 و P39 امروزه به‌صورت تجاری استفاده می‌شوند و کمپانی‌های بذری از آمیزش برگشتی برای توسعه نسخه‌های موفق Sh2 و se1 دورگ‌های Su1 نظیر jubilee استفاده کرده‌اند. تلاقی برگشتی موتانت‌های آندوسپرم درون اینبردهای مادری می‌تواند آسان باشد. برای پیدا کردن آلل مطلوب و به طور همزمان لقاح با والدین برگشتی، فقط یک فصل برای هر دوره بک‌کراس مورد نیاز است. اگر گلخانه زمستانی در دسترس باشد، سه فصل در سال برای تولید اکثر اینبردهای ذرت شیرین در اختیار خواهد بود. سیستم‌های چندژنی مانند ae1du1wx1 برای حصول اطمینان از حضور همه آلل‌های مطلوب به تست کراس‌های بیشتری نیاز دارند.

به‌نژادی ژن‌های آندوسپرم تحت تأثیر پیشینه اینبرد لاین قرار می‌گیرد و آمیزش برگشتی ساده بدون گزینش ممکن است به لاین‌های جدید با جوانه‌زنی ضعیف یا مزه نامطلوب منتج شود. بنابراین به منظور اطمینان از عملکرد قابل قبول اینبرد جدید، بایستی گزینش طی آمیزش برگشتی انجام گیرد. در بعضی برنامه‌های آمیزش برگشتی، رنگ زرد روشن دانه مرتبط با se1، شاخصی برای حضور ژن مورد استفاده است، اگرچه رنگ روشن‌تر وابسته به پس-زمینه بوده و در کل نامطلوب است. شاخص‌های دیگری که برای se1 استفاده شده شامل سرعت خشک‌شدن کندتر و دانه‌هایی با چروکیدگی بیشتر است که هر دو نیز وابسته به پس‌زمینه هستند. بنابراین تلقیح se1 با واریته‌های تجارتی از طریق روش آمیزش برگشتی در بسیاری موارد مشکل است. تست چشایی در طول به‌نژادی روش مطمئنی برای تشخیص اینبردهای se1 دارای کیفیت بالا است.

### ۷-۴ روش‌های مولکولی

در انتخاب به کمک نشانگرهای مولکولی ژن مورد نظر بر اساس پیوستگی که با یک نشانگر ژنتیکی دارد تشخیص داده و انتخاب می‌شود. بنابراین به عنوان قدم اول باید نشانگرهای پیوسته با ژن‌های مورد نظر شناسائی شوند. مارکرهای مولکولی و اخیرا نشانگرهای DNA ابزار مناسبی هستند که بر اساس آن می‌توان جایگاه ژنی وکروموزمی ژن-های تعیین کننده صفات مطلوب را شناسائی کرد. با دانستن

جایگاه یک ژن روی کروموزم می‌توان از نشانگرهای مجاور آن برای تائید وجود صفت در نسل‌های تحت گزینش استفاده نمود (Naqavi *et al.*, 2005).

ایجاد تنوع و تغییرات ژنتیکی در ذرت شیرین امکان‌پذیر است. هر چند گاهی مشکلاتی از قبیل تغییر شکل در تراریخته‌های تلقیح شده در ذرت شیرین بروز می‌کند که در ابتدا از طریق انتقال ژن به ذرت علوفه‌ای منتقل شده‌اند و سپس به ذرت شیرین بک‌کراس پیدا کرده‌اند. با توجه به عوامل نامطلوب مؤثر بر خصوصیات کیفی در ذرت علوفه‌ای انتقال مستقیم ژن به اینبردهای ذرت شیرین ترجیح داده می‌شود و منبع این ژن‌ها ممکن است موجودات زنده دیگر یا ژن‌های ذرت باشد که از بسیاری لحاظ تغییر شکل پیدا کرده‌اند. علاوه بر ژن‌های مؤثر در مقاومت به آفات و علف-کش‌ها، ژن‌های مؤثر بر خصوصیات کیفی نیز در تلاقی‌ها مورد توجه قرار خواهند گرفت.

حانا و همکاران (Hannah *et al.*, 1980) روشی را برای بهبود جوانه‌زنی ذرت sh2، از طریق الحاق پیش‌برنده‌هایی که در توسعه آندوسپرم با یک آلل کارکردی sh2 دیرفعال هستند، پیشنهاد کردند. ترکیب جدید به اینبردهای sh2 منتقل شد. در جریان تولید بذر، ژن sh2 جدید در نمو بذر تأخیری ایجاد خواهد کرد و بذر حاصل، نشاسته و ذخایر کافی برای اجتناب از مشکلات جوانه‌زنی sh2 خواهد داشت. در مزارع، بلال بایستی قبل از تغییر ژن و تولید نشاسته برداشت شود. این روش برای واریته‌های حاوی چنین ژنی احتمالاً دوره برداشت را کاهش خواهد داد.

گزینش هیبریدها در مرحله نخست بر اساس خصوصیاتی با وراثت‌پذیری بالا مانند ظهور بلال و دانه، اندازه آن‌ها و در صورت امکان طعم و مزه پایه‌گذاری شده است. دورگ‌های انتخاب شده در سال بعد نیز دوباره تست می‌شوند. در آزمایش‌های سال دوم، دورگ‌ها معمولاً در کرت‌های تکرار-دار رشد می‌کنند. در این مرحله، به منظور ارزیابی تغییرات پارامترهای کیفی، ممکن است بیش از یکبار از کرت‌ها برداشت صورت گیرد. کرت‌ها ممکن است حاوی ردیف‌های منفرد باشند ولی کرت‌های چند ردیفی ترجیح داده می-شوند، زیرا در این حالت رقابت بین کرتی و اثرات گرده-افشانی خارجی کاهش می‌یابد. دورگ‌ها از نظر عملکرد یا اجزای عملکرد مانند عمق دانه، اندازه بلال و خصوصیات کیفی ارزیابی می‌شوند. بررسی کیفیت ممکن است در مزرعه یا روی محصول پخته شده، صورت گیرد. اگر امکانات کافی وجود داشته باشد، ممکن است هیبریدها به منظور مواجهه با تنش‌های زیستی و غیرزیستی در محل دومی نیز کاشته شوند. همچنین در طول سال دوم ارزیابی، به‌نژادگر بایستی مطمئن باشد که از هر هیبرید بذر کافی برای انجام آزمون وسیع‌تر در سال بعدی موجود است. طی سال سوم ارزیابی، دورگ‌ها بایستی در آزمایش‌های تکراردار در مناطق و تحت شرایط تولید تجارتی مورد ارزیابی قرار گیرند. در برخی مکان‌ها حداقل از دو تاریخ کاشت استفاده می‌شود. بر خلاف

ذرت علوفه‌ای، ذرت شیرین معمولاً در محدوده زمانی وسیع‌تری کاشته می‌شود. برای مثال در ویسکانسین کالیفرنیا، ذرت شیرین از اواسط آوریل (اردیبهشت) تا اوایل جولای (مرداد) کاشته می‌شود. در حالی‌که در فلوریدا، دامنه تاریخ‌های کاشت معمول بیش از شش ماه است.

عملکرد، کیفیت خوراکی، قابلیت برداشت، مقاومت به بیماری و سایر صفات باید با استفاده از روش‌های متناسب با اهداف تجاری در ارتباط با برداشت‌های بیش از یکبار مورد ارزیابی قرار گیرند. در زمان ارزیابی ذرت شیرین به منظور فرآوری، بهتر است عمل فرآوری در هیبریدهایی که می‌توانند کنسرو و یا منجمد شوند، در مقیاس کوچک انجام گیرد. همه به‌نژادگران چنین امکاناتی را در اختیار ندارند و بنابراین برای ارزیابی کیفیت‌های فرآوری هیبرید جدید، همکاری با شرکت‌های صنایع غذایی ضرورت می‌یابد. به دلیل محدودیت‌های برداشت دورگ‌های ذرت شیرین، آزمون محل‌های متعدد، تاریخ‌های برداشت و برداشت‌های متعدد نیازمند برنامه‌ریزی و زمان‌بندی دقیق است. اگر مکان دوم بیشتر از چند ساعت با مکان اول، فاصله داشته باشد، بایستی یا یک همکار قابل اطمینان برای انجام کارها در آنجا انتخاب شود و یا یک مرکز تحقیقات با فاصله مکانی زیاد تأسیس شود که به منظور ارزیابی عمومی ظهور گیاه و بلال و مقاومت به آفات در بیش از یک دوره زمانی بتواند مورد استفاده قرار گیرد.

سال آخر ارزیابی به جمع‌آوری اطلاعات عملکرد تحت شرایط مزرعه‌ای یا تحت آزمون‌های ویژه اختصاص داده می‌شود. ممکن است نمونه‌هایی از دورگ‌ها برای کسب اطلاعات یا سنجش میزان سازگاری برای همکاران در مناطق دیگر فرستاده شود. آزمون‌های ویژه شامل تغییرات مدیریتی همچون تراکم کاشت، تغذیه، آبیاری و یا آلودگی مصنوعی به آفات برای دورگ‌های جدید می‌باشد که هنوز در معرض آن‌ها قرار نگرفته‌اند.

به تدریج گزینش در بین دورگ‌ها مشکل‌تر می‌شود و ارزش هر هیبرید برای ارزیابی بعد از هر مرحله آزمون عمیقاً افزایش می‌یابد. بنابراین جمع‌آوری دورگ‌های قوی در هر مرحله فوق‌العاده حایز اهمیت است. اهداف اکثر برنامه‌های به‌نژادی تعیین هیبریدهای خالص (الیت) است که واکنش ثابتی در بیش از یک فصل یا محیط دارند. این دورگ‌ها با هیبریدهای حد واسطی که در ادامه آزمون اصلاح می‌شوند، متفاوت هستند. اگر یک هیبرید خالص بوسیله یک فاکتور محیطی که در منطقه مورد کاشت وجود دارد، به‌طور جدی خسارت ببیند، بایستی حذف شود. با ادامه ارزیابی چنین دورگ‌هایی نه تنها ارزش آزمایش افزایش نمی‌یابد، بلکه فضایی که بایستی برای ارزیابی هیبریدهای جدید مورد استفاده قرار گیرد، نیز اشغال می‌شود. بنابراین، تصمیم‌گیری سریع، کارآیی آزمایش را افزایش می‌دهد. طی مراحل آخر ارزیابی، بررسی مرحله‌ای ویژگی‌های محصول فرآوری شده، ارزش آزمایش را بطور گسترده افزایش می‌دهد. اکثر دورگ-

ها از نظر برخی صفات کمبودهایی خواهند داشت. به‌نژادگر باید از اهمیت نسبی هر صفت برای یک بازار مشخص اطلاع داشته باشد. برای مثال تعداد کم ردیف دانه در بسیاری از دورگ‌ها ممکن است برای بازارهای مصرف زودتر از موعد، قابل قبول باشد. در صورتی که در فصل اصلی و یا تولید محصول برای فرآوری، وجود حتی ۱۲ تا ۱۴ ردیف دانه غیر قابل قبول می‌باشد و بنابراین در مرحله نخست ارزیابی بایستی حذف شود.

بیشتر صفات کیفی خوراکی در ذرت شیرین را می‌توان به‌طور سریع و مؤثر ارزیابی نمود. امکانات لازم برای اندازه-گیری بسیاری صفات از جمله درصد قند، تردی و پرآبی دانه در دسترس است. این سنجش‌ها نسبتاً پر هزینه و زمان‌بر بوده و معمولاً تنها در مراحل آخر آزمون انجام می‌گیرند. عملکرد و اجزای عملکرد دانه نیز با استفاده از اندازه‌گیری-های مشاهده‌ای تعیین می‌شوند.

تعیین زمان برداشت یک مرحله حساس در ارزیابی هیبریدها محسوب می‌شود؛ زیرا با پیشرفت رسیدگی، کیفیت کاهش و عملکرد (وزن بلال) افزایش می‌یابد. بنابراین دورگ‌ها بایستی در مرحله فیزیولوژیک یکسانی برای انجام مقایسات دقیق برداشت شوند. این مشکل، زمانی که یکنواختی در ابریشم‌دهی یک دورگ وجود نداشته باشد، پیچیده‌تر می‌شود. این عدم یکنواختی ممکن است در یک دورگ خاص تا ۹۰ درصد بوته‌ها را شامل شود. این مقدار اختلاف برای ایجاد تفاوت‌های کیفی بین بلال‌های همان دورگ به اندازه کافی بزرگ است. طول دوره گلدهی نیز تحت تأثیر ژنوتیپ و محیط قرار می‌گیرد.

با توجه به فنوتیپ دانه در زمان برداشت بلال از کرت‌های ذرت شیرین بایستی وقوع گرده‌افشانی خارجی را مورد ارزیابی قرار داد. بدیهی است که دورگ‌های با تیپ‌های متفاوت آندوسپرم نظیر su1 و sh2 بایستی در تکرارهای متفاوت و مجزا در مزرعه تست شوند. برای ارزیابی کافی کیفیت، اهمیت جدا کردن تیپ‌های su1se1 از su1 و دورگ‌های تا اندازه‌ای تغییر یافته از دورگ‌های تغییر نیافته (یعنی su1 su1 sh2 sh2 از su1su1 sh2 sh2) یکسان است. مدارکی دال بر اثرات گرده‌افشانی خارجی روی کیفیت خوراکی و ظهور دانه در درون تیپ‌های آندوسپرمی وجود دارد. این اثرات اغلب کوچک بوده و نادیده گرفته می‌شوند و می‌توانند از طریق ایجاد کرت‌هایی با ردیف‌های متعدد و برداشت نمونه‌ها از مرکز ردیف‌ها کاهش داده شوند.

طی هر مرحله از آزمایش، به‌نژادگر باید مطمئن باشد که بذر کافی از هر یک از هیبریدها برای مرحله بعدی آزمایش وجود دارد. اگر بذر کافی در آخر فصل وجود نداشته باشد، تست آن هیبرید منتفی است. با طی هر مرحله آزمایش مقادیر بذر مورد نیاز همانند هزینه تولید بذر افزایش می‌یابد. این امر بر اهمیت جمع‌آوری به موقع بذور طی آزمایش تأکید دارد. بذر اینبردهای جدید همانند دورگ‌های آن‌ها طی آزمایش بایستی افزایش یابد، به‌طوری که به محض اینکه تصمیم به تجارت هیبرید جدید گرفته شد، باید مقادیر

کافی اینبرد برای تولید مقادیر تجاری بذر آن هیبرید در اختیار باشد.

### ۷-۵ انتخاب برای صفات ویژه

#### ۷-۵-۱- کیفیت خوراکی

نسل‌های امروزی هیبریدهای ذرت شیرین از کیفیت خوراکی بالایی برخوردارند. به عبارتی اکثراً خوشمزه و ترد و مورد استقبال مصرف‌کنندگان هستند. چنانچه بخشی از مواد مادری، ژرم‌پلاسم غیرشیرین باشد، بایستی برای طعم و تردی، گزینش صورت گیرد. ژرم‌پلاسم غیرشیرین اغلب فرابری نسبتاً ضخیم دارد و بی‌مزگی را در نتاج ظاهر می‌کند. این حقیقت به‌ویژه در مورد ذرت‌های اصلاح شده‌ای مانند ذرت دندان اسبی که به تغذیه دام می‌رسند، مصداق دارد. برای گزینش فرابر نازک‌تر و حذف بافت‌ها و طعم‌های نامطلوب، می‌توان از تست چشایی استفاده کرد. ذرت‌های گزینش شده برای مصرف مستقیم انسان اغلب فرابری خیلی نازک و طعم‌های دلپذیر دارند. به هر حال در تشخیص اجزای مناسب طی آمیزش‌های خویشاوندی، تست چشایی ارزشمند خواهد بود. تست‌های چشایی همچنین در زمان تلقیح موتانت‌های آندوسپرم با اهمیت هستند. تشخیص وجود se1 از طریق چشمی مشکل است ولی ممکن است بوسیله تست چشایی یا سنجش بیوشیمیایی گزینش شود. تعداد زیادی از بلال‌ها بایستی به سرعت تحت شرایط مزرعه ارزیابی شوند. طی آمیزش فامیلی، معمولاً بخش بالایی بلال‌های خودگرده‌افشانی شده را در حدود ۲۰ تا ۲۵ روز بعد از گرده‌افشانی برداشت می‌کنند. بخش برداشت شده نشانه‌گذاری می‌شود و در بخش باقیمانده بهترین بلال‌ها بعد از رسیدگی دانه برداشت خواهند شد. با بقیه بلال‌ها می‌توان مزه‌ها و ظواهر را شناسایی و نشانه‌گذاری نمود. ارزیابی چشایی در طول آمیزش فامیلی، یک روش ساده و مقدماتی برای حذف خصوصیات نامطلوبی همچون بی‌مزگی و سفتی دانه است. بدیهی است دقت نتایج این گونه تست‌ها مستلزم آموزش کافی به افرادی است که کار تست چشایی را انجام خواهند داد.

برای ارزیابی صفات کیفی، خوش خوراکی و بازارپسندی ذرت شیرین، ابزارها و تکنیک‌های مختلفی وجود دارد. به‌طور مثال برای آنالیز قندها از رفراکتومتر، آنالیزکننده‌های قند و کروماتوگرافی و نیز برای ارزیابی ضخامت و نازکی فرابر از روش‌های میکروسکوپی، لطافت سنج‌ها و ماشین‌های برش دقیق استفاده می‌شود. با هر تکنیک، معمولاً فقط یکی از پارامترها را می‌توان اندازه‌گیری کرد، اما مزه‌های دلپذیر ناشی از ترکیبات بسیار متفاوت را به راحتی نمی‌توان تشخیص داد. تعدادی از این تکنیک‌ها به حدی کم خرج و سریع هستند که در برنامه‌های تولید اینبرد لاین‌ها در مقیاس وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرند، اگرچه ممکن است در ارزیابی دورگ‌ها نیز بکار گرفته شوند.

#### ۷-۵-۲ تولید بذر

یکی از اهداف اصلی کلیه برنامه‌های به‌نژادی ذرت شیرین، تولید مطمئن و اقتصادی بذر هیبریدهای جدید با کیفیت بالا می‌باشد. والدین یک نوع بذر تجاری می‌بایست از ویژگی‌هایی برخوردار باشند که عبارتند از: ۱) محصولی قابل قبول از بذور دارای کیفیت بالا و جوانه‌زنی مناسب تولید نمایند، ۲)گل‌آذین نر به آسانی در آن‌ها قابل حذف باشد، ۳) به برداشت مکانیکی و پوست‌کنی سازگار باشند، ۴) مقاومت کافی به خوابیدگی داشته باشند، ۵) محل قرارگیری بلال روی ساقه مناسب باشد و ۶) والد گرده‌دهنده در شرایط محیطی گوناگون به مقدار کافی دانه گرده تولید نماید. در این حالت مقاومت به تنش‌های گرما و خشکی مطلوب خواهد بود.

تمامی ارقام تجاری ذرت‌شیرین بر اساس یک یا تعداد بیشتری از موتانت‌های آندوسپرمی ناقص پایه‌گذاری شده‌اند و تولید بذر با کیفیت بالا در آن‌ها نسبت به تیپ‌های دیگر ذرت مشکل‌تر است. موتانت‌ها در مسیر سنتز نشاسته از نظر آنزیمی آسیب دیده‌اند و این مسئله به تغییر ترکیب کربوهیدرات آندوسپرم منجر می‌شود که نهایتاً در همه موارد به کاهش مقدار نشاسته منتهی می‌شود. در مقایسه با ذرت علوفه‌ای استاندارد، دانه‌ها لاغرتر و شکننده‌تر هستند. علاوه بر این بیشتر ذرت‌های شیرین از لحاظ داشتن فرابر نازک‌تر گزینش شده‌اند که ممکن است در مواردی این امر باعث ایجاد شکاف یا برآمدگی در آن‌ها شود. بنابر این جای تعجب نیست که جوانه‌زنی، سبزکردن در مزرعه و بنیه گیاهچه در اغلب موارد نسبت به ذرت زراعی استاندارد کمتر باشد. سبزشدن غیریکنواخت یا کاهش یافتن آن معمولاً به عملکردهای کمتر، اندازه بلال متفاوت و رسیدگی غیریکنواخت در ذرت شیرین می‌انجامد.

جوانه‌زنی و بنیه گیاهچه در بسیاری از موتانت‌های آندوسپرمی و حتی در آن‌هایی که درصد قند بالایی دارند (مانند Sh2)، کاهش می‌یابد. جوانه‌زنی بذر در موتانت‌هایی که برای تجمع مقدار بیشتر قند، نشاسته بیشتری مصرف می‌کنند (از جمله موتانت Sh2)، نسبت به ذرت نرمال و موتانت‌های دیگر، به‌ویژه در خاک‌های سرد کاهش داشته است. جوانه‌زنی دورگ‌های حاوی ژنوم se1 نسبت به su1 کمتر است. پس‌زمینه ژنتیکی، صفت سبز کردن در مزرعه را شدیداً تحت تأثیر قرار می‌دهد و اثر متقابل آن با موتانت آندوسپرمی، در تعیین رویش و بنیه گیاهچه مؤثر است. رو و گاروود (Rowe & Garwood, 1978) جوانه‌زنی و بنیه گیاهچه در سه اینبرد لاین ذرت شیرین به نام‌های S3-61 ، Ia5125 و Ia453 را مطالعه کردند. این لاین‌ها در واقع لاین‌های ایزوژنیک نزدیک به ۱۵ ترکیب آندوسپرمی از ژنوتیپ هایی بودند که حاوی ژن‌های برگرداننده موسوم به ae (افزایش دهنده آمیلوز)، du (کند)، su (قندی) و wx(مومی) بودند. جوانه‌زنی بذر و ارزیابی بنیه گیاهچه این لاین‌ها تحت تیمار سرما (هفت روز در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد و پنج روز بعدی در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد) انجام شد. میانگین جوانه‌زنی اینبرد Ia 5125 فقط ۴۶

درصد بود، در صورتی که ۸۱ درصد بذور Ia 453 جوانه زدند. در همان تحقیق، تأثیر برهمکنش پس‌زمینه ژنتیکی و نوع آندوسپرم ذرت شیرین بر درصد جوانه‌زنی بررسی شد. تأثیر معنی‌دار پس‌زمینه ژنتیکی روی جوانه‌زنی حاکی از آن است که از طریق گزینش، به‌نژادی جوانه‌زنی امکان‌پذیر است.

با توجه به برهمکنش معنی‌دار پس‌زمینه با تیپ آندوسپرمی، به‌نژادگران نمی‌توانند فرض کنند که تلاقی برگشتی یک موتانت آندوسپرمی جدید با یک لاین دارای کیفیت بذر مناسب الزاماً به ایجاد یک لاین با جوانه‌زنی خوب منتهی خواهد شد.

### ۳-۵-۷ جوانه‌زنی بهبودیافته در بذرهای Sh2

واریته‌های خیلی شیرین در سراسر جهان گسترش پیدا کرده‌اند، ولی به دلیل جوانه‌زنی ضعیف و سبزکرد مزرعه‌ای ناپایدار، به‌ویژه در خاک‌های سرد، در برخی مناطق استقبال کمتری از آن‌ها صورت گرفته است. از زمانی‌که واریته‌های ذرت شیرین Sh2 معرفی شدند، گزینش برای بهبود بنیه بذر مهم‌ترین تلاش به‌نژادگران این گیاه بوده است. علاوه بر گزینش مستقیم برای جوانه‌زنی تحت شرایط مزرعه‌ای و آزمایشگاهی، به‌نژادگران به منظور افزایش وزن بذر و کاهش تراوش الکتریکی و تحدب فرابر گزینش انجام داده‌اند. قبل از پرداختن به جزئیات بیشتر در این خصوص، بهتر است با دلایل کاهش جوانه‌زنی در واریته‌های Sh2 آشنا شویم.

کاهش سبزکرد، دلایل مختلفی دارد و شدیداً از عوامل ژنتیکی و شرایط محیطی حاکم بر بوته مادری در حین تشکیل بذر و زمان کاشت متأثر می‌شود. وزن بذر Sh2، حدود ۳۳ تا ۵۰ درصد Su1 است. کم بودن وزن بذر Sh2نسبت به سایر تیپ‌های ذرت عمدتاً به دلیل کاهش مقادیر نشاسته است. بنابراین هم در میان تیپ‌های آندوسپرمی و هم در داخل Sh2، مقدار نشاسته با جوانه‌زنی و بنیه بذر همبستگی خواهد داشت.

بذر Sh2 بر اساس وزن خشک، مقدار قند بیشتری دارد. با وجود این، ذرت Sh2 به دلیل پتانسیل اسمزی ایجاد شده در نتیجه بالا بودن مقادیر قند خیلی به کندی خشک می‌شود و بنابراین حساسیت بیشتری به خسارات یخبندان طی رسیدگی دارد. همچنین سرعت پائین‌تر خشک‌شدن ممکن است علت شیوع *Fusarium moniliforme* Sheldon بذرزاد در بذر Sh2 باشد. آلودگی بوسیله این قارچ فوزاریومی و پاتوژن‌های دیگر می‌تواند شدیداً جوانه‌زنی و بنیه بذر را کاهش دهد. استایر و کانتلیف (Styer & Cantliffe, 1983) نشان دادند که بذر Sh2 تولید شده در گلخانه، جوانه‌زنی و بنیه گیاهچه بهتری در مقایسه با بذور تولید شده در مزرعه دارد. آن‌ها این مسئله را به ذخایر آندوسپرمی بالاتر و کاهش فعالیت پاتوژنی در گلخانه نسبت دادند. در صورتی‌که ممکن است علت افزایش آلودگی بذر به *F. moriliforme* سرعت پائین‌تر خشک شدن بذر Sh2 باشد. هدریک و همکاران (Headrick et al., 1990) نیز

نشان دادند که افزایش آلودگی مستقیماً با بالابودن غلظت قند در ارتباط نیست. غلظت کم کربوهیدرات در Sh2 سبب می شود با خشک شدن تدریجی بذر، آندوسپرم آن چروکیده شود که این رخداد باعث بروز تعدادی از مشکلات ساختمانی برای بذر می‌شود. آندوسپرم چروکیده به بیرون از فرابر نفوذ می‌کند و این امر موجب ایجاد حباب‌های هوایی بین آندوسپرم و فرابر می‌شود. حباب‌های هوایی ایجاد شده حساسیت به خسارت فیزیکی را افزایش می‌دهند و این مسئله می‌تواند به ترک‌خوردگی فرابر منجر شود.

دانه‌های سالم Sh2 ، میزان تورم بیشتری نسبت به دانه‌های su1 دارند که احتمالاً می‌تواند ناشی از بالاتر بودن پتانسیل اسمزی آن ناشی شود. مقادیر بالاتر تورم در ارتباط با فرابر ترک‌خورده می‌تواند نتیجه هجوم آب باشد که این مسئله در تجدید سازمان غشاء مشکلاتی ایجاد می‌کند. فرابر Sh2 با نشت شدید محلول‌ها از دانه‌های آماس کرده، خسارت دیده و ساختمان غشاءها تخریب می‌شود. نسبت و میزان تراوش اندازه‌گیری شده تحت عنوان هدایت الکتریکی، در ذرت Sh2 بیشتر از su1 است.

اساساً نشت متابولیت‌ها از بذر، کربوهیدرت‌های محلول (ساکارز، گلوکز و فروکتوز) را شامل می‌شود که منبع انرژی متابولیک برای جنین طی جوانه‌زنی هستند. بر این اساس نشت مقادیر بالای کربوهیدرات ممکن است رشد پاتوژن‌های خاکزی را تشدید نموده و به فساد بذر منتهی شود. تراوش مواد از بذر در بسیاری از گونه‌ها به عنوان شاخصی از بنیه بذر و یکی از مؤثرترین آزمون‌های بنیه بذر در دو ذرت شیرین su1 و Sh2 است. نشتی بذر با سرعت سبزکردن در ارقام اصلاح شده ارتباط دارد. نشت از بذر به‌طور موفقیت-آمیزی به‌عنوان یک ابزار گزینش از لحاظ درصد جوانه‌زنی بالا در برنامه‌های به‌نژادی Sh2 استفاده شده است. با توجه به اینکه زمان رسیدگی مقادیر نشت متابولیت ها از بذر را تحت تأثیر قرار می‌دهد، بایستی از رسیدگی یکنواخت در سراسر توده بذر اطمینان حاصل کرد.

در دو تحقیق، از ژنوتیپ‌های آندوسپرمی و دورگ‌های یکسان استفاده شد و اختلافات موجود در بین نتایج بیانگر نقش با اهمیت محیط تولید بذر در کیفیت آن بود. تجزیه دانه‌های نشاسته در آندوسپرم زیر آلورون به‌طور معنی‌داری در واریتهSh2 در مقایسه با واریته‌های غیر یکنواخت Su1، Se1 Su1 و ارقام نرمال کمتر بود. بنابراین ممکن است قابلیت دسترسی به غذا برای بذر در حال جوانه‌زنی کاهش یابد. این بررسی تنها برای یک دورگ Sh2 انجام گرفته است، ولی اگر این واقعیت کلی باشد، می‌تواند به خوبی توضیح دهد که چرا حتی بذور درشت ژنوتیپ‌های Sh2، اغلب بنیه بذر نسبتاً پائینی دارند. نسبت تنفسی و سطوح آدنوزین‌تری فسفات (ATP) به عنوان فاکتورهای مشخص کننده بنیه بذور ضعیف ذرت Sh2 مطالعه شده‌اند، ولی هیچکدام وجود تفاوت‌های رشدی بین ذرت Sh2 و تیپ‌های دیگر را توجیه نکرده‌اند.

جزئیات تولید بذر Su1 بوسیله هلسون (Huelson, 1954) بیان شده است و با وجود معرفی واریته‌های دارای قند بالا، یعنی Se1 و Sh2، تغییرات کمی در آن صورت گرفته است. به هرحال، سرعت کم خشک‌شدگی و حساسیت به خسارت مکانیکی بذر ذرت شیرین دارای قند بالا به‌ویژه در ژنوتیپ-های Sh2 به تغییرات بسیاری در تولید بذر منجر شد. بذر ذرت شیرین Su1 استاندارد در رطوبت بذری حدود ۳۰ درصد با یک دامنه‌ای از ۱۰ تا ۵۰ درصد برداشت می‌شوند، در حالی‌که برداشت تیپ‌های با قند بالا در رطوبت ۵۰ تا ۵۵٪ انجام می‌پذیرد.

دانه‌ها در سطوح رطوبتی بالاتر، خیلی ترد هستند و به آسانی در حین کوبیدن و پوست‌کنی صدمه می‌بینند. در رطوبت ۵۵ درصد، سبوس‌ها و ساقه‌ها ممکن است سبز باشند و خراش دادن و پوست‌کنی بسیار مشکل‌تر از حالتی است که ذرت، رطوبت کمتری دارد. برای اجتناب از تلفات محصول در حین برداشت بلال، ماشین‌های بلال‌چین با انجام تغییراتی بهینه سازی شده‌اند. بلال‌های Shrunken2 همانند ذرت Su1 در مزرعه پوست‌کنی نمی‌شوند. بجای آن بلال‌ها همراه کل بوته برداشت می‌شوند و پوست بلال از طریق پوست‌کن‌های اختصاص یافته برای ذرت‌های برخوردار از رطوبت و قند بالا جداسازی می‌شود. دستگاه‌های بهبود یافته، کوتاه‌تر بوده و از بلال‌های پوست کنده شده بطور سریع‌تری عبور می‌کنند و در نتیجه دانه‌ها خسارت کمتری می‌بینند. دانه‌ها در اثر افتادن له شده یا خسارت می‌بینند و بلال‌های برخوردار از رطوبت بالا نسبت به بلال‌های Su1 با رطوبت پائین‌تر بطور معنی‌داری سنگین‌تر هستند. از این رو اندازه مخزن و قیف و فواصل بذرریزها کاهش داده شده است.

خشک‌کردن مصنوعی یک گام حساس در فرآوری بذور با رطوبت بالا است. بذور حاوی رطوبت بالا به آسانی از طریق خشک‌شدن در دمای بالا (۵۰ درجه سانتی‌گراد) خسارت می‌بیند ولی خشک کردن در دمای پائین (۳۵ درجه سانتیگراد) باعث بهبود کیفیت بذر می‌شود. در زمان برداشت حجم بالایی از بذر بایستی سریعاً خشک شود و در ضمن سرعت خشک کردن هم باید سریع باشد. بنابراین افزایش جریان هوا بین جعبه‌های خشک‌کن دارای اهمیت است. بذرهای با رطوبت بالا، هزینه بردارتر هستند و زمان بیشتری برای خشک کردن آن‌ها مورد نیاز است. بنابراین تنظیم مناسب دما و تناسب حجم توده بذری با میزان خشک کردن از اهمیت خاصی برخوردار است. بعد از خشک کردن، بذر Sh2 حالت شکننده پیدا می‌کند و شکل نامنظمی در آن ایجاد می‌شود و ممکن است فرابر نیز شکاف بردارد. در اثر ایجاد شکل‌های نامنظم در دانه، ممکن است محور جنینی بیرون‌تر از محل اصلی خود قرار گیرد که در این حالت به خسارت مکانیکی بسیار حساس خواهد بود. به هرحال بذر بایستی پوست‌کنی، آسیاب، ذخیره، تیمار و بسته‌بندی شود. بذر برای انجام هر یک از مراحل فوق نیاز به حمل و نقل دارد که این امر احتمال بروز خسارت را افزایش می‌دهد. هر

یک از این مراحل به منظور کاهش ساییدگی و فاصله سقوط و افزایش کیفیت بذر تغییر داده شده‌اند. اهمیت این تغییرات تنها زمانی آشکار می‌شود که یک بذر Sh2 به‌طور آزمایشی خشک شده و وضعیت نواقص روی وزن و شکل و سلامتی فرابر این بذرها شناسایی شود.

تأثیر پاتوژن‌های خاک‌زی بر جوانه‌زنی بذر Sh2 و ضرورت کاربرد تیمارهای شیمیایی روی بذر، پیش از این در اصلاح ارقام Sh2 مشخص شده است. تیمار کردن بذر ذرت شیرین در ارقام دارای قند بالا ضروری است تا محصول دوام اقتصادی داشته باشد. بسیاری از ترکیبات قارچ‌کش‌ها آزمایش شده‌اند و بعضی از آن‌ها مؤثر هستند. استفاده از برخی ترکیبات قارچ‌کش می‌تواند افزایش جوانه‌زنی تحت تست سرما را سبب شود و درصد جوانه‌زنی بذرهای تیمار شده نسبت به بذرهای تیمارنشده را سه تا چهار برابر افزایش دهد. برای تیمار بذر ذرت شیرین تجاری معمولا سه تا پنج قارچ‌کش به اضافه یک حشره‌کش بکار می‌رود.

### ۴-۵-۷ ایجاد مقاومت در برابر آفات و بیمارگرها

به طور کلی استفاده از ارقام مقاوم گیاهان زراعی یکی از سودمندترین و برترین راه‌های کنترل بیماری‌هاست. در زراعت ذرت نیز یکی از روش‌های متداول برای کنترل بیماری‌ها، استفاده از ارقام مقاوم است که در مؤسسات بین-المللی از جمله CIMMYT با روش‌های خاصی تولید می-شوند، هر چند که یک رقم خاص نمی‌تواند به کل آفات یا بیماری‌ها مقاوم یا متحمل باشد ولی تعدادی از دورگ‌ها وجود دارند که به اکثر بیماری‌ها مقاوم و متحمل هستند. مقاومت ژنتیکی به حشرات و بیمارگرها در ذرت شیرین مشابه ذرت علوفه‌ای است. به دلیل خسارات ناشی از آفات و هزینه‌های کنترل آن‌ها و همچنین به دلایل زیر در ذرت شیرین مواظبت بیشتری در مقایسه با ذرت علوفه‌ای مورد نیاز است.

۱) مصرف‌کنندگان ذرت شیرین، به بلال‌ها و دانه‌های خسارت دیده رغبتی نشان نمی‌دهند.

۲) ذرت شیرین در فصل گرم سال که شرایط برای شیوع آفات مناسب است، کشت می‌شود.

۳) فصل کاشت در یک دوره زمانی طولانی‌تری گسترده شده است و این موجب می‌شود ذرت شیرین بیشتر در معرض آفات قرار گیرد و آفات برای تشکیل جمعیت انبوه فرصت کافی داشته باشند.

فناوری انتقال ژن به تلقیح ژن BT از باکتری *Bacillus thuringiensis* به دورگ‌های تجاری ذرت شیرین منتهی شده است. ژن BT در کاهش خسارت کرم ساقه‌خوار ذرت (*Ostrinia nubilalis*) و کرم بلال (*Sesamia cretina*) مؤثر است، ولی استفاده از آن به شدت خسارت و میزان استقبال مصرف‌کننده بستگی خواهد داشت. مقاومت ذرت به بیماری‌ها از درجه پایین مقاومت تا مصونیت کامل توصیف شده است و نوع مقاومت را می‌توان به ۱- اختلاف در میزان بیماری‌زایی پاتوژن، ۲- اختلاف در مقاومت ژن‌های گیاه

میزبان و ۳- اثرات مختلف محیطی که میزان بیماری را گسترش می‌دهد، نسبت داد.

درباره ژنتیک مقاومت و به‌نژادی برای تولید ارقام مقاوم به بیماری‌ها دو سیستم ژنتیکی متقابل وجود دارد:

۱) سیستم ژنتیکی میزبان که نتیجه ناسازگاری بین متابولیسم میزبان و پاتوژن است (مقاوم در برابر حساس)

۲) سیستم ژنتیکی پاتوژن (بیماری‌زا در مقابل غیربیماری‌زا)

غربال کردن[۲۶] ژنوتیپ‌های ذرت نسبت به بیماری یکی از ابزارهای مهم برای به‌نژادگر در انتخاب بوته‌های مقاوم به بیماری‌ها می‌باشد. اگر چه اپیدمی طبیعی یکی از ابزارهای غربال‌گری است اما این روش مرتباً در یک الگوی مداوم اتفاق نمی‌افتد، زیرا شرایط آب و هوایی متغیر بوده است. این مسأله ممکن است به نفع میزبان یا به نفع پاتوژن انجام شود. از این‌رو، به منظور اطمینان از ایجاد بیماری در هر سال، شرایط مناسب باید مهیا و روش‌های مناسب به طور صحیح اعمال شود تا روند غربال‌گری به طور مناسب اجرا شده و میزبان در حضور پاتوژن تست و ارزیابی شود.

گزینش برای مقاومت به پاتوژن‌ها و حشرات ممکن است طی به‌نژادی گیاه انجام شود. روش‌هایی برای تلقیح اکثر پاتوژن‌ها و حشرات که ذرت شیرین را مورد حمله قرار می‌دهند ایجاد شده‌اند و می‌توانند طی فرآیند به‌نژادی مورد استفاده قرار گیرند. در ادامه به نمونه‌هایی موفق از ایجاد مقاومت در برابر برخی بیمارگرها و آفات در زراعت ذرت شیرین در ایالات متحده آمریکا اشاره می‌شود.

**الف- مقاومت به بیماری زنگ معمولی**

زنگ معمولی ذرت شیرین به‌طور وسیعی در نواحی رشد ذرت به‌ویژه در مزارع نیمه غربی و بالایی ایالات متحده آمریکا شایع است و می‌تواند کاهش شدید عملکرد و کیفیت را در پی داشته باشد، به‌طوری که خسارات اقتصادی قابل توجهی روی دورگ‌های موفق ایجاد نماید. اینکه شرایط محیطی یا روش‌های زراعت روی شیوع بیماری‌ها مؤثر است یا نه، کاملاً آشکار نیست و بنابراین پیش‌بینی اینکه کجا و تا چه زمانی طغیان بیماری رخ می‌دهد، مشکل است. زنگ بلال در آیداهو، واشنگتن، اورگون و کالیفرنیا به خسارت اقتصادی منجر شده است. وجود آن در نواحی تولید بذر آیداهو، می‌تواند محدودکننده باشد. قارچ‌کش‌های معین به عنوان تیمارهای بذری بکار برده می‌شوند. شخم مزرعه نیز به‌طور مؤثری بیماری‌ها را کنترل می‌کند. در مقاومت به زنگ بلال در بین اینبردها و دورگ‌ها تفاوت‌های وراثت-پذیری وجود دارد.

دو شکل از مقاومت در برابر این بیماری در دسترس است: مقاومت عمومی (چند ژنی) و دیگری مقاوت ویژه (تک‌ژنی یا ژن فردی). نوع اول اندازه و تعداد تاول‌هایی که تشکیل می-شوند را کاهش می‌دهد. مقاومت جزئی تحت کنترل چند ژن

[26] Screening

قرار دارد، اگرچه تعداد ژن‌ها احتمالاً کم هستند. ژرم‌پلاسم حساس به آسانی در برنامه به‌نژادی حذف می‌شود. ژن سینگل یا مقاومت ویژه از طریق RP1 Locus در بسیاری دورگ‌ها قابل دسترس است. این RP1 Locus، یک کمپلکسی مکانی شامل رشته‌های مضاعف ناجور از آمیزش (کراسینگ اور) ناموزون است که می‌تواند طی میوز اتفاق افتد.

فراوانی بالای کراسینگ اور ناموزون، تعداد زیادی از آلل‌ها را به‌وجود آورده است. آلل RP1-d امروزه به‌طور فراوانی مورد استفاده قرار گرفته است. درسال ۱۹۹۹ نژادی از زنگ معمولی مؤثر روی ژرم‌پلاسم RP1-d در ایالت‌های ویسکانسین و مینه‌سوتا پیدا شد. دیگر آلل‌ها در RP1 (RP1-K, RP1-e, RP1-f, RP1-g , RP1-i) و آلل c در مکان‌های RP3) کاربرد زیادی دارند. مقاومت ناشی از آلل‌ها در RP1 و RP3 معمولاً غالب هستند. نمونه‌ای از غالبیت بالا در یک مکان مقاومت به زنگ (RP8) گزارش شده است.

**ب- مقاومت به بیماری بلایت شمالی برگ ذرت**

این بیماری که بوسیله قارچ *Helminthosporium turcicum* ایجاد می‌شود، اولین بار در سال ۱۸۷۶ از ایتالیا و درسال ۱۳۶۹ توسط فروتن و رحیمیان از مازندران گزارش شده است.

بلایت شمالی برگ ذرت می‌تواند باعث خسارت اقتصادی در ذرت شیرین در سراسر نیمه‌شرقی ایالات متحده آمریکا، جنوب اروپا و فلسطین اشغالی شود. بلایت شمالی برگ ذرت یک مشکل جدی طی فصل رشد اصلی در فلوریدا است و هیبریدهای مورد استفاده در فلوریدا بایستی برخی مقاومت‌ها را داشته باشند. هر دو شکل مقاومت ژن فردی و جزئی برای این بیماری که یک نوع لکه‌برگی رایج در ذرت شیرین است، وجود دارد. به هرحال، نژادهایی از پاتوژن‌ها قادرند بر همه ژن‌های فردی که به‌طور معمولی استفاده می‌شوند، غلبه پیدا کنند. صرف نظر از نژادهای فعلی، شکل چندژنی مقاومت مؤثر است.

**ج- مقاومت به بیماری پژمردگی باکتریایی استوارت[۲۷]**

این بیماری گاهی به نام سوختگی برگی استوارت یا باکتریوز ذرت نامیده می‌شود. عامل بیماری باکتری *Erwinia stewartii* (Smith) که غیر متحرک، گرم منفی و میله‌ای است، به اندازه ۲/۲-۰/۹×۰/۸-۰/۴ میکرومتر می‌باشد. از کاشت هیبریدهای حساس به پژمردگی استوارت در مناطقی که این بیماری یک مشکل رایج است، می‌بایست اجتناب کرد. پژمردگی استوارت بوسیله سوسک ککی ذرت (*Chaetocrema Pulicaria* Melsheimer) منتشر می‌شود و می‌تواند هرجایی که حشره زمستان‌گذرانی می‌کند، مشکل‌ساز شود. زمانی‌که مجموع دماهای میانگین برای سه ماه دسامبر، ژانویه و فوریه (زمستان) ۳۲ درجه سانتی‌گراد یا پائین‌تر باشد، زمستان‌گذارانی سوسک ککی شدیداً محدود

[27] Stewarts Bacterial Wilt

می‌شود. اگر مجموع دماهای متوسط برای سه ماه فوق بالاتر از ۳۷ درجه سانتی‌گراد باشد، پژمردگی می‌تواند یک مشکل جدی باشد. بنابراین در آمریکا پژمردگی استوارت معمولاً در ایالت‌های مهم فرآوری ذرت شیرین یعنی ویسکانسین یا مینه سوتا مشکل‌ساز نیست. بررسی آمار هواشناسی کشورمان، ایران، نیز حاکی از آن است که در قریب به اکثر مناطق مستعد برای توسعه و ترویج زارعت ذرت شیرین این بیماری کمتر بروز می‌کند، زیرا در آن مناطق همواره زمستان‌هایی نسبتاً سرد حاکم است. مقاومت به پژمردگی استوارت وراثت‌پذیری بالایی دارد و بوسیله چند ژن کنترل می شود. هیبریدهای مقاوم به این عارضه بطور گسترده در دسترس هستند.

**د- مقاومت به ویروس موزائیک کوتولگی ذرت**

ویروس موزائیک کوتولگی ذرت (MDMV)[۲۸] جدی‌ترین بیماری ویروسی ذرت شیرین در آمریکا است و در نواحی که ویروس این بیماری زمستان‌گذرانی می‌کند، تولید ذرت شیرین محدود می‌شود. این بیماری می‌تواند باعث تلفات جدی در ذرت‌های دیر کاشته شده در حوزه شمالی ایالات متحده شود. ویروس عامل بیماری موزاییک کوتولگی بوسیله شته‌ها انتقال می‌یابد، ولی در ایالت‌های مینه‌سوتا و ویسکانسین که ذرت شیرین برای مقاصد فرآوری به وفور کشت و کار می‌شود، قادر به زمستان‌گذرانی نیست. بسته به آمیزش، مقاومت به ویروس موزائیک کوتولگی ذرت بوسیله بیشتر از پنج ژن کنترل می‌شود و هیبریدهایی با مقاومت بالا به MDMV، در دسترس هستند.

**ه- مقاومت به پوسیدگی‌های دانه، بلال و ساقه**

محصول اقتصادی ذرت شیرین در حدود ۲۰ روز بعد از گرده‌افشانی یعنی قبل از اینکه بذر برسد و گیاه وارد مرحله پیری شود، برداشت می‌شود. بنابراین بیماری‌های پوسیدگی ساقه، بلال و دانه معمولاً در تولید ذرت شیرین چندان مشکل‌ساز نیستند. با وجود این، در مواردی ممکن است پوسیدگی‌های ساقه، بلال و دانه باعث خسارات شدید اقتصادی در تولید دانه این گیاه شوند. در ذرت شیرین مانند ذرت علوفه‌ای، پوسیدگی‌های ساقه ممکن است ناشی از تنش‌های فیزیولوژیک و یا پاتوژن‌هایی مانند فوزاریوم (*Fusarium diplodia, Fusarium gibberella*) و پی‌تیوم و یا معمولاً ترکیبی از هر دوی آن‌ها باشد. تفاوت‌های ژنتیکی در مقاومت به پوسیدگی ساقه وجود دارد، ولی مکانیسم‌های مقاومت پیچیده هستند و مقاومت اغلب با خصوصیات دیگری همچون تأخیر در رسیدگی مرتبط هستند. شدت پوسیدگی ساقه تحت تأثیر شرایط آب و هوایی، عملیات زراعی، حضور پاتوژن‌های برگی و ژنتیک میزبان قرار می‌گیرد.

پوسیدگی‌های دانه و بلال که بوسیله فوزاریوم دیپلودیا و فوزاریوم ژیبرلا ایجاد می‌شوند، همیشه در تولید دانه ذرت

[28] Maize Dwarf Mosaic Virus

شیرین مشکل ایجاد می‌کنند. اغلب پوسیدگی فوزاریومی دانه با خسارت حشره مرتبط است و تفاوت‌هایی در حساسیت به فوزاریوم در بین اینبردهای ذرت شیرین وجود دارد. در ارقام ذرت شیرین با درصد قند بالا، کاهش جوانه-زنی و مرگ سرشاخه‌های گیاهچه (سرخشکیدگی گیاهچه) می‌تواند ناشی از آلودگی فوزاریومی دانه‌های نمو یافته باشد. اثرات مادری در مقاومت به فوزاریوم دارای اهمیت هستند. محل مقاومت ممکن است فرابر یا کاکل باشد. در رطوبت بالا، پوسیدگی بلال و دانه شدید است.

**و- مقاومت به حشرات**

کرم ساقه‌خوار اروپایی جدی‌ترین حشره آفت در مهم‌ترین مناطق فرآوری ذرت شیرین یعنی ایالت های مینه‌سوتا و ویسکانسین است، در صورتی‌که کرم خوشه‌خوار، غالباً در مناطق دیگر باعث خسارت بیشتری می‌شود. ژنتیک مقاومت به این آفات در ذرت علوفه‌ای در دست مطالعه است و به-نژادی به منظور ایجاد مقاومت به کرم ساقه‌خوار اروپایی و کرم خوشه‌خوار ذرت یکی از مهم‌ترین برنامه‌های ملی تحقیقاتی ذرت شیرین است. به‌نژادی ژنتیکی به منظور ایجاد مقاومت در بین ذرت‌های شیرین الیت سازگار، در حد کمی صورت گرفته است و دارای توارث پیچیده‌ای است. منابع طبیعی غیرمقاوم (Resistance outside) ذرت شیرین ممکن است کیفیت خوراکی خیلی پائین و خصوصیات نامطلوب دیگری همچون وجود پوسته‌های بذری با نفوذپذیری خیلی‌کم و یا کاکل قهوه‌ای داشته باشند. برخلاف بیماری‌های ذکر شده در بالا، در به‌نژادی دورگ-هایی با کیفیت بالا که دارای درجات مناسبی از مقاومت به این آفات حشره‌ای باشند، تاکنون موفقیت چندانی حاصل نشده است.

**۸ - معرفی انواع واریته‌های ذرت شیرین**

تا زمان مصرف نخستین هیبرید ذرت شیرین، به نام Red green در سال ۱۹۲۴، اکثر واریته‌های ذرت شیرین هیبریدهای سینگل‌کراس بوده‌اند. با افزایش کیفیت یا عملکرد بذر، تعدادی از سینگل‌کراس‌های اصلاح شده وارد بازار شدند، ولی لاین‌های خواهری معمولاً خیلی مشابه هستند. یک سینگل‌کراس اصلاح شده دورگی است که یکی از والدین آن بوسیله تلاقی دو لاین خواهری کاملاً مرتبط تولید شده است.

ذرت شیرین به دو طریق خام یا فرآوری شده، مصرف می-شود. برخی دورگ‌ها برای هر دو مورد، قابل استفاده هستند. اغلب دورگ‌ها از نظر یک یا چند صفت کمبود دارند و به این دلیل ممکن است بسته به هدف حذف شوند. در پی افزایش تقاضا برای یکنواختی اندازه و شکل بلال، دورگ‌های سینگل‌کراس به سرعت مورد پذیرش صنعت فرآوری ذرت شیرین قرار گرفتند. این دو صفت به‌ویژه در تولید ذرت فرآوری شده با کیفیت بالا و عملکرد خوب حایز اهمیت است. ابزار تیز و برنده‌ای‌که دانه‌ها را از چوب بلال جدا می-

کند، برای بازدهی حداکثر، تنظیم می‌شوند. اگر اندازه بلال بیش از حد کوچک باشد دانه‌ها کاملاً از چوب بلال جدا نمی‌شوند. در بلال‌های با چوب بزرگ، برش دهنده‌ها تا عمق فرو می‌روند (به‌طوری که ممکن است منجر به توقف و انسداد برش‌دهنده گردد) و به اختلاط تکه‌های چوب بلال با دانه‌های بریده شده منجر می‌شوند و بنابراین کیفیت محصول کاهش می‌یابد.

رابطه کیفیت ذرت شیرین با زمان برداشت به مجموع واحدهای دمایی دریافتی بعد از گرده‌افشانی وابسته است. اگر بعضی از بوته‌ها در یک دوره طولانی کاکل بدهند، برخی از بلال‌ها در زمان برداشت به علت رسیدگی بیش از حد دارای کیفیت پائینی خواهند بود. از سوی دیگر، برداشت زودتر از موعد ذرت شیرین به نارس بودن بلال‌ها و کاهش عملکرد منجر خواهد شد و به دلیل برداشت و انتقال تناژ محصول نارس، مخارج افزایش خواهد یافت.

تعدادی از واریته‌های با گرده‌افشانی آزاد (دگرگشن) قدیمی مانند Country Gentleman; Golden Bantam همچنان خرید و فروش می‌شوند. برای ذرت فرآوری شده و خام، طبقه‌بندی‌های تجاری وجود دارد و برای تأمین خصوصیات هر طبقه نیاز به دورگ‌های خاصی می‌باشد.

### ۸-۱ هیبریدهای تجاری برای مصارف تازه‌خوری

برای مصرف تازه‌خوری ذرت شیرین بهتر است که غلاف برگ‌های بلال که نزد عوام به پوست بلال شهره است، از ظاهری مطلوب و رنگ سبز تیره برخوردار باشد و پهنک این برگ‌ها نیز بلند باشد تا از قسمت‌های فوقانی بلال بخوبی حفاظت نمایند. تشکیل بلال‌های غلاف‌دار، حایز اهمیت است و ترجیحاً بهتر است نوک بلال کاملاً پر بوده و دست کم ۱۶ ردیف مستقیم از دانه‌های نازک و باریک داشته باشد. رنگ دانه بسته به منطقه و ناحیه‌ای که در آن رشد می‌کند، تغییر می‌یابد. به طوری‌که قبلاً ذکر شد، فلوریدا و اکثر بازارهای آسیا به آندوسپرم Sh2 رغبت بیشتری نشان می‌دهند. تولیدکننده‌ها در نواحی دیگر ایالات متحده آمریکا از دورگ‌های Sh2 و یا Se1 استفاده می‌کنند. ذرت برای مصرف تازه‌خوری به‌صورت دستی یا مکانیکی برداشت می‌شود. بنابراین در هیبریدی که مقبولیت وسیعی دارد، بلال‌ها بایستی به آسانی از بوته جدا شوند. هیبریدهای خیلی زودرس ممکن است نسبت به هیبریدهای فصل اصلی ردیف‌های دانه کمتر، عملکرد کمتر یا کیفیت خوراکی پایئن‌تری داشته باشند.

### ۸-۲ هیبریدهای مناسب برای فرآوری

محصول ذرت شیرین به اشکال مختلف از جمله دانه کامل کنسروی، کنسرو به شکل خامه‌ای، بلال کامل منجمد شده و دانه کامل منجمد شده فرآوری می‌شود. همه ذرت‌های فرآوری شده بایستی به برداشت مکانیکی، غلاف‌کنی و قطع بلال سازگار باشند. یکنواختی در رسیدگی و تیپ بلال‌ها نیز خیلی اهمیت دارد. مقدار ذرت برداشت شده در هر هکتار،

پارامتر عملکردی مهمی برای ذرت‌های دانه‌ای و شکل خامه‌ای است. این پارامتر بوسیله عملکرد ذرت در واحد سطح و بازیافت دانه در تن، تعیین می‌شود.

در محصولی که قرار است به شکل دانه کامل فرآوری شود، بهتر است شکل دانه بلند و باریک بوده، رنگ آن زرد روشن و براق باشد، لطافت دانه و طعم نیز در تعیین کیفیت ذرت دانه کامل دارای اهمیت است. برخی کارخانجات صنایع غذایی با اضافه کردن شکر طی فرآوری، شیرینی محصول را افزایش می‌دهند. میزان قند و نمک افزوده شده به کنسرو دورگ‌های Sh2 کمتر از ذرتSu1 استاندارد است. در فرآوری ذرت به فرم خامه‌ای بیشترین تغییرات وجود دارد که با جداکردن دانه‌ها از بلال و اضافه شدن نشاسته با نمک و شکر به محصول نهایی همراه است. بنابراین در این حالت بسیاری از صفات مهم ذرت دانه کامل مانند ظاهر دانه، لطافت و طعم اهمیت کمتری دارند. ارقام Shrunken2 برای فرآوری به شکل خامه‌ای به خوبی پذیرفته شده‌اند، زیرا در این نوع فرآوری شکل دانه اهمیت چندانی ندارد و مقدار قند کمتری اضافه می‌شود.

بسیاری از دورگ‌های اولیه Sh2، شکل دانه‌ای مطلوبی برای فرآوری دانه کامل ندارند. در بسیاری موارد تقاضاها برای انجماد بلال کامل، مشابه ذرت مورد استفاده برای بازار تازه-خوری است. در این حالت میزان بلال‌ها در واحد سطح مهم‌ترین پارامتر عملکرد است و ظاهر بلال نیز اهمیت دارد. قطع بلال‌ها به‌صورت برش‌های استوانه‌ای، مطلوب است؛ زیرا این مسئله به تولید قطعات یکنواخت منجر می‌شود. ظاهر غلاف و پر شدن بخش انتهایی بلال اهمیت کمتری دارد، زیرا غلاف‌ها حذف می‌گردند و قسمت‌های انتهایی بلال‌ها معمولاً قطع می‌شوند.

تیپ‌های از ذرت شیرین که قند بیشتری دارند، برای فرآوری انجماد به شکل بلال کامل مناسب هستند، زیرا امکان افزودن قند به محصول منجمد شده، برای افزایش مزه، وجود ندارد. بلال‌هایی که برای این منظور کشت می‌شوند، همگی بوسیله ماشین برداشت، غلاف‌کنی و بریده شده و مستقیماً به کارخانه منتقل می‌شوند. به‌طور کلی دورگ‌های مناسب برای فرآوری بایستی یکنواختی بالایی داشته و به مراحل فرآوری سازگار باشند. محل قرارگیری بلال روی بوته باید به اندازه کافی بالاتر از زمین باشد تا برداشت مناسب آن امکان‌پذیر گردد. غلاف‌ها باید به آسانی جدا شده و دانه‌ها باید نسبت به له‌شدن مقاوم باشند. علاوه براین، شکل بلال باید متناسب با سرعت بالای برداشت کننده‌های اتوماتیک باشد. شایان ذکر است که دورگ‌های دارای بلال‌های کج سریعاً حذف می‌شوند.

## ۹- تحولات ژنتیکی در ارقام ذرت شیرین از دیرباز تا کنون

کارشناسان و متخصصین زراعت و اصلاح نباتات یقیناً به این موضوع اشراف دارند که تولید بذر هیبرید کاملاً تخصصی و امری دشوار است. همچنین موضوع تولید بذر

ارقام ذرت شیرین در کشور بسیار جوان و نوپاست. از این‌رو، اکثر تولیدکنندگان ذرت شیرین برای مصارف تازه‌خوری و فرآوری ترجیح می‌دهند برای اطمینان از خلوص و یکنواختی مزرعه خود، از بذرهای وارداتی استفاده نمایند. در ادامه با فهرستی از ارقام ذرت شیرین از گروه‌های مختلف ژنتیکی آشنا می‌شوید. شایان ذکر است برای هر گروه صرفاً به توضیحات کلی و معرفی نام دورگ همراه با طول دوره رشد و رنگ دانه آن بسنده شده است. این فهرست شامل رایج‌ترین ارقام ذرت شیرین است که تعداد روز تقریبی از زمان سبز شدن گیاهچه تا برداشت برای هر رقم نیز ذکر شده است. شایان ذکر است جز در مواردی که عبارت "آزاد گرده افشان" قید شده است، تمام ارقام، هیبرید هستند. علاوه براین، "ارقام دست‌ورزی شده ژنتیکی"[۲۹] مانند ارقام Bt و ارقام مقاوم به علفکش گلیفوسیت، فقط برای تولید-کنندگانی که در سطح تجاری بسیار وسیع کشت و کار می-کنند، فراهم هستند و در این فهرست معرفی نشده‌اند.

شایان ذکر است امروزه ارقام غیرهیبرید (آزادگرده‌افشان) در بازار تجاری ذرت شیرین جای خود را به ارقام دورگ جدیدی داده‌اند که زودرس‌ترند و حاوی درصد قند بیشتری هستند و مزیتی دارند که می‌توانند طعم مطبوع و شیرینی خود را برای مدت بیشتری حفظ نمایند. با این حال در بین واریته‌های آزادگرده‌افشان ارقامی وجود دارد که بر خلاف دوره کوتاه انبارداری (افت درصد قند به دلیل تبدیل شدن به نشاسته) بیش از یک قرن است که همچنان مورد توجه مصرف‌کنندگان خانگی هستند و بسیاری از مردم این ارقام را در باغچه‌های منازل خود کشت می‌کنند. از این نوع ارقام که به عنوان "بذرهای میراث کهن"[۳۰] یاد می‌شود، می‌توان واریتهEarly Golden Bantam با دانه‌های زرد رنگ و واریته Country Gentleman با دانه‌های سفید رنگ را نام برد. دلیل استقبال بالا از این ارقام این است که اگر چه درصد قند و شیرینی کمتری دارند، ولی طعم، رایحه و لطافت بافت دانه‌ها هنگام خوردن به مراتب بیشتر از ارقام هیبرید است.

**۱-۹ ارقام شیرین یا استاندارد: Standard (su)**

این گروه قدیمی‌ترین ارقام ذرت شیرین را شامل می‌شود که نسبت به ذرت معمولی زراعی قند بیشتر و نشاسته کمتری دارند و عمدتا برای تغذیه دام مناسب هستند. نماد ژنوم این گروه su می‌باشد که از کلمه Sugary گرفته شده و معرف ارقام اولیه‌ای است که نتیجه جهش در آلل su هستند و از دیرباز توسط بومیان آمریکا استفاده می‌شده‌اند و در حدود ۵ تا ۱۰ درصد وزنی، قند دارند. واریته‌های این گروه از نظر تحمل عمق کاشت، جوانه‌زنی و رشد، قوی‌تر از سایر ارقام هستند. بعد از بلوغ و برداشت تبدیل محتوای قند دانه‌ها به نشاسته آغاز می‌شود. از این‌رو، بهتر است بلافاصله بعد از برداشت، به مصرف برسند. بهترین طعم و شیرینی حداکثر

[29] Genetically modified varieties

[30] Heirloom seeds

از بلال و دانه‌های این گروه زمانی حاصل می‌شود که یک الی دو ساعت بعد از برداشت به صورت آب پز یا کبابی پخته شده و به مصرف برسند.

ارقام گروه شیرین یا استاندارد از نظر رنگ دانه و طول فصل رشد (از هنگام سبز شدن تا برداشت اقتصادی) متنوع هستند. تعدادی از معروف‌ترین واریته‌های دانه زرد (جدول ۷)، دانه سفید (جدول ۸)، دانه دو رنگ، سفید- زرد (جدول ۹) و دانه‌های چندرنگ (جدول ۱۰) در ادامه معرفی شده‌اند. در این گروه، واریته‌های زودرس (۶۰-۷۰ روز)، متوسطرس (۷۱-۸۰ روز)، دیررس (۸۱-۹۰ روز) و بسیار دیررس ( بالاتر از ۹۰ روز) وجود دارد. واریته‌های چند رنگ از این گروه (su) معمولاً هنگامی که رنگ دانه‌های بالغ شروع به تغییر رنگ به سمت صورتی تا سرخ می‌کند، در حداکثر شیرینی هستند.

**جدول ۷- واریته‌های ذرت شیرین دانه زرد (Yellow (su از گروه استاندارد**

**Table 7. Yellow (su) sweet corn varieties from the standard group.**

| رقم<br>Cultivar | از رویش تا برداشت (روز)<br>From emergence to harvesting (day) | رقم<br>Cultivar | از رویش تا برداشت (روز)<br>From emergence to harvesting (day) |
|---|---|---|---|
| ایرلیوی<br>Earlivee | 60 | آیوچیف (دارنده نشان AAS)<br>Iochief (AAS winner)[۲] | 80 |
| ارلی سان گلاو<br>Early Sunglow | 62 | مریت<br>Merit | 80 |
| سان دنس<br>Sundance | 69 | جوبیلی<br>Jubilee | 81 |
| ارلی گلدن بنتام<br>Early Golden Bantam[۱] | 80 | گلدن کراس بنتام<br>Golden Cross Bantam[۳] | 85 |

(۱) این رقم یک واریته با گرده‌افشانی باز است که در سال ۱۹۰۲ معرفی شد و جای خود را به عنوان اولین واریته دانه زرد در کشت و کار وسیع ذرت شیرین باز کرد. نژاد اورجینال این واریته اغلب، 'Golden Bantam 8 Row' نامیده شده و نشان می‌دهد که تعداد ردیف دانه روی بلال فقط هشت ردیف است. تعدادی از نژادهای اصلاح شده این والد با ۱۲ ردیف دانه روی بلال یا بیشتر وجود دارد.

(۲) ارقامی که به دریافت نشان AAS نایل می‌شوند، اصطلاحاً All-America Selections Winners نامیده می‌شوند. به این معنی که کمیته‌ای مرکب از متخصصین، مناسب بودن آن واریته اصلاح شده برای سرتاسر آمریکای شمالی را مورد تأیید قرار داده‌اند.

(۳) این رقم در سال ۱۹۳۳ معرفی شد و خیلی زود به عنوان پر فروش‌ترین بذر دورگ ذرت شیرین برای کشت و کار در زراعت معیشتی (باغ و باغچه منازل) و کسب و کار تجاری این محصول مبدل شد.

**جدول ۸- واریته‌های ذرت شیرین دانه سفید White (su) از گروه استاندارد**

**Table 8. White (su) sweet corn varieties from the standard group.**

| رقم<br>Cultivar | از رویش تا برداشت (روز)<br>From emergence to harvesting (day) |
|---|---|
| ترو پلاتینیوم<br>[1]True Platinum | 80 |
| کانتری جنتل من<br>[2]Country Gentleman | 90 |
| سیلور کویین<br>Silver Queen | 92 |
| استوولز اور گرین<br>[3]Stowell's Evergreen | 98 |

۱) قدیمی، آزاد گرده‌افشان

۲) آزاد گرده‌افشان، میراث کهن، که از سال‌ها پیش کشت و کار می‌شده است.

۳) قدیمی، آزاد گرده‌افشان. در اقلیم‌های شمالی یا عرض‌های جغرافیایی بالاتر، این واریته ممکن است در فصل رویش به بلوغ فیزیولوژیک کامل نرسد. با وجود این می‌توان قبل از فرا رسیدن سرما و یخبندان سخت و کشنده، ساقه‌های حاوی بلال‌های نسبتاً رسیده را برداشت نموده و در اصطبل یا در انباری سایه به صورت آویخته نگهداری نمود. در این حالت، پس از یک ماه یا بیشتر، می‌توان بلال‌ها را چید و مورد استفاده قرار داد که در این حالت به این نوع بلال، همیشه سبز می‌گویند.

**جدول ۹- واریته‌های ذرت شیرین دانه دو رنگ Bicolor (su) از گروه استاندارد**

**Table 9. Bicolor (su) sweet corn varieties from the standard group.**

| رقم<br>Cultivar | از رویش تا برداشت (روز)<br>From emergence to harvesting (day) |
|---|---|
| شوگر اند گلد<br>Sugar & Gold | 67 |
| کویکی<br>Quickie | 68 |
| دابل استاندارد<br>[1]Double Standard | 73 |
| باتر اند شوگر<br>Butter & Sugar | 75 |
| شوگر داتز<br>Sugar Dots | 81 |
| هانی اند کرم<br>Honey & Cream | 84 |

(۱) آزاد گرده افشان

**جدول ۱۰- واریته‌های ذرت شیرین دانه چند رنگ Multicolor (su) از گروه استاندارد**

**Table 10. Multicolor (su) sweet corn varieties from the standard group.**

| رقم<br>Cultivar | از رویش تا برداشت (روز)<br>From emergence to harvesting (day) |
|---|---|
| هوکرز<br>[1]Hookers | 70 |
| تریپل پلی<br>[2]Triple Play | 70 |
| پینتد هیل<br>[3]Painted Hill | 75 |
| بلک مکزیکن/ آزتک<br>[4]Black Mexican/Aztec | 76 |

(۱) آزاد گرده‌افشان، دانه‌ها نخست سفید هستند و هنگام بلوغ، آبی می‌شوند.
(۲) آزاد گرده‌افشان، دانه‌ها نخست دو رنگ (سفید – زرد) هستند و هنگام بلوغ، به رنگ تقریباً آبی تغییر رنگ می‌دهند.
(۳) آزاد گرده‌افشان، دانه‌ها نخست غالباً سفید هستند و هنگام بلوغ، به رنگ‌های مختلف دیده می‌شوند.
(۴) قدیمی، آزاد گرده‌افشان، دانه‌ها نخست سفید هستند و هنگام بلوغ؛ به آبی – سیاه تغییر رنگ می‌دهند.

### ۲-۹ ارقام خیلی شیرین: Sugary Extender (se)[31]

ارقام این گروه از ذرت شیرین، در مقایسه با گروه استاندارد (su) از نسبت قند به نشاسته بالاتری برخوردارند و در صورتی که در یخچال مناسب نگهداری شوند، شیرینی خود را ۲ تا ۴ روز، بیشتر حفظ می‌کنند. دانه‌های این گروه تا حدودی سخت‌تر از ارقام گروه su هستند. با وجود این، به عنوان دانه لطیف شناخته شده و به همین دلیل برای برداشت و جداکردن دانه با ابزار مکانیکی، مناسب نیستند. ایزوله کردن مزرعه این ارقام، از مزارع ارقام گروه suضرورتی ندارد، هرچند ترجیح داده می‌شود که این کار انجام شود. در برخی از بروشورها و کاتالوگ معرفی بذر، بین واریته‌های se هتروزیگوت (یکی از والدینse می‌باشد) و واریته‌هایse هوموزیگوت (هر دو والدse می‌باشند) تمایزی قایل نشده‌اند، اما اگر به چنین تفکیکی نیاز باشد معمولا واریته‌های se هوموزیگوت را با برچسب+se یا (se se) یا SE مشخص می‌نمایند.

[31] که منجر به se با توجه به کارکرد ژن افزایش درصد قند و افزایش مدت نگهداری بلال قبل از افت درصد قند و تبدیل آن به شود، این گروه را با دو عبارت نشاسته می معرفی می‌نمایند. sugar extender وsugar enhancer

در این گروه نیز رنگ دانه و طول دوره رشد (از هنگام سبز شدن تا برداشت اقتصادی) متنوع است. تعدادی از معروف-ترین واریته‌های دانه زرد (جدول۱۱)، دانه سفید (جدول ۱۲)، دانه دو رنگ، سفید- زرد ( جدول۱۳) و دانه‌های چند رنگ (رابی کویین با دوره رویش ۷۵ روز) در ادامه معرفی شده‌اند. در واریته رابی کویین، رنگ دانه‌ها در آغاز سفید است اما در زمان بلوغ، به قرمز تیره تغییر می‌کند.

در این گروه واریته‌های زودرس (۶۰-۷۰ روز)، متوسط رس (۷۱-۸۰ روز) و دیررس (۸۱-۹۰ روز) وجود دارد. گفتنی است واریته‌های چند رنگ از این گروه (se) معمولاً هنگامی که رنگ دانه‌های بالغ شروع به تغییر رنگ به سمت صورتی تا سرخ می‌کند، در حداکثر شیرینی هستند.

**جدول ۱۱- واریته‌های ذرت شیرین دانه زرد Yellow (se) از گروه خیلی شیرین**

**Table 11. Yellow (se) sweet corn varieties from the sugary extender group.**

| رقم<br>Cultivar | از رویش تا برداشت (روز)<br>From emergence to harvesting (day) | رقم<br>Cultivar | از رویش تا برداشت (روز)<br>From emergence to harvesting (day) |
|---|---|---|---|
| باترگلد<br>Buttergold | 63 | تاکسیدو<br>Tuxedo | 75 |
| پریکوشس<br>Precocious | 66 | این کردیبل<br>Incredible | 83 |
| اسپرینگ تریت<br>Spring Treat | 67 | مرلین<br>Merlin | 67 |
| شوگر بانز<br>Sugar Buns | 72 | میراکل<br>Miracle | 72 |
| کلراو<br>Colorow | 73 | کندی کورن ای اچ<br>Kandy Korn EH | 73 |
| بوداشس آر/ ام<br>Bodacious R/M | 75 | | |

**جدول ۱۲- واریته‌های ذرت شیرین دانه سفید White (se) از گروه خیلی شیرین**

**Table 12. White (se) sweet corn varieties from the sugary extender group.**

| رقم Cultivar | از رویش تا برداشت (روز) From emergence to harvesting (day) | رقم Cultivar | از رویش تا برداشت (روز) From emergence to harvesting (day) |
|---|---|---|---|
| اسپرینگ اسنو Spring Snow | 65 | آلپاین Alpine | 79 |
| شوگر پیرل Sugar Pearl | 73 | سیلور کینگ Silver King[1] | 82 |
| وایت اوت Whiteout | 73 | آرجنت Argent | 86 |
| کلاد ناین Cloud Nine | 77 | | |

(۱) این رقم نسخه جدیدی از رقم Silver Queen(su) با ژنوم گروه se می‌باشد.

**جدول ۱۳- واریته‌های ذرت شیرین دانه دو رنگ Bicolor (se) از گروه خیلی شیرین**

**Table 13. Bicolor (se) sweet corn varieties from the sugary extender group.**

| رقم Cultivar | از رویش تا برداشت (روز) From emergence to harvesting (day) | رقم Cultivar | از رویش تا برداشت (روز) From emergence to harvesting (day) |
|---|---|---|---|
| شوگر بی بی Sugar Baby | 65 | آکورد Accord | 78 |
| فلیت Fleet[1] | 69 | بروکاد Brocade | 80 |
| بون جور Bon Jour | 70 | لنسلوت Lancelot | 80 |
| ترینیتی Trinity | 70 | پرشس جم Precious Gem | 80 |
| بای- لی شس Bi-Licious | 72 | ابسولوت Absolute | 81 |
| تمپ تیشن Temptation | 72 | پیچس اندرکم مید ای اچ Peaches and Cream Mid EH | 83 |
| لاشس Luscious | 73 | دلکتبل Delectable R/M | 80 |
| آمبروزیا Ambrosia | 75 | | |

(۲) این رقم نسخه جدیدی از رقم Quivkie (su) با ژنوم گروه se می‌باشد.

**۳-۹ ارقام فوق شیرین (سوپرسوییت): Supersweet (sh2)**

واریته‌های گروه فوق شیرین یا سوپرسوییت یا (sh2) نسبت به گروه نرمال یا استاندارد (su) چهار تا ده برابر قند بیشتر دارند و با رسیدگی و مراقبت مناسب می‌توان بدون افت درصد قند تا ده روز قبل از مصرف، آن‌هارا نگهداری نمود. سختی دانه این ارقام، حتی از گروه se کمتر است، برای

جوانه‌زنی و آغاز رشد دمای بالاتری نیاز دارند، و برای بدست آوردن نتیجه رضایت‌بخش، باید عمق کشت بذر و فاصله ایزولاسیون از دانه گرده سایر ارقام ذرت، رعایت شود. اسم این گروه (sh2) از "ظاهر شکننده و چروکیدهبذر رسیده و خشک که نتیجه کم بودن محتوای نشاسته بذر است، ریشه گرفته است.

رنگ دانه و طول دوره رشد (از هنگام سبز شدن تا برداشت اقتصادی) در واریته‌های فوق شیرین متنوع است. تعدادی از معروف‌ترین واریته‌های دانه زرد (جدول۱۴)، دانه سفید (جدول۱۵) و دانه دو رنگ، سفید- زرد (جدول۱۶) در ادامه معرفی شده‌اند. در این گروه واریته‌های زودرس (۷۰-۶۰ روز)، متوسطرس (۷۱-۸۰ روز) و دیررس (۸۱-۹۰ روز) وجود دارد.

**جدول ۱۴- واریته‌های ذرت شیرین دانه زرد (sh2) Yellow از گروه فوق شیرین**

**Table 14. Yellow (sh2) sweet corn varieties from the supersweet group.**

| رقم<br>Cultivar | از رویش تا برداشت (روز)<br>From emergence to harvesting (day) | رقم<br>Cultivar | از رویش تا برداشت (روز)<br>From emergence to harvesting (day) |
|---|---|---|---|
| اکسترا ارلی سوپر سوییت<br>Extra Early Super Sweet | 67 | چلنجر<br>Challenger | 80 |
| ارلی اکسترا سوییت<br>[1]Early Xtra Sweet | 70 | پشن<br>Passion | 70 |
| راولین<br>Ravelin | 72 | اکسل<br>Excel | 72 |
| سامر سوییت یلو<br>Summer Sweet Yellow | 74 | جوبیلی سوپر سوییت<br>Jubilee SuperSweet | 74 |
| کرسپی کینگ<br>Krispy King | 78 | ایلینی اکسترا سوییت<br>Illini Xtra Sweet | 78 |
| گاریسون<br>Garrison | 79 | کریسپی ان سوییت<br>Crisp ‘N Sweet | 79 |
| ایلینی گلد<br>Illini Gold | 79 | | |

(۱) در سال ۱۹۷۱ موفق به دریافت نشان AAS winner شده است. ارقامی که به دریافت نشان AAS نایل می‌شوند، اصطلاحاً All-America Selections Winners نامیده می‌شوند، به این معنی که کمیته‌ای مرکب از متخصصین، مناسب بودن آن واریته اصلاح شده برای سرتاسر آمریکای شمالی را مورد تأیید قرار داده‌اند.

**جدول ۱۵- واریته‌های ذرت شیرین دانه سفید White (sh2) از گروه فوق شیرین**

**Table 15. White (sh2) sweet corn varieties from the supersweet group.**

| رقم<br>Cultivar | از رویش تا برداشت (روز)<br>From emergence to harvesting (day) | رقم<br>Cultivar | از رویش تا برداشت (روز)<br>From emergence to harvesting (day) |
|---|---|---|---|
| سامر سوییت وایت<br>Summer Sweet White | 73 | ترشر<br>Treasure | 83 |
| تاهو<br>Tahoe | 81 | هاو سوییت ایت ایز<br>[1]How Sweet It Is | 85 |
| آسپن<br>Aspen | 83 | کاملوت<br>Camelot | 86 |

(۱) این رقم در سال ۱۹۸۶ موفق به دریافت نشان AAS winner شده است.

**جدول ۱۶- واریته‌های ذرت شیرین دانه دو رنگ Bicolor (sh2) از گروه فوق شیرین**

**Table 16. Bicolor (sh2) sweet corn varieties from the supersweet group.**

| رقم<br>Cultivar | از رویش تا برداشت (روز)<br>From emergence to harvesting (day) | رقم<br>Cultivar | از رویش تا برداشت (روز)<br>From emergence to harvesting (day) |
|---|---|---|---|
| نورترن اکسترا سوییت بای کالر<br>Northern Xtra Sweet Bicolor | 67 | الوها<br>Aloha | 82 |
| سامر سوییت بای کالر<br>Summer Sweet Bicolor | 73 | دازل<br>Dazzle | 82 |
| رادیانس<br>Radiance | 73 | هودسن<br>Hudson | 83 |
| هانی ان پیرل<br>[1]Honey ‘N Pearl | 78 | فنومنال<br>Phenomenal | 85 |

(۱) این رقم در سال ۱۹۸۸ موفق به دریافت نشان AAS winner شده است.

**۹-۴ ارقام هم‌افزا: Synergistic (sy)**

واریته‌های هم‌افزا دستاورد بکارگیری روش‌های جدید به‌نژادی در گیاهان محسوب می‌شوند. این ارقام ترکیبی از ریخته ارثی گروه‌های مختلف ذرت شیرین را در یک بلال به نمایش می‌گذارند. در نخستین واریته‌ای که از این گروه اصلاح و معرفی شد، ۲۵٪ دانه‌های چوب بلال از گروه sh2 ، ۲۵٪ از نوع se و ۵۰٪ آن‌ها از نوع su بود، اما هم‌اکنون تولید بلال‌هایی با نسبت‌ها و ترکیب‌های مختلف از این سه ژنوم امکان‌پذیر است (Lertrat & Pulam, 2007). در حال حاضر تعداد نشان‌ها و نام‌های تجاری که معرف ترکیب‌های ژنتیکی خاصی از این تیپ مرسوم هستند، رو به افزایش است. ویژگی کلی تمام واریته‌های گروه sy این است که رعایت ایزولاسیون از سایر واریته‌های گرده‌زا از گروه‌های su و se ضرورتی ندارد. با وجود این، برای رسیدن به بیشینه شیرینی در این ارقام، رعایت فاصله ایزولاسیون توصیه شده است.

مشابه ارقام ذرت شیرین در گروه‌های ژنتیکی شیرین (su)، خیلی شیرین (se) و فوق شیرین (sh2)، رنگ دانه و طول دوره رشد (از هنگام سبز شدن تا برداشت اقتصادی) در واریته‌های هم‌افزا نیز متنوع است. تعدادی از معروف‌ترین واریته‌های دانه زرد (جدول ۱۷)، دانه سفید (جدول ۱۸) و دانه دو رنگ، سفید- زرد (جدول۱۹) در ادامه معرفی شده‌اند. در این گروه واریته‌های زودرس (۶۰-۷۰ روز)، متوسطرس (۷۱-۸۰ روز) و دیررس (۸۱-۹۰ روز) وجود دارد.

**جدول ۱۷- واریته‌های ذرت شیرین دانه زرد Yellow (sy) از گروه هم‌افزا**

**Table 17. Yellow (sy) sweet corn varieties from the synergistic group.**

| رقم<br>Cultivar | از رویش تا برداشت (روز)<br>From emergence to harvesting (day) |
|---|---|
| اپلوس<br>Applause | 72 |
| این فرنو<br>Inferno | 73 |
| هانی تریت<br>Honeytreat | 76 |
| هانی سلکت<br>[1]Honey Select | 79 |

**جدول ۱۸- واریته‌های ذرت شیرین دانه سفید White (sy) از گروه هم‌افزا**

**Table 18. White (sy) sweet corn varieties from the synergistic group.**

| رقم<br>Cultivar | از رویش تا برداشت (روز)<br>From emergence to harvesting (day) |
|---|---|
| سیلور داچس<br>Silver Duchess | 78 |
| سیندرلا<br>Cinderella | 80 |
| ماتاپویست<br>Mattapoisett | 80 |
| آوالون<br>[1]Avalon | 82 |
| کاپتیویت<br>Captivate | 88 |

(۱) این واریته نسخه دانه سفید از رقم Providence می‌باشد.

**جدول ۱۹- واریته‌های ذرت شیرین دانه دو رنگ Bicolor (sy) از گروه هم‌افزا**

**Table 19. Bicolor (sy) sweet corn varieties from the synergistic group.**

| رقم<br>Cultivar | از رویش تا برداشت (روز)<br>From emergence to harvesting (day) | رقم<br>Cultivar | از رویش تا برداشت (روز)<br>From emergence to harvesting (day) |
|---|---|---|---|
| فریسکی<br>[1]Frisky | 67 | سینرژی<br>Synergy | 76 |
| پولکا<br>[2]Polka | 69 | مونتاک<br>[3]Montauk | 80 |
| پی درت<br>Pay Dirt | 70 | کریستین<br>[4]Kristine | 80 |
| ریولیشن<br>Revelation | 70 | سرندی پیتی/پرووِیدنس<br>Serendipity/Providence | 82 |
| رنسانس<br>Renaissance | 73 | کامیو<br>[5]Cameo | 84 |
| کاریزما<br>Charisma | 74 | | |

(۱) شبیه تیپ فلیت، (۲) شبیه تیپ ترینیتی، (۳) از تیپ دلکتیبل، (۴) از تیپ سیندرلا، (۵) از تیپ دلکتیبل

### ۹-۵ ارقام فوق شیرین تقویت شده: Augmented Supersweet

یکی دیگر از دستاوردهای استفاده از فناوری‌های نوین در به‌نژادی گیاهان زراعی، تولید واریته‌های سوپر سوییت تقویت شده در ذرت شیرین است. ارقام این گروه دارای ترکیب چندگانه از انواع ژن‌ها روی ژن غالب sh2 هستند (Lertrat & Pulam, 2007). این ارقام دارای دانه‌هایی حاوی ژن sh2 می‌باشند اما در برخی قسمت‌های بلال ژن-های se و su نیز دارند. به‌عنوان مثال، واریته Mirai در تمام دانه‌ها، ژن‌های sh2، se و su را دارد. واریته‌های این گروه دانه‌هایی به لطافت دانه‌های گروه se دارند، بنابراین برداشت مکانیکی بلال توصیه نمی‌شود. برای جلوگیری از تولید دانه‌های نشاسته‌ای (کاهش قند)، مزارع کشت این ارقام مانند سایر ارقام فوق شیرین، بایستی از مزارع گروه su، se وsy که ممکن است همزمان با این مزارع گرده-افشانی داشته باشند، جدا و به اندازه کافی دور نگه داشته شود.

توجه: واریته‌های Xtra-Tender دارای یک شماره سری هستند. چنانچه این شماره با عبارت dd در زیر اعداد مشخص شده باشد، تعداد روز تقریبی تا زمان برداشت آن رقم را نشان می‌دهد. به عنوان مثال واریته Xtra-Tender 282A در حدود ۸۲ روز بعد از سبز شدن به مرحله بلوغ و برداشت می‌رسد. بدیهی است این عدد تقریبی است و در صورتی که رقم مورد نظر طبق توصیه شرکت تولیدکننده بذر با رعایت محدوده دمایی مناسب جوانه‌زنی و رویش در زمان مناسب کشت شده باشد، این اطلاعات قابل تعمیم به مناطق مختلف می‌باشد (Tracy *et al*., 2000; Anonymous, 2017).

رنگ دانه و طول دوره رشد (از هنگام سبز شدن تا برداشت اقتصادی) در واریته‌های فوق شیرین تکمیل شده، متنوع است. تعدادی از معروف‌ترین واریته‌های دانه زرد (جدول۲۰)، دانه سفید (جدول۲۱) و دانه دو رنگ، سفید-زرد (جدول ۲۲) در ادامه معرفی شده‌اند. در این گروه واریته‌های زودرس (۶۰-۷۰ روز)، متوسطرس (۷۱-۸۰ روز) و دیررس (۸۱-۹۰ روز) وجود دارد.

**جدول ۲۰- واریته‌های ذرت شیرین دانه زرد از گروه فوق شیرین تکمیل**

**Table 20. Yellow sweet corn varieties from the augmented supersweet group.**

| از رویش تا برداشت (روز) From emergence to harvesting (day) | رقم Cultivar | از رویش تا برداشت (روز) From emergence to harvesting (day) | رقم Cultivar |
|---|---|---|---|
| 72 | میرای130Y Mirai 130Y | ??? | اکسترا- تندر1ddA Xtra-Tender 1ddA |
| 75 | ویژن Vision | ??? | اکسترا - تندر11dd Xtra-Tender 11dd |
| 76 | میرای 002 Mirai 002 | 71 | میرای131Y Mirai 131Y |

**جدول ۲۱- واریته‌های ذرت شیرین دانه سفید از گروه فوق شیرین تکمیل**

**Table 21. White sweet corn varieties from the augmented supersweet group.**

| از رویش تا برداشت (روز) From emergence to harvesting (day) | رقم Cultivar |
|---|---|
| ??? | اکسترا- تندر3ddA Xtra-Tender |
| ??? | اکسترا- تندر31dd Xtra-Tender |
| 71 | میرای421W Mirai 421w |
| 74 | اکس تی ا چ3673 XTH |
| 82 | دیووشن Devotion |

**جدول ۲۲- واریته‌های ذرت شیرین دانه دو رنگ از گروه فوق شیرین تکمیل**

**Table 22. Bicolor sweet corn varieties from the augmented supersweet group.**

| از رویش تا برداشت (روز) From emergence to harvesting (day) | رقم Cultivar | از رویش تا برداشت (روز) From emergence to harvesting (day) | رقم Cultivar |
|---|---|---|---|
| 75 | تریامف Triumph | ??? | اکسترا- تندر 2ddA Xtra-Tender 2ddA |
| 76 | میرای 301BC Mirai 301BC | ??? | اکسترا- تندر21dd Xtra-Tender 21dd |
| 76 | ستلار Stellar | 71 | میرای 308BC Mirai 308BC |
| 78 | میرای 350BC Mirai 350BC | 73 | فن تستیک Fantastic |
| 79 | ابسیژن Obsession | 73 | میرای 336BC Mirai 336BC |

## References


Aslami Nezhad, A., & Samei, A. 2002. Genetic engineering and its applications. Ferdowsi University of Mashhad. 240 p. [In Persian].

Farsi, M., & Zulfali, J. 2011. Principles of plant biotechnology. Ferdowsi University of Mashhad Press. 554 p. [In Persian].

Naqavi, M., Qara Yazi, B., & Hosseini Salekdeh, Q. 2005. "Molecular Markers." Tehran: Tehran University Press. [In Persian].

Anonymous. 2017. List of sweet corn varieties. Available on the URL//https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_sweet corn_varieties

Abedon, B. G., & Tracy, W. F. 1998. Direct and indirect effects of full-sib recurrent selection for resistance to common rust (Puccinia sorghi Schw.) in three sweet corn populations, Crop Science, 38 (1), 56-61. https://doi.org/10.2135/cropsci1998.0011183X003800010010x

Brewbaker, J. L. 2006. "Development of supersweet maize adapted to the tropical". In: Mercer C. F. (Ed.) Breeding for success: Diversity in Action, Australasian Plant Breeding Conference, Christchurch New Zealand, 18-21 April 2006. Pp: 44-49.,

Fritz, V., Tong, C., & Rosen, C. 2002. Vegetable crop management, Sweet corn. University of Minnesota Press. 370 pp.

Garwood, D. L., McArdle F. J., Vandeslice S. F., & Shannon, J. C. 1976. "Post harvest carbohydrate transformation and processed quality of high sugar maize genotypes". Journal of the American Society for Horticultural Science, 101 (4), 400-404. https://doi.org/10.21273/JASHS.101.4.400

Hannah, L. C., Tuschall, D. M., & Mans, R. J. 1980. Multiple forms of maize endosperm ADP-glucose pyrophosphorylase and their control by shrunken-2 and brittle-2. Genetics, 95 (4), 961-970. https://doi.org/10.1093/genetics/95.4.961.95, 961

Headrick, J. M., Pataky, J. K., & Juvik, J. A. 1990. Relationships among carbohydrate content of kernels, condition of silks after pollination, and the response of sweet corn inbred lines to infection of kernels by Fusarium moniliforme. Phytopathology, 80 (5), 487-494

Huelson, W. A. 1954. Sweet corn. Interscience publisher, New York.

Lertrat, K., & Pulam, T. 2007. Breeding for increased sweetness in sweet corn. International Journal of Plant Breeding, 1 (1), 27-30.

Ordas, B., Revilla, P., Ordas, A., & Malvar, R. A. 2008. Hybrids sugary × sugary enhancer of sweet corn: A valuable option for cool environments. Scientia Horticulturae, 118 (2), 111-114. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.05.024

Rowe, D. E., & Garwood, D. L. 1978. Effect of four maize endosperm mutants on kernel vigor. Crop Science, 18 (5), 709-712. https://doi.org/10.2135/cropsci1978.0011183X001800050003x

Rubino, D. B., & Davis, D. W. 1990. Response of a sweet corn × tropical maize composite to mass selection for temperate-zone adaptation. Journal of American Society of Horticultural Science, 115 (5), 848-853. https://doi.org/10.21273/JASHS.115.5.848

Styer, R. D., & Cantliffe, D. J. 1983. Changes in seed structure and composition during development and their effects on leakage in two endosperm mutants of sweet corn. Journal of American Society of Horticultural Science, 108 (5), 721-728. https://doi.org/10.21273/JASHS.108.5.721

Tracy, W. F., Talbert, L. E., & Gerdes, J. T. 2000. Molecular variation and F1 Performance among strains of the sweet corn inbred P39. Crop Science, 40 (6), 1763-1768. https://doi.org/10.2135/cropsci2000.4061763x

Yousef, G. G., & Juvik, J. A. 2001. Comparison of phenotypic and marker-assisted selection for quantitative traits in sweet corn. Crop Science, 41 (3), 645-655. https://doi.org/10.2135/cropsci2001.413645x