دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
دانشکده تولید گیاهی
گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی

جزوه درسی کارشناسی
به نژادی گیاهان زراعی

گردآوری
سیده ساناز رمضانپور

فصل اول

گندم

(WHEAT)

مقدمه

گندم[1] مهم‌ترین گیاه زراعی دنیا است. طبق آمار FAO، در میان کلیه محصولات کشاورزی جهان، گندم بیشترین سطح زیر کشت و بیشترین میزان تولید را به خود اختصاص داده است. در اکثر جوامع انسانی به ویژه در جوامع کم‌درآمد، گندم مهم‌ترین منبع غذایی به شمار می‌رود. بدین جهت در دنیای امروز، گندم نه تنها یک ماده غذایی اساسی و مهم است، بلکه از لحاظ سیاسی و اقتصادی هم از اهمیتی هم پایه با نفت برخوردار است، به صورتی که کشورهای صادرکننده گندم، به عنوان « قدرت سبز» معرفی می‌شوند. از گندم علاوه بر نان، انواع شیرینی، ماکارونی، دکستروز، الکل، خمیر کاغذ و محصولات متنوع دیگری تهیه می‌گردد.

نوع و میزان پروتئین‌های موجود در گندم، در مناسب بودن آنها برای تهیه هر یک از فرآورده‌های مذکور مؤثر می باشد. اهمیت گندم در تهیه نان به خاطر وجود پروتئینی به نام گلوتن (گلوتنین+گلیادین) در اندوسپرم دانه می‌باشد که به علت ایجاد خاصیت چسبندگی و الاستیکی در خمیر گندم مانع خروج گاز CO_2 حاصل از تخمیر می‌شود و باعث حجیم شدن نان می‌گردد. تنها دانه گندم و به میزان کمتری دانه چاودار دارای این خاصیت می‌باشند.

اهمیت اصلاح گندم:

$P = P_0(1+r)^n$ $r = rate$ (نرخ) $P = Population$

$n = year$ $P_0 = base\ Population$

جمعیت ایران در حدود ۸۹ میلیون نفر است. اگر نرخ رشد r=۰/۰۴ و n=۱۰ باشد P=۱۳۰*۱۰^۶ نفر می‌شود. با همین نرخ ۲۰ سال آینده جمعیت ۱۹۰ میلیون نفر خواهد شد. طبق استانداردهای سازمان ملل، هر هکتار زمین کفاف دو نفر را می‌دهد (از لحاظ پوشاک و خوراک و ...) و ما در ایران ۱۶×۱۰^۶ هکتار زمین داریم که ۸×۱۰^۶ هکتار کشت دیم و ۸ میلیون هکتار نیز کشت آبی است و بنابراین ۸×۲=۱۶ میلیون نفر را کفایت می‌کند. ولی کشت دیم چون تناوب دارد و یکسال در میان کاشت می‌شود کفاف ۸ میلیون نفر را می‌دهد و در مجموع ۸+۱۶=۲۴ میلیون نفر را کفایت می‌کند. اگر در نظر بگیریم آب زیادی داریم و دیم را هر سال انجام می‌دهیم یعنی دیم = آبی باشد حاصل معادله ۱۶+۱۶=۳۲ میلیون نفر می‌شود و اگر کمتر بخوریم که کفایت سه نفر را بدهند ۳*۱۶=۴۸ میلیون نفر می‌شود، در صورتی که الان جمعیت کشور ما در حدود ۹۰ میلیون نفر است. اصلاح نباتات یا کشاورزی نوین معادله ۴۸ میلیون نفر را می‌تواند به هم بزند.

Peter در سال (۱۹۷۶) عنوان داشت که:

«بدون وجود به‌نژادگر هیچ گیاهی به‌صورت اهلی شده در طبیعت وجود نداشت و بدون گیاهان اهلی غذایی در جهان نبود. زیرا به نژادگر به گیاهان وحشی مدل داد و آنها را به صورت امروزی درآورد.»

پس تعریف به نژادی یا اصلاح نباتات به قرار زیر می‌باشد:

اصلاح نباتات دارای سه جنبه هنر، علم و تکنولوژی است که بوسیله آن ساختار ژنتیکی گیاه را در جهت منافع اقتصادی خود تغییر می‌دهیم و اهلی کردن گیاهان جنبه‌ای از اصلاح نباتات می‌باشد، از آن جهت اصلاح نباتات هنر است

[1] Wheat

که در قدیم بیشتر روی گیاهان زینتی به عنوان تفنّن و هنر کار می‌شد و امروزه فردی که گیاهان را از جنبه‌های مختلف اصلاح می‌کند یک هنرمند است چون مهارت زیادی در انتخاب گیاهان باید داشته باشد، به‌نژادی علم است زیرا به واسطه آن می‌توان مرزهای دانش را گسترش داد. مثل کشف قوانین مندل، کشف ترانس‌پوزون‌ها و ... و به نژادی از آن جهت تکنولوژی است که به نژادگر با کار خود نه تنها مرزهای دانش را گسترش می‌دهد بلکه علوم گذشته را نیز بکار می‌گیرد، تکنولوژی یعنی کاربرد علم.

در مورد هنر و اعجاز اصلاح نباتات می‌توان گفت که عملکرد یولاف، گندم، جو، برنج، پنبه، سویا، در اکثر کشورهای جهان دو برابر، ذرت، سورگوم، بادام زمینی و توتون در واحد سطح در دنیا سه برابر و متوسط عملکرد سیب زمینی در دنیا ۴ برابر و در بعضی مکان‌ها ۸ برابر شده است که بین ⅔ تا ⅓ این پیشرفت‌ها سهم اصلاح نباتات است (بین۳۳ درصد تا ۶۷ درصد). اگر ذرت هیبرید در این ارقام وارد شود ۶۷ درصد عدد مناسبی است و اگر برای سایر گیاهان ۳۳ درصد عدد مناسبی باشد، در مجموع ۵۰ درصد عدد مناسبی برای سهم اصلاح نباتات برای کلیه گیاهان می‌باشد.

گندم مهمترین گیاه زراعی است و اهمیت آن به خاطر وجود گلوتن می باشد. می‌دانیم گلوتن پروتئین آندوسپرم است که قابلیت انعطاف پذیری و چسبندگی زیادی ایجاد می‌کند و برای تخمیر خمیر حالت ارتجاعی به آن داده و تولید نان برجسته می‌کند، به غیر از گندم مقدار کمی گلوتن در چاودار وجود دارد. علت دیگر اهمیت گندم کاربرد آن در صنایع رشته‌سازی و ماکارونی و محصولات غذایی دیگر است و نهایتاً علت دیگر این امر ارزش غذایی و خاصیت انبارداری گندم می باشد که باعث شده گندم غذای ثابت حدود $\frac{1}{3}$ مردم جهان گردد.

مبدأ ژنتیکی

دانستن مبدأ ژنتیکی[1] از آن جهت مهم است که هنگامی‌که نیاز به ژن‌های مفید خصوصاً ژن‌های مقاوم به استرس‌ها می‌باشد و آنها را در گندم‌های هگزاپلوئید و تتراپلوئید زراعی پیدا نمی‌کنیم با مراجعه به خویشاوندان آن این امر تحقق می‌یابد. پس مبدأ ژنتیکی و تکامل گندم از اهمیت خاصی برخوردار است. گندم گیاهی آلوهگزاپلوئید است. یعنی چندین گروه فامیلی در طبیعت باعث تشکیل این گیاه پلی‌پلوئید شده‌اند. گونه‌های جنس تریتیکوم (*Triticum*) از لحاظ سطح پلوئیدی به سه گروه تقسیم می‌شوند:

۱) دیپلوئید (*2n=2x=14* , Diploid): شامل *T. monococum* و *T. timopheevii*

۲) تتراپلوئید (*2n=4x=28* , Tetraploid): شامل *T. turgidum* که برای مصرف ماکارونی و اسپاگتی است. گندم تتراپلوئید را emmer نیز گویند.

۳) هگزاپلوئید (*2n=6x=42* , Hexaploid): شامل *T. aestivum* که عمدتاً برای مصرف نان به کار می‌رود.

چون رفتار گندم دیپلوئیدی است، یعنی در میوز هیچ وقت تتراد به شکل سه یا ... کروموزومی نداریم، علت نوشتن ۲*n* این امر می باشد. قابل ذکر است که گونه‌های دیپلوئید از یک گونه دیپلوئید بوجود آمده‌اند که تا به امروز به چندین ژنوم

[1] Genetic origin

تفرق یافته‌اند. گونه‌های تتراپلوئید از ترکیب دو گونه دیپلوئید و گونه‌های هگزاپلوئید از اضافه شدن ژنوم دیپلوئید سوم به گونه تتراپلوئید به دست آمده‌اند. در گندم هگزاپلوئید عدد ژنتیکی[1] کروموزومی برابر با ۲۱ می‌باشد، که به ۷ گروه همیولوگ[2] تقسیم می‌شود. هر گروه همیولوگ دارای سه کروموزوم تقریباً همولوگ می‌باشد چون از ژنوم‌های مختلف A,B و D آمده‌اند. اگر کروموزوم‌ها کاملاً شبیه هم باشند همولوگ و چون در اینجا کروموزوم‌ها از فامیل‌های مختلف آمده‌اند در بعضی لوکوس‌ها مشابهند و به همین دلیل همیولوگ گفته می‌شود.

کروموزوم‌های داخل یک گروه همیولوگ دارای تعداد زیادی مکان ژنی[3] مشترک می‌باشند هر چند که این کروموزوم‌ها از ژنوم‌های متفاوت آمده‌اند مشترک بودن لوکوس‌ها نشان‌دهنده این است که ژنوم‌ها احتمالاً دارای یک جد مشترک می‌باشند، به طور کلی در تکامل گیاهان هر چه لوکوس‌های مشترک بیشتر باشند جد مشترک آنها در سال‌های اخیرتر بوده است[4] و هر چه لوکوس‌های مشترک آنها کمتر باشد جد مشترک آنها در سال‌های دورتر بوده است[5].

تعداد کروموزوم و ژنوم		گروه همیولوگ
۱D	۱B	۱A	۱
۲D	۲B	۲A	۲
۰	۰	۰	۰
۰	۰	۰	۰
۷D	۷B	۷A	۷

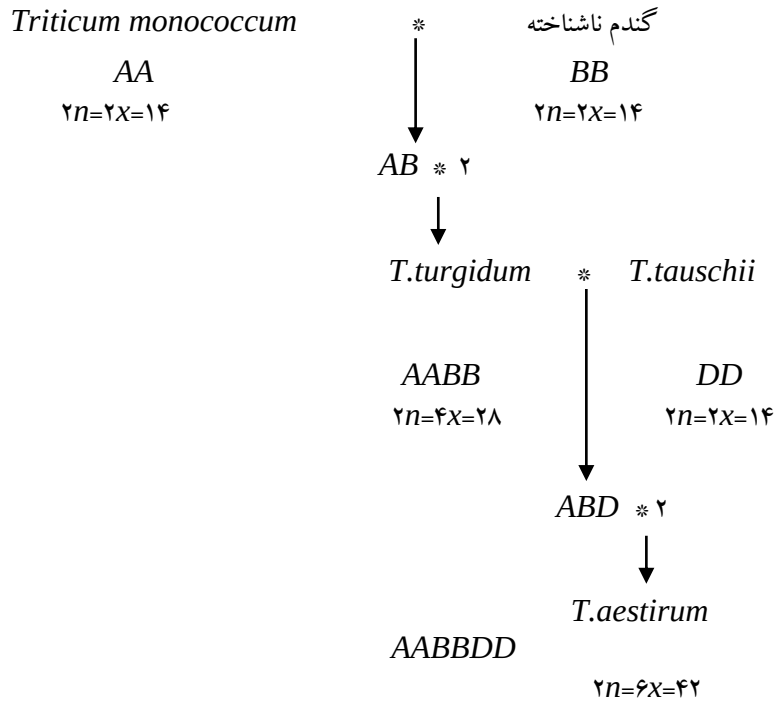
گندم نان دارای ۶ گروه کروموزومی است و هگزاپلوئید گفته می‌شود ($6x$). اما چون در هنگام میوز رفتار دیپلوئیدی از خود نشان می‌دهد آن را $2n$ می‌نامند، بدلیل اشتراکات زیاد مکان‌های ژنی (لوکوس‌ها) روی کروموزوم‌های همیولوگ انتظار داریم که رفتار میوز به طور طبیعی انجام شود یعنی بی‌نظمی‌هایی در جفت شدن ببینیم. اما در جواب باید گفت یک ژن غالب بنام ph روی کروموزوم $5B$ قرار دارد که نمی‌گذارد کروموزوم‌های همیولوگ با هم جفت شوند اگر به‌نحوی این ژن یا این کروموزوم را حذف کنیم انواع اشکال جفت شدن نامنظم در هنگام میوز بین کروموزوم‌های همیولوگ مشاهده می‌گردد.

نحوه تکامل گندم

منشأ جغرافیایی گندم آسیای جنوب غربی است. گندم را از لحاظ سطح پلوئیدی به سه گروه دیپلوئید، تتراپلوئید و هگزاپلوئید تقسیم می‌کنند. قبلاً نحوه تکامل گندم هگزاپلوئید معمولی را به صورت زیر می‌دانستند.

---

[1] Genetic number
[2] Homoelogous group
[3] Loci
[4] Recent origin
[5] Earlier origin



شکل(۱- ۱) : نحوه تکامل گندم

گندم معمولی با وجود اینکه هگزاپلوئید است، در هنگام تقسیم میتوزی مانند دیپلوئیدها عمل می‌کند. یعنی کروموزوم‌ها دو تا دو تا جفت می‌شوند، بدین صورت که در متافاز میوز I کروموزم‌های همنام با هم جفت می‌گردند. این عمل تحت کنترل یک ژن می‌باشد. در روی کروموزوم ۵B گندم ژن غالبی به نام (Ph) وجود دارد که موجب می‌شود تقسیم میوزی گندم به حالت دیپلوئیدی انجام گیرد. ولی هنگامی که این ژن در اثر جهشی به صورت مغلوب (ph) درآید، کروموزم‌های ژنوم‌های مختلف با هم جفت خواهند شد که این امر موجب اختلال در تقسیم میوزی و باروری غیر طبیعی گندم خواهد شد. بنابراین باروری طبیعی گندم در حالت تقسیم میوزی دیپلوئیدی آن حاصل می‌شود. از این بحث نتیجه گرفته می‌شود که:

۱) ژنوم‌های گندم قبلاً با یکدیگر قرابت داشته‌اند و وجود ژن غالب Ph است که مانع جفت‌شدن آنها می‌شود.

۲) گاهی اوقات یک صفت توسط سه جفت ژن کنترل می‌گردد.

کروموزم‌هایی که مشابه هم باشند و به هنگام تقسیم دیپلوئیدی با هم جفت شوند هومولوگ[1] نامیده می‌شوند. با وجود ژن غالب Ph، گندم معمولی دارای ۲۱ جفت کروموزوم هومولوگ است. ولی کروموزم‌های ژنوم‌های مختلف که تنها

[1] Homologous

در قسمت‌هایی از طول خود مشابه هستند، همیولوگ[1] یا نیمه‌مشابه نامیده می‌شوند که در صورت جهش در ژن Ph این کروموزم‌ها در قسمت‌های مشابه خود با هم جفت می‌شوند. گندم هگزاپلوئید معمولی دارای ۷ گروه همیولوگ می‌باشد.

مطالعه وراثت صفات

به دلیل هگزاپلوئید بودن گندم، امکان مطالعه وراثت صفات به روش‌های معمولی مندلی از طریق تلاقی، تست‌کراس و کراسینگ‌اوور وجود ندارد، زیرا ممکن است یک صفت توسط هر سه ژنوم کنترل شود که در این صورت نسبت‌های مندلی ما را از حقیقت دور خواهند کرد. از این رو برای بررسی نحوه توارث صفات در گندم، از مونوسومی استفاده می شود. دانشمندان ۲۱ نوع مونوسوم در گندم به‌وجود آورده‌اند. نحوه بررسی توارث صفات بدین ترتیب است که پس از ایجاد مونوسوم‌ها، آنها را با افراد تستر تلاقی می‌دهند و سپس تفکیک نتاج را از نظر صفت مورد ارزیابی مورد بررسی قرار می‌دهند. اگر ژن کنترل‌کننده صفت مورد نظر روی کروموزم مونوسوم باشد، نسبت نتاج با حالت طبیعی فرق خواهد کرد. با استفاده ار این روش می‌توان دانست که مکان ژن روی کدام کروموزم است و فاصله ژن‌ها در روی کروموزوم‌ها قابل محاسبه نخواهند بود.

تمرین: چگونگی تعیین مکان ژن غالب و مغلوب کنترل کننده صفت را با استفاده از مونوسومی با رسم دیاگرام مربوطه شرح دهید.

نحوه توارث و دست‌ورزی کروموزوم[2]

به‌دلیل ماهیت پلی‌پلوئید بودن گندم، مطالعه نحوه توارث در آن مشکل می‌باشد چه در مطالعات کلاسیک و چه در کارهای جدید، اصولاً چون مکان‌های ژنی مشترک بین ژنوم‌های A، B و D وجود دارد، بسیاری از صفات توسط بیش از یک ژن کنترل می‌شود و منشأ آن ژن‌ها از ژنوم‌های مختلف می‌باشد. داشتن مکان‌های ژنی مشترک در یک موجود را اضافات ژنتیکی[3] گویند. برای مثال نیلسون اهل[4] دو رقم گندم قرمز و سفید را تلاقی داد، F_1 را خودگشن نمود و به F_2 برد و رنگ دانه در F_2 را گروه‌بندی کرد که به قرار زیر می‌باشد، در اینجا کروموزوم‌های دو ژنوم در تعیین رنگ دخالت می کنند و کروموزوم سوم دخالتی ندارد. (R قرمز و r سفید)

$$\frac{R_1}{R_1}\ \frac{R_2}{R_2} \quad * \quad \frac{r_1}{r_1}\ \frac{r_2}{r_2}$$

$$r_1\frac{R_1}{\quad}\ r_2\frac{R_2}{\quad} \quad \otimes$$

یک فرد قرمز تیره $1\ R_1R_1R_2R_2$

[1] Homeologous
[2] Inheritance & chromosome manipulation
[3] Genetic redundancy
[4] Nilsson Ehle

۴ فرد قرمز کمی تیره	$2\ R_1R_1R_2r_2$ و $2\ R_1r_1R_2R_2$
۶ نفر قرمز متوسط	$1\ r_1r_1R_2R_2$ و $1\ R_1R_1r_2r_2$ و $4\ R_1r_1R_2r_2$
۴ قرمز روشن	$2\ r_1r_1R_2r_2$ و $2\ R_1r_1r_2r_2$
۱ فرد سفید	$1\ r_1r_1r_2r_2$

با اضافه شدن هر ژن غالب، رنگ قرمز تشدید می‌شود. این خاصیت را اثر افزایش یا تراکمی ژن‌ها[1] گویند، یعنی اثر هر ژن با اثر ژن قبلی خود جمع شده و ظاهر می‌شود.
ضرایب از این فرمول بدست می‌آیند:

$$(R+r)^4 = R^4 + 4R^3r + 6R^2r^2 + 4Rr^3 + r^4$$

پیشرفت و توسعه نقشه‌های لینکاژی[2] با استفاده از روش‌های کلاسیک مرسوم، بسیار مشکل است. اما با استفاده از مونوسومی‌ها ($2n-1$) که در آن گیاه یک کروموزوم کم دارد، این امر آسان شده است. اولین بار آقای Sears گندم بهاره چینی را برای تولید مونوسومی به‌کار برد. برای گندم، ۲۱ مونوسومی می‌توان تولید نمود. از مونوسومی‌ها برای تعیین محل ژن روی کروموزوم یا حتی بازوی کروموزومی می‌توان استفاده کرد، (گیاهان مونوسومی گیاهان کوچکی هستند)، استفاده دیگر مونوسومی اینست که از آن برای انتقال کروموزوم‌های خاص و یا تکه‌هایی از کروموزوم که متعلق به گونه وحشی فامیل با گندم می‌باشد به‌کار می‌رود.

تمرین: چگونگی استفاده از مونوسومی را در تعیین مکان ژن روی کروموزوم شرح دهید.

می‌دانیم که عمده فامیل غلات در منطقه جنوب غرب آسیا است که منبع ژنی با ارزش برای مقاومت به انواع تنش‌ها می‌باشد، تنوع ژنتیکی گندم در تمام سطح پلوئیدی آن بسیار دیده می‌شود و اصولاً به دلیل همین تنوع است که می‌توان گندم را در ناحیه وسیع آب و هوایی کاشت. در صورتی‌که آب و هوای خنک و خشک ایده‌آل ترین محیط برای رشد گندم می‌باشد. یکی از محدودیت‌های رشد گندم در بعضی از مکان‌ها، عادت رشد[3] می‌باشد و به‌نژادگران سعی می‌کنند تا با بی‌اثر کردن عادت رشد، بتوان گندم را در محیط وسیع‌تری کشت نمود و محدودیت عادت رشد را از آن حذف کرد. گندم دارای طیفی از تیپ زمستانه یا پائیزه تا بهاره می‌باشد و مرز مشخصی در این دامنه نمی‌توان پیدا کرد. نوع زمستانه در اوایل رشد حالت روزت یا خوابیده[4] دارد و حال آنکه تیپ بهاره حالتی ایستاده[5] دارد. تفاوت مشخص بین این دو نوع گندم، نیاز تیپ زمستانه به دوره سرمادهی یا ورنالیزاسیون می‌باشد که معمولاً ۶ هفته در $4^{\circ}C$ است، (در پتری‌دیش بعد از جوانه‌زنی در حدود ۱ سانتی‌متر، ظرف را در یخچال می‌گذارند). تفاوت دیگر آنست که تحمل تیپ زمستانه به سرما

[1] Additive gene effect
[2] Linkage map
[3] Growth habit
[4] Prostrate
[5] Errect

بیشتر است، گندم‌های بینابین[1] قابل کشت در بهار و پاییز می‌باشند، ولی معهذا نیاز به کمی سرما دارند تا در بهار تحمل خود را افزایش دهند.

دانستن تیپ زمستانه و بهاره در یک برنامه به‌نژادی ضروری است، چون اگر این دو را با هم تلاقی دهیم در نسل F_2 برای این صفت تفرق داریم که اگر نیاز سرمایی ژنوتیپ‌هایی که تمایل به تیپ زمستانه دارند، تأمین نشود به گل نخواهند رفت و در نتیجه تعداد زیادی افراد را از دست می‌دهیم. می دانیم موفقیت در هر برنامه به‌نژادی این است که جمعیت بیشتری ایجاد کنیم. اصولاً بهاره بودن بر زمستانه بودن نسبتاً غالب می‌باشد و عادت رشد توسط ۲ تا ۳ ژن کنترل می‌شود.

ذخایر یا منابع ژنتیکی[2]

لازمه هر برنامه به‌نژادی وجود تنوع می‌باشد، اما متأسفانه به دلایلی فرسایش ژنتیکی[3] رخ داده است که همان از دست رفتن تدریجی ذخایر ژنتیکی می‌باشد. نقطه مقابل آن انقراض ژنتیکی[4] می‌باشد که همان حذف کامل یک ژنوتیپ از طبیعت است. دلایل فرسایش ژنتیکی عبارتند از:

۱)استفاده از ارقام اصلاح‌شده یکنواخت به‌جای ارقام بومی[5]

۲) گسترش شهرنشینی و تبدیل زمین‌های زراعی به فرودگاه و خانه و ...

۳) چرای بیش از حد خصوصاً برای گیاهان خوش خوراک

۴) گسترش خشکی (کویر گسترش می‌یابد)

۵) جنگ (قسمت‌های خط مقدم که زیر آتش بوده یا خاک پایین و بالا مخلوط شده و گیاه خشک می‌شود)

۶) بانک ژن[6] که به‌دلیل نداشتن بودجه کافی و یا شرایط نگهداری نامطلوب، ژنوتیپ‌ها قوه‌نامیه خود را از دست داده و فرسایش رخ می‌دهد.

۷) بلایای طبیعی مثل سیل و ...

کشورها موظف به نگهداری ذخایر ژنتیکی می‌باشند. اما دو مرکز بین المللی مهم نیز علاوه بر کشورها این امر را انجام می دهند تا فرسایش رخ ندهد.

۱) CIMMYT[7] یا مرکز بین‌المللی اصلاح گندم و ذرت که مقر آن در مکزیک می‌باشد.

۲) ICARDA[8] یا مرکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک که مقر آن در سوریه می‌باشد.

---

[1] Facultative
[2] Genetic Resources
[3] Genetic erosion
[4] Genetic extinction
[5] Land race
[6] Gene bank
[7] International wheat & maize improvement center
[8] International center for agriculture research in dry areas

در بانک ژن از واژه Accession استفاده می‌شود و ژنوتیپی است که فقط در کلکسیون وجود دارد و معلوم نیست که این ژنوتیپ برای همان منطقه است و شاید رقمی باشد که در جای دیگر عملکرد خوب و عالی دارد و به شهر دیگری برده شده است و نسخه اصلی آن آنجاست و برای تشخیص به بانک ژن مراجعه می‌شود. به همین دلیل به‌کار بردن ژنوتیپ صحیح نیست و آن را Accession گویند.

ساختمان گل‌آذین

گل‌آذین گندم را سنبله می‌گویند. زیرا سنبلچه‌ها بدون پایه و مستقیماً در محل بندها به محور گل‌آذین[1] متصل می‌شوند. به هر بند گل‌آذین یک سنبلچه متصل می‌شود. هر سنبلچه دارای ۵-۲ گلچه است که توسط یک جفت گلوم در برگرفته شده است. هر گلچه شامل سه پرچم، یک مادگی تک‌برچه‌ای با خامه دوشاخه و کلاله پرمانند و دو عدد غده متورم به‌نام لودیکول[2] در سمت قاعده تخمدان می‌باشد که توسط پوشینک خارجی[3] و پوشینک داخلی[4] احاطه شده است. گل‌های گندم به‌دلیل نداشتن کاسبرگ و گلبرگ ناقص محسوب می‌شوند.

گلدهی و گرده افشانی

گندم گیاهی است خودگرده‌افشان که در آن دانه‌گرده مستقیماً از بساک‌ها بر روی کلاله می‌ریزند. گلدهی گندم چند روز پس از خروج سنبله از داخل غلاف برگ پرچم آغاز می‌شود. گلدهی ساقه اصلی زودتر از پنجه‌ها انجام می‌گیرد. معمولاً در طی فرآیند گلدهی، گلوم‌ها باز می‌شوند، بساک‌ها از داخل گلوم‌ها بیرون می‌افتند و مقداری دانه گرده به خارج می ریزد. وقتی گل باز می‌شود، گرده بیگانه می‌تواند وارد شود و در حدود ۱یا ۲ درصد گرده‌افشانی را موجب گردد. اگر شرایط برای باز شدن گلوم‌ها نامساعد باشد، بساک‌ها قادر به خارج‌شدن نخواهند بود و دانه‌های گرده در داخل همان گل ریزش خواهند کرد. گلدهی معمولاً از قسمت میانی سنبله شروع می‌شود و به طرف بالا و پائین ادامه می‌یابد.

هیبریداسیون مصنوعی

عمل اخته‌کردن[5] ۳- ۱ روز قبل از گرده افشانی طبیعی انجام می‌گیرد. بساک‌ها باید به خوبی رشد کرده و به رنگ سبز روشن درآیند (زرد یا کرم). کلاله‌ها باید کاملاً رشد کرده باشند. بازدید یک سنبلچه از وسط سنبله، برای تعیین مرحله رشدی گل کافی است.

روش‌های اصلاحی گندم

روش‌های بدون دورگ‌گیری

۱) وارد کردن گیاه به کشور

[1] Rachis
[2] Lodicules
[3] Lemma
[4] Palea
[5] Emasculation

این روش به معرفی گیاهی[1] معروف است که می‌توان از مواد ژنتیکی وارداتی، به طور مستقیم استفاده نمود (مثل گندم اینیا یا گندم بزوستایا). و یا برای تکمیل ژرم پلاسم (بانک ژن) و در تلاقی‌ها از آن استفاده کرد (مثل رقم آزادی). نکته مهم در معرفی گیاهان توجه به همزیست‌های مثبت و منفی می‌باشد. همزیست‌های منفی همان آفات و بیماری‌ها هستند که بایستی از ورود آنها به کشور خودداری شود و همزیست‌های مثبت مثل باکتری‌های ریزوبیوم تثبیت‌کننده نیتروژن در خانواده بقولات هستند که بایستی همراه با گیاهان معرفی شده وارد کشور شوند. برای مثال برنامه به‌نژادی سویا که نیاز به باکتری ریزوبیوم خاصی داشت، ۲۴ سال پیش در ایران با شکست روبرو شد.

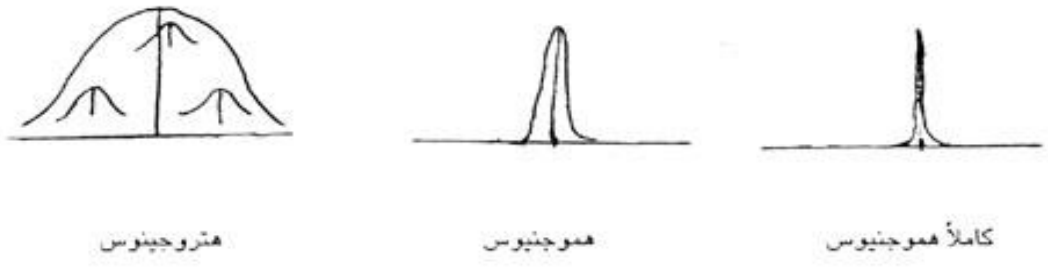
این روش اصلاحی سهم عمده‌ای در مقاومت به تنش‌ها دارد و سهم عمده‌ای در اصلاح گندم داشته است مثلاً رقم Norin-10 در ژاپن اصلاح شد که رقم پاکوتاهی است. در سال ۱۹۴۸ در آمریکا فردی بنام O.vogel که یک به‌نژادگر گندم بود این رقم را با رقم Brever تلاقی داد و از این تلاقی، رقم مشهور دیگری بنام Gaines که رقم پر محصولی بود را به‌دست آورد که مادر بسیاری از ارقام امروزی است. آقای Norman Borlag که در سیمیت کار می‌کرد از تلاقی دو رقم (Brever * Norin-10) استفاده کرد و ارقام پر محصولی مکزیکی پاکوتاه را تولید نمود که منجر به انقلاب سبز[2] گردید و در کشورهایی چون مکزیک، هند و پاکستان باعث شکوفایی در اقتصاد کشاورزی و تولید بیشتر شد.

۲) گزینش لاین خالص

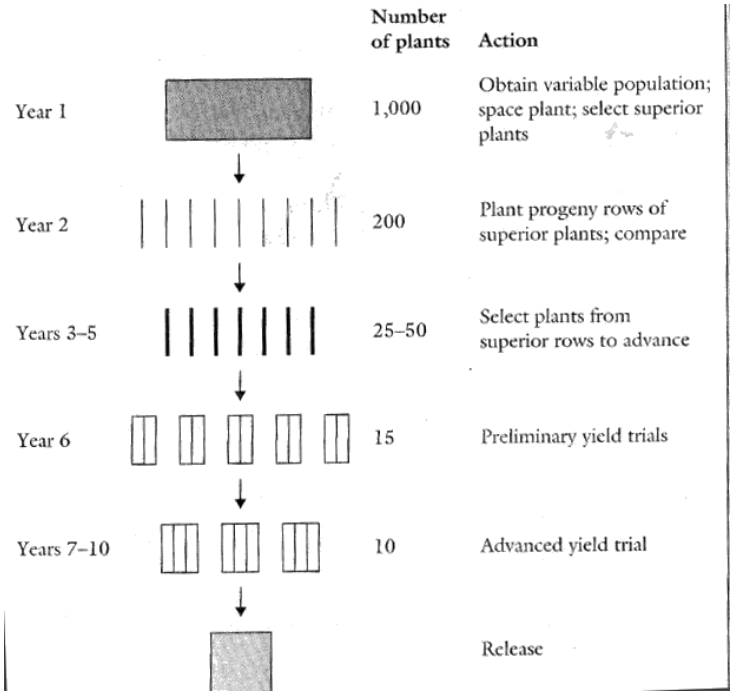
نُتاج حاصل از خودگشنی گیاه هموزیگوت را لاین خالص[3] گویند. معمولاً در اینجا جمعیت ناخالص است و یا اگر خالص بود به علت اختلاط ارقام[4]، هیبریداسیون طبیعی[5] و یا موتاسیون ناخالص گردیده است که در بین آن‌ها لاین‌های برتر، ایزوله می‌گردند. مسلماً در مکان‌هایی که رقم بومی که از لحاظ ژنتیکی متغیر است، کاشته می شود، این روش راندمان بالایی دارد. مشخصات ارقام یا واریته‌های بومی عبارتند از:

۱) مخصوص نواحی است که مبدأ این گیاه بوده و سابقه چندین ساله دارد و لذا به آنها اندمیک[6] گویند.
۲) به‌صورت ژنوتیپ مخلوط هستند.
۳) کاملاً با محیط سازگار شده‌اند و در مقابل استرس‌های زنده سازگارترند.
۴) منشأ ژرم پلاسم لازم برای برنامه‌های به‌نژادی می‌باشند.

[1] Introduction
[2] Green revolation
[3] Pure line
[4] Mixing
[5] Natural hybridization
[6] Endemic



ارقام گندم مثل عطایی و طبسی از این روش حاصل شده‌اند، این نوع ارقام به‌دلیل نداشتن حالت انعطاف‌پذیری[1] به عبارت دیگر همگن بودن جمعیت، در برابر استرس‌های محیطی بسیار آسیب پذیر[2] هستند.



۳) انتخاب توده‌ای[3]

در اینجا نیز با جمعیت رقم بومی و یا جمعیتی که به علت اختلاط ، جهش و یا دگرگشنی طبیعی ناخالص شده است، سر و کار داریم. در اینجا وارد جمعیت شده و افراد برتر انتخاب می‌شوند و بدون آزمون نتاج[4] با همدیگر ترکیب و مخلوط

[1] Buffering
[2] Vulnerability
[3] Mass selection
[4] Progeny test

می‌گردند، مسلماً چون آزمون نتاج نداریم نمی‌توانیم برتر بودن را به علت ژنوتیپ گیاه بدانیم. شاید این برتری محیطی باشد. همچنین به‌دلیل نداشتن آزمون نتایج نمی‌توانیم گیاهان هموزیگوت را از هتروزیگوت تشخیص دهیم. در این روش، بعد از مدتی پیشرفت ژنتیکی[1] نداریم. آسیب‌پذیری ارقام حاصل از انتخاب توده‌ای در برابر شرایط محیطی کمتر از روش لاین خالص‌می‌باشد. چون در روش انتخاب توده‌ای تنوع ژنتیکی بیشتر از روش قبلی می‌باشد، در نتیجه نسبت به شرایط محیطی انعطاف‌پذیری بیشتری دارد، دو نوع انتخاب توده‌ای قابل تعریف است:

الف) انتخاب توده‌ای مثبت[2]: داخل جمعیت رفته و افراد برتر، انتخاب و ترکیب می‌شوند. هدف از انتخاب اصلاح رقم است.

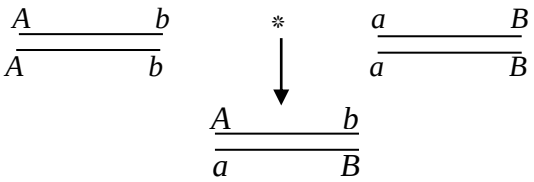
ب) انتخاب توده‌ای منفی[3]: هدف از این نوع انتخاب، حفظ رقم اصلاح‌شده است. یعنی داخل جمعیت رفته و افراد نامتجانس[4] انتخاب و حذف می‌شوند. معمولاً به این افراد نامتجانس و افراد غیر عادی داخل رقم[5] گفته می‌شود که با رقم اصلی مخلوط شده است.

نکته مهم این است که در روش انتخاب لاین خالص و توده‌ای، جمعیت‌ها به شدت خالص می‌شوند و لذا انتخاب در آنها پس از مدتی راندمانی ندارد. بر این اساس به‌نژادگر بایستی از تلاقی یا هیبریداسیون استفاده نماید، یعنی به طرق مختلف ارقام را تلاقی داده و سپس در جمعیت‌های F_2 به بعد به دنبال افراد مورد نظر باشد و آنها را گزینش نماید، مسلماً در نسل F_2 و نسل‌های بعدی، تفکیک متجاوز[6] (افراد برتر از والدین) مشاهده می‌شود که در نسل F_2 و نسل‌های بعد قابل بهره‌برداری است.

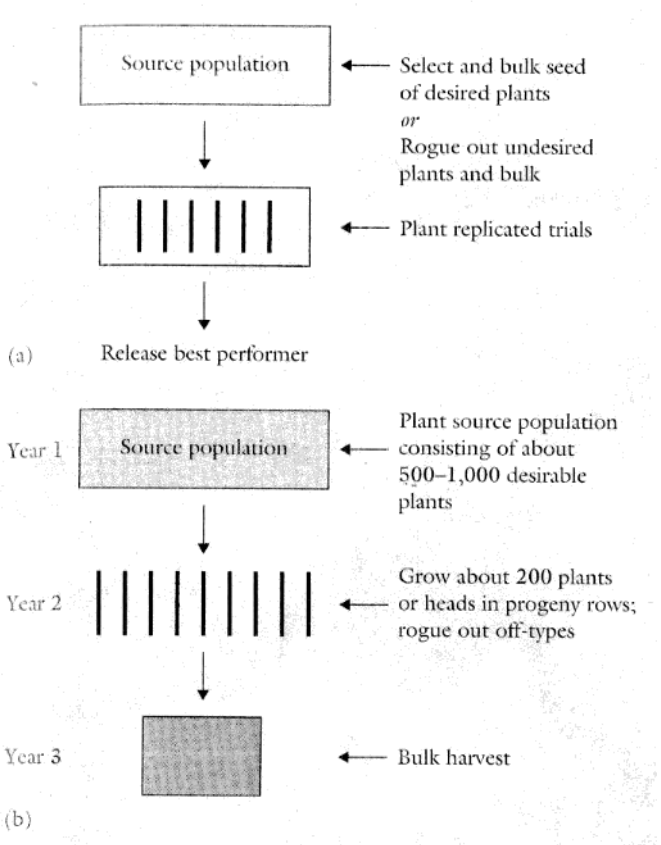
با توجه به نکات مذکور، روش بعدی در اصلاح گندم هیبریداسیون است. قبل از اینکه روش‌های حاصل از هیبریداسیون ذکر شود، لازم است به نکاتی که معمولاً بعد از تلاقی رخ می‌دهد توجه شود، اولین مورد لینکاژ است.

همبستگی ژن‌ها[7]

لینکاژ روی نتایج حاصل از تلاقی اثر می‌گذارد، فرض می‌کنیم می‌خواهیم ژن‌های غالب را کنار هم داشته باشیم ولی با ژن‌های مغلوب لینکاژ دارند.



[1] Genetic advance or Genetic gain
[2] Positive mass selection
[3] Negative mass selection
[4] Non target
[5] Off-type
[6] Transgressive segregation
[7] Linkage



Generalized steps in breeding by mass selection for (a) cultivar development, and (b) purification of an existing cultivar

فاصله ژنتیکی این دو ژن تأثیر زیادی بر تعداد بوته مورد نیاز برای تلاقی دارد. مثلاً: اگر فاصله ژنتیکی *Ab* حدود ۲ درصد و یا ۰/۰۲ یا ۲ واحد (سانتی مورگان) باشد، در اینجا احتمال ایجاد گامت مطلوب *AB* چه برای دانه گرده و چه برای تخمک یک درصد است و در نتیجه احتمال ایجاد چنین ژنوتیپ مطلوبی یک ده هزارم می‌باشد.

	♂ *AB* ۰/۰۱
♀ *AB* ۰/۰۱	*AABB* ۰/۰۰۰۱

طبق برهان خلف مقدار احتمال مطلوب را می‌نیمم می‌نمائیم و چون کمترین احتمال ۱ و ۵ درصد برای حالت‌های مطلوب ۹۹ یا ۹۵٪ می‌باشد، برای اینکه احتمال این امر را زیاد کنیم یعنی برای اطمینان از اینکه یک ژنوتیپ مطلوب با احتمال زیاد داشته باشیم سعی می‌کنیم احتمال نامطلوب را می‌نیمم نموده تا احتمال مطلوب افزایش یابد.

(۰/۹۹۹۹)^n = ۰/۰۱ و نامطلوب = ۱ − ۰/۰۰۰۱ = ۰/۹۹۹۹

برای حل از طرفین معادله log می‌گیریم:

$$n\log 0.9999=\log 0.01 \;\rightarrow\; n=\frac{\log 0.01}{\log 0.9999}=46049$$

یعنی در F_2 حدوداً به ۴۶ هزار بوته نیاز داریم. بر این اساس باید طوری در تلاقی والدین و F_1 برنامه‌ریزی کنیم تا این تعداد گیاه بدست آید، به عبارت دیگر اگر ۴۶ هزار بوته داشته باشیم (در نسل F_2) با اطمینان ۹۹٪ مطمئن خواهیم بود یک بوته مطلوب $AABB$ حتماً وجود دارد.

تمرین: فاصله ژنتیکی ۵٪ و ۱۰٪ را جداگانه با اطمینان ۹۹٪ حل نمائید؟

رابطه ژن و صفت

می‌دانیم فعالیت ابتدایی ژن در سلول بعد از یک سلسله مراتب طولانی و پیچیده، منجر به تظاهر فنوتیپی می‌گردد. اصولاً ژن‌های کوچک‌اثر[1] یا ژن‌های کمّی فرعی که صفات مهم اقتصادی را کنترل می‌کنند بیشتر از ژن‌های بزرگ‌اثر[2] یا ژن‌های کیفی یا اصلی تحت تأثیر محیط داخل گیاه و خارج گیاه قرار می‌گیرند و بالطبع توارث‌پذیری[3] پایین‌تری دارند در مورد رابطه ژن و صفت بعضی از ژن‌ها خیلی خوب اثر فنوتیپی خود را نشان می‌دهند. مثل جو ۶ ردیفه که در یک ژن با جو دو ردیفه متفاوت است.

گاهی ژن‌های اصلی دارای اثرات چندگانه[4] هستند، یعنی یک آلل چند اثر فنوتیپی دارد. این موضوع در مگس سرکه که تولیدات سریع آزمایشگاهی دارد به‌خوبی مشاهده می‌شود اما در جو نیز مطالعه شده است. مثلاً دیده شده است، وجود ریشک باعث افزایش عملکرد و وزن حجمی زیاد بذر گردیده است. برای تشخیص اینکه یک آلل یک اثر یا چند اثر دارد بایستی زمینه‌های ژنتیکی یکسانی برای آنها ایجاد کرد، یعنی ایزوژنیک لاین[5] برای آنها ایجاد کنیم. این لاین‌ها فقط در یک ژن تفاوت دارند، اما اگر در بیشتر از یک ژن تفاوت داشته باشند به آنها لاین‌های تقریباً ایزوژنیک لاین[6] گویند.

نحوه ساختن لاین‌های ایزوژن بر دو نوع است:

۱) **روش بک‌کراس:** که در قسمت مربوط به خود بحث خواهد شد. در این روش بعد از تلاقی دو لاین، نسل‌های F_1 و F_2 و ... با یکی از والدین تلاقی داده می‌شود.

---

[1] Minor genes
[2] Major genes
[3] Heritability
[4] Peliotropic
[5] Isogenic lines
[6] Near isogenic lines

۲) روش تلاقی و حفظ هتروزیگوت ها: مثلاً می‌خواهیم دو لاین ایزوژنیک در مورد ریشک داشته باشیم، به طریق زیر عمل می‌نمائیم.

Aa طی این ده نسل به هموزیگوتی در تمام مکان‌ها به جز مکان ژنی ریشک که ما از آن جلوگیری می‌کنیم می‌انجامد و در سایر مکان‌ها کاملاً هموزیگوت می‌شود که برای ما اهمیتی نخواهد داشت.

سپس با استفاده از طرحهای آماری آنها را مورد ارزیابی قرار می‌دهیم و عملکرد آنها یا وزن دانه آنها رکودگیری می‌کنیم، حال اگر ریشک دار بودن باعث افزایش وزن شده از لحاظ آماری استدلال می‌کنیم، که یک مسیر متابولیکی منجر به ظهور ریشک و افزایش عملکرد می‌گردد.

اپیستازی[1]

دو نوع اثر متقابل ژنی وجود دارد. تشابه آنها مثل اتوبوس داخل شهری و بین شهری می‌باشد. اولین حالت، اثر متقابلی داخل ژنی است (اتوبوس داخل شهری) که به آن حالت غالبیت[2] یا اثرمتقابل درون‌آللی[3] گویند. این پدیده به دلیل خودگشنی پایداری ندارد و بعد از چند نسل تثبیت نشده و از بین می‌رود. اما اپیستازی یا اثر متقابل بین ژنی، یعنی پوشاندن اثر ژنی به‌وسیله ژن دیگر روی همان کروموزوم یا کروموزوم و کروموزوم‌های دیگر که به آن اثر متقابل بین‌آللی[4] گویند و اصالت دارد و در ژنوتیپ‌ها ماندگار می‌باشد. به هر صورت انحراف از نسبت **۹:۳:۳:۱** را همیشه بایستی انتظار داشته باشیم و هر چه اپیستازی بیشتر باشد، جمعیت F_2 نیز باید بیشتر باشد.

اثر آستانه[5]

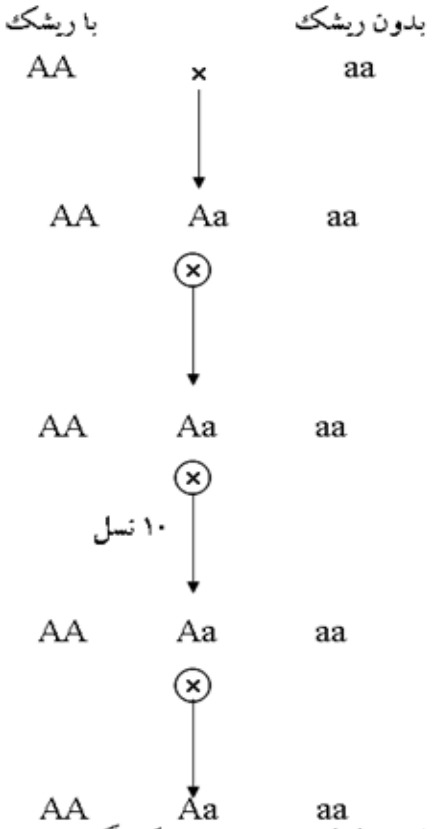
بعضی از ژن‌ها در شرایط متعارفی اثر خود را نشان می‌دهند، اما بعضی دیگر نسبت به عوامل محیطی عکس‌العمل نشان داده و با تغییر شرایط محیطی، تظاهری متغیر از خود نشان می‌دهند، این تغییر تظاهر ممکن است کار به‌نژادگر را مشکل سازد. مثلاً در جو ژنی وجود دارد که در درجه حرارت $۷^{\circ}C$ و یا کمتر باعث وجود آلبینیسم می‌شود و جو آلبینو می‌گردد. اما در درجات حرارت بیشتر خصوصاً بیش از $۷^{\circ}C$ تمام جوها کلروفیل خود را بدست می‌آورند.

عوامل جزئی تغییردهنده[6]

برخی ژن‌ها، تغییر بزرگی را در یک صفت خاص پدید نمی‌آورند، ولی در میزان تظاهر یا شدت و ضعف آن صفت مؤثر هستند. این امر در بیماری‌های گیاهی خصوصاً زنگ، به وفور دیده شده است، اما مثال تیپک آن در مورد گاو هلشتاین است که دارای لکه‌های سفید کوچک و بزرگ می‌باشد، داشتن لکه تحت تأثیر یک تا دو ژن می‌باشد، یعنی توارث کیفی دارند. اما تعداد زیادی ژن هستند که وسعت این لکه‌ها را معین می‌کنند به این ژن‌ها عوامل جزئی تغییردهنده گویند.

---

[1] Epistasis
[2] Dominace
[3] Intra allelic interaction
[4] Inter allelic interaction
[5] Thereshold effect
[6] Modifiying genes factors



دولاین AA و aa نسبت به یکدیگر ایزوژن هستند.

تظاهر و نفوذ

ژن در افراد وجود دارد ولی همه آن را نشان نمی‌دهند (نفوذ)[1] و آنهائی‌که فعالیت خود را نشان می‌دهند نیز شدت و ضعف دارند (تظاهر)[2]. مثلاً در lima (لوبیای بزرگی در آمریکای لاتین) ژنی وجود دارد که باعث سوختگی لبه برگ می‌شود، با وجود اینکه تمام بوته‌ها دارای ژن مربوطه هستند اما تمام بوته‌ها سوختگی را نشان نمی‌دهند و یک محیط خاص را نمی توان برای آنها پیدا نمود. مثلاً در محیط‌های خاصی میزان ۱۰ درصد افراد این صفت را نشان می‌دهند یعنی نفوذ این صفت ده درصد است، حال در افرادی که این صفت را نشان می‌دهند میزان تظاهر یکسان نمی‌باشد. مثلاً بعضی از آنها در نوک برگ و بعضی در قسمت‌های دیگر برگ سوختگی نشان می‌دهند. یعنی تظاهر یکسان ندارند. معمولاً تظاهر را نیز بر اساس درصد بیان می‌کنند، مثلاً ۳۰ درصد سوختگی و یا تظاهر دارد.

[1] Penetrance
[2] Expressivity

تولید جمعیت

در روش‌های حاصل از هیبریداسیون به والدسازی باید توجه زیادی نمود، برای رسیدن به جمعیت F_2 روش‌های مختلفی را می‌توان بکار گرفت، مثل سینگل کراس[۱]، تری‌وی کراس[۲]، دابل کراس[۳] و یا کانورژنت کراس[۴] و ... .

خزانه ژنی یا ذخیره ژنی[۵] از سینگل کراس به طرف کانورژنت کراس افزایش می‌یابد. مسلماً هر چه از طرف سینگل کراس دور می‌شویم، کنترل ژنتیکی کمتر می‌شود، یعنی احتمال یافتن رقمی مناسب و سازگار با منطقه کاهش می‌یابد، اما در عوض جمعیت یا توده مبدأ بسیار غنی می‌باشد و اگر به دنبال آزاد کردن ارقام به‌طور وسیع باشیم کار کردن روی سینگل کراس و تری‌وی کراس نتیجه بهتری می‌دهد. بعد از رسیدن به توده مبدأ از روش‌های زیر استفاده می‌کنیم:

روش‌های اصلاحی همراه با دورگ‌گیری

انتخاب شجره‌ای[۶]

در این روش والدین همدیگر را تکمیل می‌کنند و به‌نژادگر به دنبال صفات مطلوب هر دو والد می‌باشد، به‌دلیل اینکه در تمام کتب تلاقی دو والدی ذکر می‌شود، ما نیز حالت سینگل کراس(یا دو والدی) آن را ذکر می‌کنیم. ولی این روش برای هر توده مبدأ صادق است.

$A \times B$: crossing generation

F_1 generation : -

۵۰ تا ۱۰۰ گیاه F_1 رشد می‌یابند. قبل از برداشت، گیاهان حاصل از خودگشنی را حذف می‌کنیم معمولاً برای اینکار از مارکرهای مورفولوژیکی که در گیاه وجود دارد،استفاده می‌کنند، اگر پایه نر ریشک داشته باشد و پایه ماده بدون ریشک باشد، F_1 نمی‌تواند بدون ریشک باشد (ریشک‌دار بودن غالب باشد) و اگر ریشک را مشاهده نکردیم آن گیاه را قبل از برداشت حذف می‌کنیم، بعد از اینکه بهترین شرایط کشت این نسل آماده گشت، بذور F_1 با فاصله کاشته می‌شود و بهترین شرایط برای گرفتن هر چه بیشتر بذر، برای نسل F_2 آماده می‌شود. زیرا هر چه جمعیت F_2 یا بذر F_2 بیشتر باشد احتمال یافتن ژنوتیپ‌های مطلوب بیشتر می شود.

F_2 generation : -

حدود دو تا سه هزار گیاه رشد می‌یابند و کشت به صورت فاصله‌دار[۷] انجام می‌شود تا امکان ارزیابی مهیا باشد. در این نسل شرایط انتخاب را فراهم می‌کنیم، اگر به‌دنبال مقاومت به بیماری هستیم از ردیف‌های اسپریدر[۸] استفاده می‌کنیم یعنی از گیاهان فاصله‌انداز که منبع تولید انبوه اسپور بیماری برای سایر ردیف‌ها باشند.

F_3-F_5 generation : -

---

[1] Single cross
[2] 3-way cross
[3] Double cross
[4] Convergent cross
[5] Gene pool
[6] Pedigree selection
[7] Spaced plant
[8] Spreader

نُتاج نسل قبل را با فاصله روی ردیف‌ها می‌کاریم تا امکان ارزیابی تک‌بوته‌ها میسر شود. ردیف‌های برتر را شناسایی و از آنها ۵- ۳ گیاه برتر را انتخاب می‌کنیم در اینجا دو نوع انتخاب بین ردیف‌ها[1] و درون ردیف‌ها[2] انجام می‌شود. معمولاً کمتر از ۳۰ فامیل یا خط، در آخر F_5 انتخاب می‌شود، که این عدد ثابتی نیست.

F_6 generation :

خطوط (فامیل ها) کاشته می‌شوند تا بذر کافی از آنها بدست آید. گاهی فامیل‌های مشابه را به‌صورت بالک برداشت می‌کنند.

F_7 generation :

آزمایش مقدماتی عملکرد[3] (PTY) انجام می‌گیرد.

F_8-F_{10} generation :

لاین‌های برتر سال قبل در مقایسه با رقم تجاری استاندارد یا شاهد مقایسه عملکرد می‌شود، که به آن آزمایشات نهایی عملکرد[4] می‌گویند که به مدت سه سال انجام می‌شود. فقط لاین‌های برتر از شاهد به نسل بعد می‌روند در طول آزمایشات عملکرد مشاهدات روی صفات دیگر از جمله ارتفاع زودرسی، مقاومت به بیماری و آفات، کیفیت و ... انجام می‌گیرد. به منظور یافتن سازش[5] این لاین‌های برتر نسبت به طیف وسیعی از شرایط آب و هوایی، مقایسات عملکرد در این سه سال در شرایط آب و هوایی مختلف انجام می‌گیرد و فقط لاین‌های برتر از شاهد برای تکثیر انتخاب می‌گردند.

F_{11}-F_{12} generation :

ازدیاد بذر و توزیع آن به‌عنوان واریته جدید به دست زارع

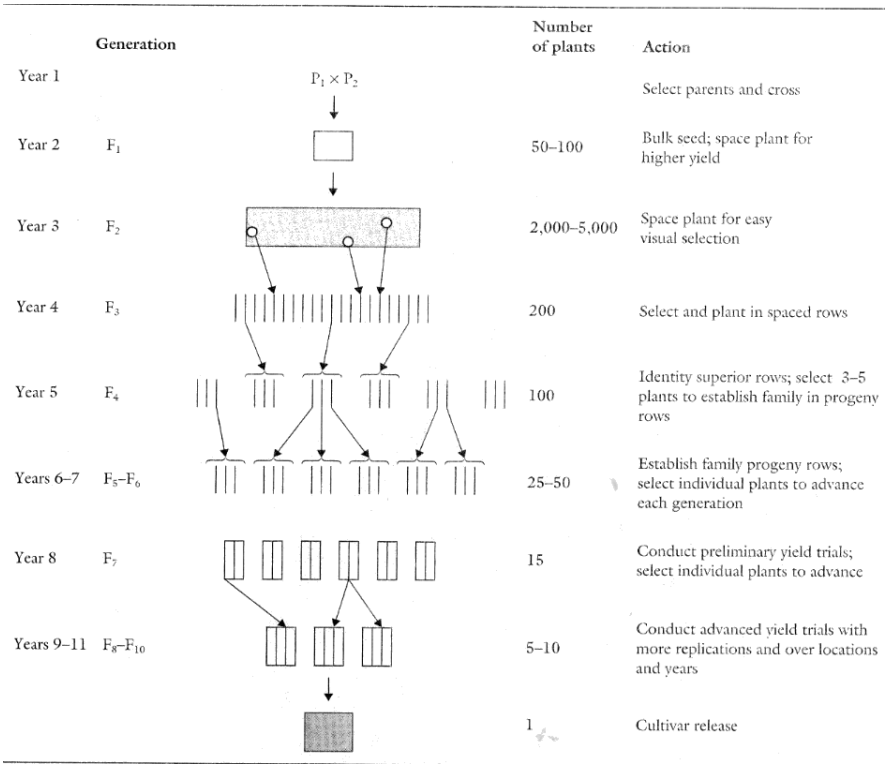
این روش برای صفاتی که به راحتی مشاهده و با هم ترکیب شوند، بسیار مناسب است. انواع تغییرات روی این روش انجام شده است، مثلاً گاهی آزمایش عملکرد از F_3 و F_4 شروع می‌شود. مزایای این روش را می‌توان به شرح زیر خلاصه نمود:

۱) به دلیل یادداشت‌برداری زیاد، کار زیادی را می‌طلبد و باعث می‌شود رقمی که با آن کار می‌کنیم را بهتر بشناسیم.
۲) قدرت انتخاب در به‌نژادگر افزایش می‌یابد.
۳) چون شجره گیاه مشخص است، لاین‌های مشابه به نسل‌های بعدی نمی‌روند. یعنی جمعیت بزرگی به نسل‌های دیرتر[6] نمی‌رود و فقط صفات مطلوب هر دو والد به نسل بعد می‌روند.
۴) اطلاعات ژنتیکی که از این روش بدست می‌آید بسیار زیاد است و قابل مقایسه با دیگر سیستم‌ها نمی‌باشد.
۵) این روش مناسب محصولاتی است که بصورت تک‌بوته[7] برداشت می‌شوند مثل غلات، توتون و بادام‌زمینی.

---

[1] Between rows
[2] Within rows
[3] Preliminary yield trial
[4] Advanced yield trial
[5] Adaptation
[6] Later generation
[7] Single Plant

از معایب این روش مخارج و کار زیاد می‌باشد و همچنین به‌نژادگر در استفاده از تعداد گیاهانی که می‌تواند انتخاب کند محدودیت دارد و برای رفع آن محدودیت بایستی در هر سال هیبریدهای مختلفی را شروع کند.



تمرین: مزایا و معایب این روش را لیست کنید؟ این روش در آمریکا و اروپا به شدت رواج دارد.

تمرین: علائم مورد استفاده در روش پدیگری چه به صورت سیستم سیمیت و چه به روش آمریکایی را بنویسید؟

روش جمعیت بالک[1]

Crossing generation

F_1 generation :

۵۰ تا ۱۰۰ گیاه رشد یافته و قبل از برداشت گیاهان حاصل از خودگشنی حذف می‌شوند. همانند (F_1 پدیگری)

F_2 generation :

۲ تا ۳ هزار گیاه F_2 کاشته می‌شوند بذور به صورت بالک برداشت می‌شوند.

F_3-F_4- generation :

بذور برداشت شده نسل قبل در پلات‌های یک پنجاهم تا یک صدم هکتار کاشته می‌شوند.

F_5 - generation :

۵- ۳ هزار بذر با فاصله کاشته می‌شوند و از آن میان حدود ۰/۱ یعنی ۳۰۰ تا ۵۰۰ گیاه برتر انتخاب می‌شوند.

[1] Bulk population method

F_6 - generation :

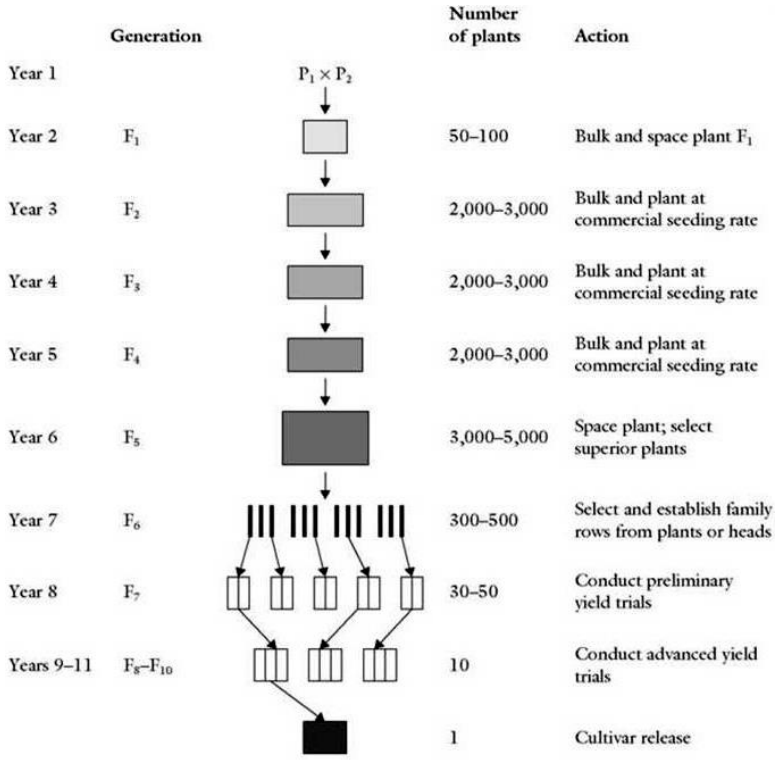
گیاهان انتخاب شده در ردیف‌های جداگانه کاشته می‌شوند و حدود ۰/۱ آن یعنی ۳۰ تا ۵۰ ردیف برتر که صفات مطلوب هر دو والد را دارند، برداشت می‌شوند. (در صورتی‌که ردیف‌های برتر تفرق نشان دهند برای رسیدن به لاین‌های بدون تفرق ممکن است انتخاب مجدد[1] انجام گیرد.

F_7-F_{10} - generation :

مقایسات عملکرد همانند روش پدیگری انجام می‌شود.

F_{11}-F_{12}- generation :

ازدیاد بذر و توزیع واریته جدید



این روش ساده و ارزان است و در مقایسه با پدیگری کار کمتری در نسل‌های اولیه نیاز دارد، اما برای افزایش احتمال یافتن ژنوتیپ‌های مطلوب جمعیت بزرگی باید با فاصله کاشته شود. معمولاً این روش در محیط مورد نظر که می‌خواهیم رقم را برای آنجا آزاد کنیم، انجام می‌گیرد و لذا انتخاب طبیعی[2] به ما کمک می‌کند. این روش مناسب گیاهانی است که به‌صورت فشرده کاشته می‌شوند، مثل دانه‌ریزها[3] و نه علوفه‌ای‌ها (آنهائی‌که محصول بیشتر به‌صورت بذر است و نه علوفه‌ای). چون کاشت گیاهان در این روش فشرده است امکان تشخیص تک‌بوته وجود ندارد، در مقایسه با روش

[1] Reselection
[2] Natural selection
[3] Small grains

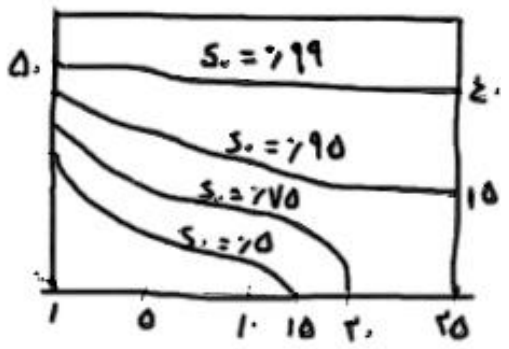
پدیگری اطلاعات ژنتیکی کمی در نسل‌های اولیه بدست می‌آید. در خلال نسل‌های در حال تفرق (F_2 و F_6) احتمال از دست رفتن ژنوتیپ‌ها از جامعه وجود دارد، مثلاً گیاهان بلند و دیررس باعث از دست رفتن گیاهان کوتاه و زودرس می شوند.

تمرین : تفاوت روش پدیگری و بالک را به طور کامل لیست کنید؟

همچنین تغییراتی برای این روش ایجاد شده است، مثلاً در F_3 و F_4 کمی با فاصله کاشته شده تا به‌نژادگر امکان ارزیابی و انتخاب را داشته باشد.

مبنای تئوریکی بالک یا انتخاب طبیعی

معمولاً ژنوتیپ‌هایی که قدرت سازش بیشتری با محیط دارند، در طبیعت می‌مانند. قدرت پایداری بیشتر، به دو عامل بستگی دارد.



الف) تعداد بذر تولیدی

ب) تعداد بذری که برای تولیدمثل زنده می‌ماند.

به عبارتی منحنی زنده‌ماندن ژنوتیپ ضعیف که قدرت رقابت کمتری دارد هنگامی که در رقابت با واریته دیگر قرار می‌گیرد از فرمول $A_n = as^{n-1}$ تبعیت می‌کند. A_n نسبت یا درصد واریته ضعیف در نسل nام، a نسبت درصد اولیه آن و s قدرت زنده‌ماندن می‌باشد. هر چه s کوچکتر باشد واریته ضعیف زودتر از بین می‌رود.

تمرین : دو واریته با قدرت زنده ماندن ۱ و ۰/۸ را به طور مساوی مخلوط می‌کنیم، (مساوی یعنی $a = ۰/۵$). نسبت واریته ضعیف در نسل دوم را محاسبه کنید؟

تمرین : « رقم ضعیف‌تر هزار بذر تولید و نهایتاً ۷۰ درصد بوته‌های بارور تولید می‌کند حال آنکه رقم قویتر هزار بذر تولید و ۹۵ درصد بوته‌ها بارور می‌باشد. نسبت ژنوتیپ مطلوب به نامطلوب یا قوی به ضعیف ۳۰ به ۷۰ است نسبت واریته ضعیف در نسل سوم را محاسبه کنید.

می‌دانیم در وزن مساوی ژنوتیپی که بذر بیشتری تولید می‌کند محیط را بیشتر اشغال می‌کند که دلخواه ما نیست چون معمولاً تأکید روی وزن است نه تعداد بذر، یعنی ژنوتیپ‌های وحشی بذر بیشتری تولید می‌کنند (بذر ریز و زیادتر)، حال آنکه گیاهان اهلی خلاف آن هستند یعنی بذور درشت و کمتری تولید می‌کنند. مدت‌ها دانشمندان در فکر بودند که چطور این روش با این مبنای تئوریک می‌تواند یک روش اصلاحی باشد تا اینکه آزمایشی به شرح زیر انجام دادند.

در آمریکا ۱۱ رقم جو را با نسبت‌های مساوی مخلوط کردند، به‌طوری‌که هر کدام $\frac{1}{11}$ جمعیت را اشغال می‌کردند و هر ژنوتیپ نیز به راحتی از ژنوتیپ دیگر قابل تشخیص بود. این توده مخلوط را در ۱۰ ایستگاه به‌طور مداوم و به مدت طولانی کاشتند و نهایتاً دیدند در هر یک از مناطق، بهترین ژنوتیپ، رقم زراعی همان منطقه است که در مخلوط می باشد.

فقط دو مورد استثناء بود که رقم یک منطقه در منطقه دیگری بهتر از رقم همان منطقه شده بود و نتیجه گرفتند، ارقامی که قدرت رقابت بالا دارند وقتی به صورت خالص (و نه در رقابت با دیگر ارقام) کاشته شوند از لحاظ عملکرد بالاتر خواهند بود. به عبارت دیگر در محیطی که تنازع بقا وجود دارد و شرایط محیط همراه با انواع تنش‌هاست رقمی که بذر بیشتر تولید می‌کند (وحشی‌تر) در جمعیت غالب می‌شود حال آنکه در محیط مناسب برای رشد گیاه مثل مزارع کشاورزان ژنوتیپ‌های اصلی‌تر و سازش یافته‌تر با محیط عملکرد بهتری را تولید کرده و در جمعیت غالب می‌شوند.

روش نتاج حاصل از تک‌دانه (S.S.D)[1]

Crossing generation
F_1 generation :

۵۰ تا ۱۰۰ بذر کاشته می‌شود (مثل پدیگری).

F_2 generation :

۲ تا ۳ هزار گیاه کاشته می‌شود و تنها یک بذر از هر گیاه برداشت می‌شود و هویت گیاهان F_2 ثبت نمی‌شود.

$F_3 - F_4$ generation :

بذور برداشته شده از نسل قبل کاشته شده و مجدداً یک بذر از هر گیاه برداشت می‌شود.

F_5 generation :

بذور برداشت شده از نسل قبل با فاصله کاشته شده و گیاهان برتر و مطلوب انتخاب و تمام بذر آنها برداشت می شود.

F_6 generation :

نُتاج برداشت شده نسل قبل در روی خطوط کاشته شده و خطوط برتر برداشت می‌شوند، در اینجا هر خط از یک گیاه نسل F_2 آمده است، (یعنی ۲۰۰۰ خط در این نسل داریم اگر شروع آن در F_2 ۲۰۰۰ باشد). چون اگر واقعاً بذر برتر باشد خطش در F_6 برتر خواهد بود.

دو خط از گیاه F_2 آمده است، (در F_2 معیار انتخاب تک گیاه است و معمولاً محیط روی تک گیاه بسیار تأثیر می گذارد و انتخاب ما را معتبر نمی‌سازد اما وقتی در F_6 به خط مراجعه می‌کنیم چون روی فامیل انتخاب می‌کنیم انتخاب ما معتبر است و محیط کمتر روی یک فامیل تأثیر می‌گذارد.

F_7 generation :

آزمایش مقدماتی عملکرد برای ردیفهای برتر نسل قبل.

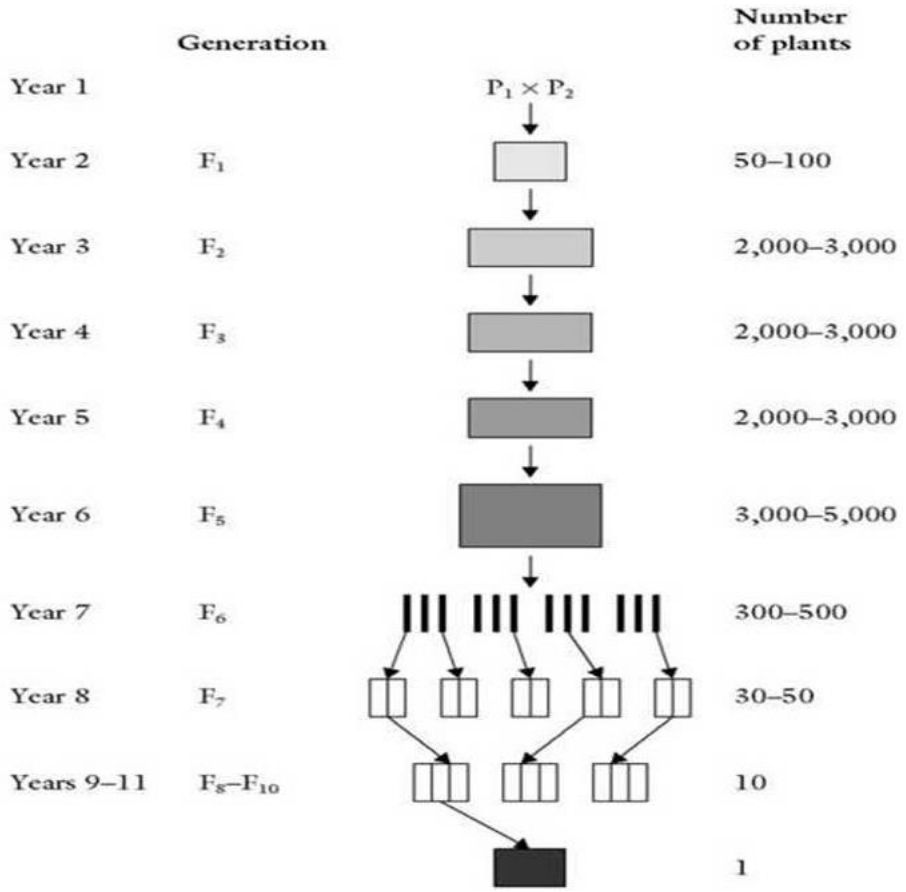
$F_8 - F_{10}$ generation :

[1] Single seed descent

آزمایش پیشرفته عملکرد مثل پدیگری و بالک.

$F_{11} - F_{12}$ generation :

ازدیاد و توزیع بذر ارقام جدید



در ابتدا این روش به عنوان وسیله‌ای برای حفظ بالاترین تعداد نتاج F_2 که به نسل‌های بعدی یعنی F_6 می‌روند پیشنهاد گردید یعنی بدان وسیله از فرار یا از دست رفتن ژنوتیپ‌هایی که صفاتی با توارث‌پذیری کم دارند، جلوگیری کنیم و این روش برای کاهش این امر ابداع شد. اما امروزه هدف اصلی آن کوتاه کردن زمان اصلاحی می‌باشد. یعنی با کاشت متراکم بذور در گلخانه، استفاده از خاک ضعیف با عمق کم، استفاده از رژیم حرارتی و نوری و تحت استرس قرار دادن آن خصوصاً به صورت تنش خشکی می‌توان گلدهی زودرس را به گیاه تحمیل کرد. به‌طوری‌که کمتر از سه ماه یک نسل کامل را به‌دست آورد. مسلماً گیاهانی که با این روش اصلاح می‌شوند، قدرت رقابت با روش دابل هاپلوئید را از لحاظ زمانی دارند.

این روش را می‌توان برای گیاهانی که سریعاً بالغ می‌شوند، مثل سویا و غلات بهاره (گندم، جو و یولاف) و گیاهانی که جمعیت متراکم گیاهی را تحمل کنند مثل دانه‌ریزها انجام داد ولی غلات زمستانه که نیاز به ورنالیزاسیون دارند، بازدهی این روش را به اندازه ۶ هفته کاهش می‌دهند. تغییراتی در این روش ایجاد شده است، مثلاً می‌توان در خلال نسل‌های در حال تفرق آنها را برای مقاومت به بیماری وصفات دیگر غربال[1] کرد. غربال کردن یعنی جداسازی ژنوتیپ‌های مطلوب از نامطلوب.

روش هاپلوئید دوبل[2]

گیاهان هاپلوئید ممکن است به‌طرق مختلفی حاصل شوند، مثلاً حذف کروموزومی[3] در جو که F_1 حاصل از یک تلاقی را با *H. bolbosum* تلاقی می‌دهیم، کروموزوم‌های *H.b* جنین‌زایی را در *H .vulgar* تحریک می‌کنند ولی خودشان از بین می‌روند سپس با استفاده از کلشی‌سین گیاه n را به $2n$ تبدیل می‌کنیم. عیب این روش اینست که بسیار سخت و طاقت فرساست. دانشمندی که این روش را ابداع کرد (Kasha) بعدها توصیه نمود از روش کشت میکروسپور[4] استفاده شود که راحت‌تر از روش قبل می‌باشد. روش دیگری تولید دابل هاپلوئید، کشت بساک[5] است یعنی پرچم‌های F_1 یک تلاقی مثلاً ۲۰۰۰ تا در محیط کشت قرار داده می‌شود و آنها را وادار به باززایی[6] می‌کنیم. عیب این روش اینست که برای هر گیاه محیط کشت خاصی نیاز است و اکثر گیاهان باززایی شده بدون رنگیزه یا آلبینو هستند. ولی حسن روش اینست که تقریباً راحت است و برای اکثر گیاهان قابل کاربرد می‌باشد. روش دیگر روش سمیگامی[7] در پنبه است، رقمی به نام لاین دابل هاپلوئید pima باعث تحریک گیاهان n کروموزومی می‌گردد، یعنی F_1 حاصل از یک تلاقی با پنبه pima تلاقی داده می شود و گیاهانی که با منشأ پدری حاصل شده‌اند با روش کلشی‌سین دوبل می‌شوند. روش دیگر تلاقی گندم و ذرت است که روشی بسیار خوب و قابل اعتماد است، در این روش گندم به عنوان پایه مادری و ذرت به عنوان پایه پدری در تلاقی به کار می‌رود، همانند حذف کروموزومی در جو عمل می‌شود و گیاهان n کروموزومی با استفاده از ماده کلشی‌سین، دوبل و سپس خالص می‌شوند. عیب روش اینست که تلاقی‌پذیری[8] ژنوتیپ‌های گندم با ذرت متفاوت می‌باشد، ولی در حال بهبود یافتن است.

روش‌های دیگری نیز وجود دارد که هنوز در عمل وارد نشده است، به هر صورت گیاهانی که از روش دابل‌هاپلوئیدی حاصل می‌شوند همی‌زیگوت هستند و نه هموزیگوت، در ضمن گاهی به‌جای گیاهان F_1 از گیاهان F_2 یا F_3 در روش‌های

---

[1] Screen
[2] Double haploid procedure
[3] Chromosome elimination
[4] Microspore Culture
[5] Anther culture
[6] Regeneration
[7] Semigamy
[8] Crossability

فوق استفاده می‌شود. یعنی در F_2 و F_3 عمل انتخاب برای صفت خاصی را انجام می‌دهند و بعد وارد روش دابل‌هاپلوئید می‌شوند.

$A \times B$

F_1 generation:

رشد ۲۵ تا ۵۰ گیاه F_1 و سپس کشت بساک آن (حدود ۲ تا ۳ هزار و یا بیشتر) در محیط کشت بافت[1]

F_2 generation:

۲ تا ۳ هزار گیاه هاپلوئید تولید می‌شود و با استفاده از کلشی‌سین، کروموزوم‌های آنها دوبل می‌گردد.

F_3 generation:

نُتاج حاصل از دابل‌هاپلوئید رشد می‌یابند و بذور آنها برداشت می‌شود.

F_4 generation:

رشد نتاج روی ردیف در مزرعه و انتخاب لاین‌های برتر.

F_5 generation:

آزمایشات مقدماتی عملکرد.

$F_6 - F_8$ generation:

ادامه آزمایشات پیشرفته عملکرد مثل پدیگری.

$F_9 - F_{10}$ generation:

ازدیاد و توزیع لاین‌های برتر بعنوان یک واریته.

گندم هیبرید[2]

هتروزیس در بسیاری از صفات گندم از جمله عملکرد دیده شده است که میزان آن بسته به ژنوتیپ گندم و محیط متفاوت است، برای عملکرد افزایش حدود ۲۰ تا ۲۵ درصد گزارش کرده‌اند. اما برآورد ۱۰ تا ۱۵ منطقی‌تر است. نکته مهم در گندم هیبرید آنست که آیا افزایش عملکرد حاصل از این نوع گندم می‌تواند با هزینه تولید بذر هیبرید جبران گردد.

اصولاً توسعه ارقام هیبرید گندم بعد از یافتن نرعقیمی سیتوپلاسمی[3] و ژن‌های برگرداننده باروری[4] امکان‌پذیر شد. نر عقیمی سیتوپلاسمی یا CMS در گندم در دهه ۱۹۵۰ به وسیله دانشمند ژاپنی کشف گردید. آنها گندم تتراپلوئید دوروم و گندم‌های هگزاپلوئید نان را با گونه‌های وحشی فامیل تلاقی دادند. اما ژن‌های برگرداننده باروری مناسبی برای آنها یافت نشد. در سال ۱۹۶۲ دو دانشمند کانزاسی گندم نوع نرعقیم را به‌دست آوردند.آنها از سیتوپلاسم *T.timopheevii* استفاده کردند ($2n = 4x = ۲۸$) و به‌وسیله بک‌کراس کروموزوم‌های گندم هگزاپلوئید زمستانه دانه سخت و قرمز رقم Bison را وارد سیتوپلاسم *T.timopheevii* نمودند. بعداً *R.W.livers* با تلاقی *T.timopheevii* (تیموفیوی) با گندم دانه سخت و قرمز Marquis دو ژن غالب رجعت‌دهنده یا برگرداننده باروری با نام RF_1 و RF_2 را شناسایی کرد.

---

[1] *in vitro*
[2] Hybrid wheat
[3] Cytoplasmic male sterility
[4] Fertility restoring

این اکتشافات ابزار لازم را برای تولید گندم هیبرید در سطح تجارتی فراهم نمود. اما متأسفانه در همین سطح تجارتی هنوز مشکلات عدیده‌ای وجود دارد. اصولاً اصلاح و تولید ارقام هیبرید (بطور کل) شامل سه مرحله است:

1. Development and maintenance of male sterile line

(توسعه و نگهداری لاین‌های نرعقیم).

2. Development of fertility restoring lines.

(توسعه لاین‌های رجعت‌دهنده باروری).

3. Utilization Of these lines in the commercial production of hybrid seed

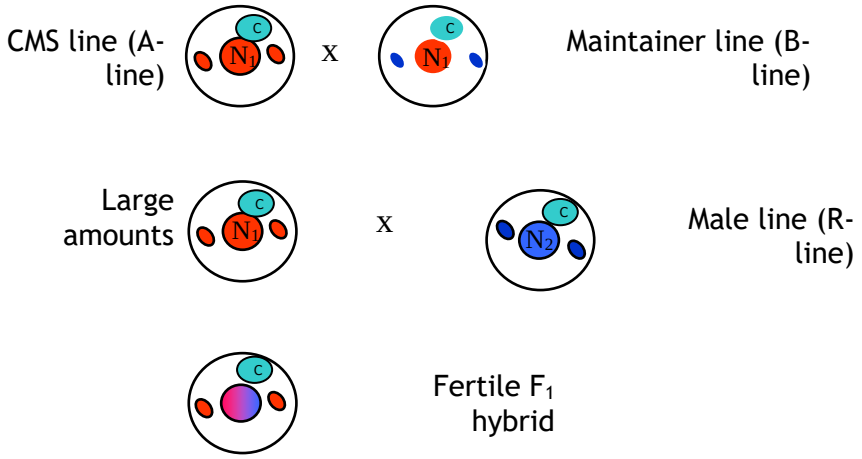
(به‌کارگیری و استفاده از این لاین‌ها در تولید بذر تجارتی).

ابتدا تلاقی رقم *T. timopheevii* با رقم Bison داده شد چون سیتوپلاسم تیموفیوی M.S بود. گیاهانی را که نسبتاً نرعقیم بودند (CMS) انتخاب کردند و از آنها به عنوان والد ماده استفاده نمودند و با Bison به عنوان والد نر، بک‌کراس های متوالی انجام دادند. نهایتاً نتیجه کار اینست که سیتوپلاسم نتاج حاصل از تیموفیوی است ولی در اثر بک‌کراس‌های متوالی اکثر مواد ژنتیکی هسته از Bison می‌باشد. حال اگر بخواهیم یک رقم هگزاپلوئید محلی (مثل روشن یا فلات) را نرعقیم کنیم راه حل اینست که از Bison به عنوان ماده در بک‌کراس با آن رقم استفاده کنیم که نتیجه کار همان رقم محلی است که از نظر سیتوپلاسم عقیم است. مشروط بر اینکه آن رقم محلی ژن‌های رجعت‌دهنده باروری را نداشته باشد. عموماً ۵ تا ۷ بک‌کراس کفایت می‌کند. رقم Bison یا رقم محلی CMS را A-line گویند که ژنوتیپ آن به صورت *S rfrf* است (هم به خاطر سیتوپلاسم عقیم است و گرده نمی‌دهد و هم به‌خاطر هسته که از نظر بارداری عقیم است). ژن غالب *RF* ژن رجعت‌دهنده باروری و *rf* ژن مغلوب عدم باروری است. برای نگهداری *A-line* از B-line استفاده می‌شود که لاین ایزوژن A-line است، ولی سیتوپلاسم آن بارور می‌باشد (*F rfrf*) زیرا گرده تولید می‌کند، یعنی A-line سیتوپلاسم *T. timopheevii* را به ارث برده حال آنکه B-line سیتوپلاسم *T. aestivum* را دارد. یادآوری می‌شود که نه A-line و نه B-line ژن‌های رجعت‌دهنده باروری غالب را ندارند.

تمرین: چگونه می‌توان B-line را نگهداری نمود؟

نر عقیمی سیتوپلاسمی *T. timopheevii* در اکثر محیط‌ها ثابت است یعنی به‌طور مؤثری از تولید دانه گرده جلوگیری می‌کند و از لحاظ ژنتیکی پایدار[1] می‌باشد و تولید اثرات جانبی مضر[2] نمی‌کند. یادآوری می‌شود به غیر از *T. timopheevii* سیتوپلاسم‌های دیگری از خویشاوندان گندم وجود دارد که تولید نرعقیمی می‌کنند و برای آنها نیز ژن‌های رجعت‌دهنده باروری وجود دارد، اما متأسفانه بیشتر این سیتوپلاسم‌ها دارای اثرات جانبی مضر می‌باشند.

[1] Stable
[2] Adverse side effect



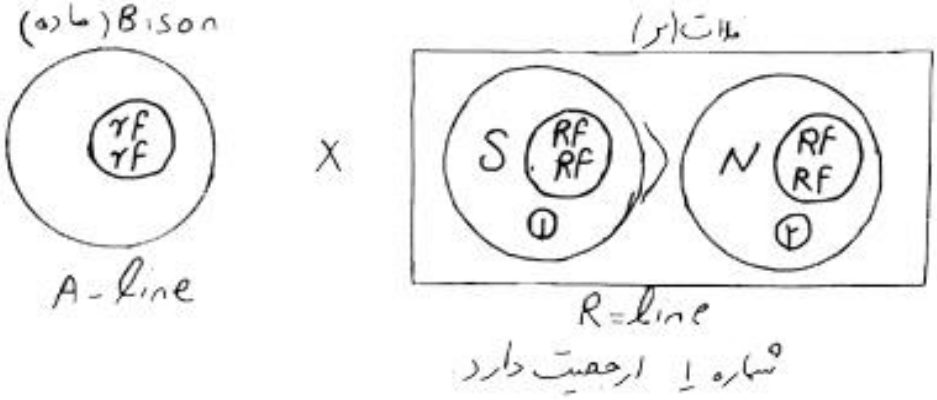
برای تولید بذر هیبرید، از A-line به عنوان والد ماده و از R-line به عنوان والد نر و گرده‌دهنده استفاده می‌شود. R-line سه ویژگی مهم دارد:

۱) A-line را گرده‌افشانی می‌کند.

۲) باروری را به نتاج منتقل می‌کند.

۳) ترکیب‌پذیری خوبی با A-line دارد به‌طوری‌که یک هیبرید قوی تولید می‌کند، برای مثال می‌خواهیم رقم فلات و قدس را هیبرید کنیم:

Bison را با فلات تلاقی می‌دهیم (در شکل ملاحظه می‌شود).



R-line ممکن است سیتوپلاسم نرعقیم یا سیتوپلاسم بارور داشته باشد که هر دو تولید گرده می‌کنند، چون در یک برنامه بذر هیبرید با مواد زیادی کار می‌کنیم ممکن است ژنوتیپ *(N) RFRF* را با *(N) RFrf* (به عنوان B-line) اشتباه کنیم که قطعاً نتایجی را که می‌خواهیم به زارع دهیم بایستی با لاین‌های نرعقیم تست‌کراس کنیم. اما اگر *(S) RFRF* را استفاده کنیم مطمئن هستیم که باروری بذور هیبرید قطعاً به‌خاطر *RF* هسته می‌باشد.

یادآوری می‌شود علاوه بر RF_1 و RF_2 یک ژن سوم یا اصلی و تعداد زیادی ژن فرعی نیز برای رجعت باروری تحت شرایط استرس محیطی مورد نیاز می‌باشد و درجه حرارت بالا، فتوپریود و بعضی از ژنوتیپ‌های CMS راندمان رجعت باروری را کاهش می‌دهند که حتی در محیط‌های بدون استرس نیز مشکل ایجاد می‌کند.

نکته قابل توجه برای *R-line* آنست که باید قدرت ترکیب‌پذیری[1] خوبی با *A-line* داشته باشد. معمولاً وقتی مطمئن می‌شویم *A-line* و *R-line* ترکیب‌پذیری خوبی دارند، ژن‌های RF_1 و RF_2 را با بک‌کراس به R-line منتقل می‌کنیم و برای موفقیت در امر رجعت کامل باروری، از ژن‌های تغییردهنده نیز استفاده می‌کنیم. بعد از شناسایی A-line و R-line و تولید آنها، آنها را در نوارهای متفاوت کاشته و بذور را از روی A-line جمع‌آوری و به بازار می‌فرستیم، اگر A-line وجود نداشته باشد با استفاده از دست نیز می‌توان کار اخته‌کردن را انجام داد و از تولید گرده در لاین مادری جلوگیری نمود. با خود ناسازگاری و استفاده از مواد شیمیایی نیز می‌توان بذر هیبرید تولید کرد.

می‌توان از مواد شیمیایی[2] برای تولید بذر هیبرید نیز استفاده نمود و تولید گرده را متوقف ساخت. شرکت‌های زیادی روی این مواد و تولید آن کار کرده‌اند. نهایتاً مواد شیمیایی عقیم‌کننده[3] را ارائه نمودند که اگر در مرحله خاصی از شروع گلدهی روی گندم اسپری شود، گرده تولید نمی‌شود. خوشبختانه این مواد فقط روی توسعه پرچم و گرده اثر می‌گذارد و روی پذیرش استیگما و یا توسعه بذر اثری ندارد و استفاده از آن ساده‌تر از سیتوپلاسم نرعقیمی CMS است. چون برای تولید بذر هیبرید، دو لاین والدی لازم است که فقط با هم ترکیب‌پذیری خوبی داشته باشند و هیبریدهایی پرعملکرد تولید کنند یعنی یکی از آنها را با این مواد عقیم‌کننده اسپری نموده و به نام A-line می‌شناسیم و والد دیگر را به عنوان R-line در نظر می‌گیریم. (R-line گرده دهنده). پس در اینجا تولید و نگهداری A-line و بک‌کراس‌های آن و تولید B-line و ژن‌های رجعت‌دهنده را لازم نداریم.

سؤال: چرا همیشه از این مواد استفاده نمی‌شود؟ این مواد عقیم کننده متأسفانه معایبی دارند:

۱) زمان اسپری باید هنگامی باشد که این مواد به گل‌های نابالغ نیز برسد تا از تولید دانه گرده جلوگیری کند.

۲) این مواد بایستی برای مدت زمان طولانی مؤثر باشد.

۳) این مواد نباید تحت تأثیر استرس‌های محیطی باشد و بی‌اثر شود.

۴) اثرات جانبی مضر نداشته باشد.

۵) این مواد بایستی تحت شرایط آب و هوایی متفاوت، آزمایش شوند، تا مطمئن شویم که این مواد تحت طیف وسیع آب و هوایی مؤثر هستند. چون ما بذور را به مناطق مختلف می‌فرستیم این امر الزامی است.

علت تجاری نشدن بذر هیبرید گندم به دلایل زیر می‌باشد:

---

[1] Combining ability
[2] Chemical hybridization agents
[3] Chemical sterilants

۱) تشکیل کم بذر که علت آن کافی نبودن انتشار دانه گرده می‌باشد، گندم ذاتاً خودگشن است و ما به اجبار آن را دگرگشن کرده‌ایم و این مشکل نه فقط در سیستم *CMS* بلکه در سیستم شیمیایی نیز وجود دارد.
۲) انتشار دانه گرده تحت شرایط محیطی تحت تأثیر شدت و جهت باد، حرارت، رطوبت و همچنین متأثر از خصوصیات گل در رقم مادری می‌باشد. تحت بهترین شرایط، برای تولید بذر هیبرید در مزرعه حدود ۵۰ تا ۷۰ درصد بذر تولید می‌شود که خیلی زیاد نیست و این امر در محیط‌های نامناسب به مراتب کمتر است. یعنی زارع باید بذر بیشتری خریده و هزینه‌هایش بالاتر می‌رود.
۳) مطلوب‌ترین حالت برای تولید بذر هیبرید نسبت کاشت ۲:۱ یعنی ۲ لاین نرعقیم و یک لاین نربارور است، مشروط به اینکه نوارهای نرعقیم عرض بیشتر از ۹ متر نداشته باشد، اگر بیشتر باشد تولید بذر به شدت کاهش می‌یابد.

به دلیل تنوع زیاد ژرم پلاسم گندم توصیه شده که اگر نکات زیر را رعایت کنیم تولید بذر هیبرید افزایش می یابد:

۱) خروج بیشتر پرچم
۲) پرچم بزرگتر
۳) تعداد بیشتر دانه گرده در هر پرچم
۴) طولانی بودن عمر دانه گرده
۵) گلچه بازتر (لما وپالئا بازتر باشد)
۶) مدت زمان بیشتری کلاله آماده پذیرش دانه گرده باشد
۷) گلدهی همزمان[1]

هتروزیس یا قدرت هیبرید[2]

معمولاً افزایش یا بزرگی صفات در نُتاج را در مقایسه با والد یا والدین، هتروزیس گویند. گاهی از میانگین والدین[3] و گاهی از بهترین والد[4] برای برآورد هتروزیس استفاده می‌کنیم که مورد اخیر (بهترین والد) بیشتر مورد علاقه اصلاحگران و کشاورزان می‌باشد.

$$Heterosis = \frac{f_1 - \frac{P_1 + P_2}{2}}{\frac{P_1 + P_2}{2}} \quad \leftarrow \quad mid\ \ parent\ \ value$$

$$\frac{f_1 - P_1}{P_1} \quad = \quad Heterobeltiosis$$

[1] Synchronize flowering
[2] Hybrid vigour or Heterosis
[3] Midparent value
[4] Best parents

فرضیه‌های متعددی در مورد هتروزیس ارائه شده که در زیر اشاره شده است :

۱- **فرضیه غالبیت یا غلبه:** برتری هیبرید به دلیل تجمع آلل‌های غالب در هیبرید است مثلاً *AAbbcc* در تلاقی با *aaBBCC* فرد *AaBbCc* را ایجاد می‌کند. ایرادی که بر این فرضیه وارد است اینست که باید پس از خودگشنی هیبرید، ژنوتیپ *AABBCC* بدست آید که عملکرد شبیه یا بالاتر از هیبرید داشته باشد که تا به حال هیچ لاینی بوجود نیامده که عملکرد مشابه یا بیشتر از هیبرید داشته باشد. ثانیاً باید مقدار زیادی کراسینگ اوور رخ دهد تا همه ژن‌های غالب بتوانند در یک جا جمع شوند که احتمال و امکانش خیلی ضعیف است

۲- **فرضیه فوق غلبه یا هتروزیگوسیتی هتروزیس:** هیبریداسیون منجر به ایجاد حالت هتروزیگوسیتی تحریک فعالیت فیزیولوژیکی ارگانیسم می‌شود و این فعالیت‌ها در اثر اینبریدینگ متوالی به نسبت افزایش هموزیگوسیتی در نتایج کاهش می‌یابد. به این فرضیه، فرضیه ناخالصی نیز می‌گویند و علت هتروزیس ناخالصی ژن‌ها در هیبرید است.

۳- **تئوری اپیستازی:** این فرضیه کم اهمیت می‌باشد، شاید اثرات بین مکان‌های ژنی سبب عملکرد بالاتر در هیبرید شده است در مقایسه با حالتی که ژن‌ها بصورت مستقل عمل می‌کنند.

اهداف اصلاحی در گندم

اصولاً اهداف اصلاحی هر گیاه بستگی به محیطی که بایستی در آن گیاه رشد کند متفاوت می‌باشد. اما به طور کلی این اهداف به سه گروه تقسیم می شود.

۱) **پتانسیل عملکرد**[1]**:** یعنی تحت شرایط ایده‌آل ظرفیت تولید چقدر است.

۲) **پایداری عملکرد**[2]**:** که بوسیله اصلاح در تاریخ رسیدن، مقاومت به خوابیدگی، مقاومت به ریزش، تحمل به خشکی، سرما، بیماری و آفت و ... انجام می‌گیرد.

۳) **کیفیت دانه**[3]**:**

مسلماً یک به‌نژادگر نمی‌تواند تمام اهداف اصلاحی را دنبال کند ولی بایستی روی مهمترین اهداف تمرکز نماید.

عملکرد بذر[4]

عملکرد دانه که با پتانسیل عملکرد مرتبط می‌باشد، اولین و مهم‌ترین هدف در اصلاح گندم می‌باشد. تنوع برای این صفت و پتانسیل عملکرد در ژنوتیپ‌های گندم به شدت وجود دارد. پتانسیل عملکرد گندم را ۱۹ تن در هکتار برآورد کرده‌اند، ولی در ایران مجموع عملکرد آبی و دیم کمتر از ۳ تن است.

مهمترین صفاتی که با پتانسیل عملکرد بالا همبستگی دارند عبارتند از ساقه کوتاه‌تر و خوشه بزرگ‌تر، ساقه کوتاه‌تر معمولاً به علت تجمع ژن‌های پاکوتاهی[5] در ارقام به‌وجود می‌آید که در اینجا لازم است ذکر شود رقم ژاپنی Norin-10 و

---

[1] Yield potential
[2] Yield stability
[3] Grain quality
[4] Yield of grain
[5] Dawrfing genes

فامیل‌های آن نقش بسزایی را ایفا می‌کند. این رقم نه تنها باعث پاکوتاهی می‌شود، بلکه حفظ عملکرد و حتی افزایش آن را (به‌خصوص افزایش تعداد دانه در خوشه) دربردارد که در مقایسه با گونه‌های زراعی دیگر باید گفت ژن‌های پاکوتاهی باعث کاهش ارتفاع و کاهش عملکرد می‌شوند.

دو ژن پاکوتاهی در Norin-10 شناسایی شده است که Rht_1 و Rht_2 نام گرفته‌اند، ژن سومی نیز در رقم tom thum بنام Rht_3 شناسایی شده است. متأسفانه ژن‌های پاکوتاهی دیگر، با کاهش عملکرد همبستگی دارند. یادآوری می‌شود تمام ارقام پاکوتاه با عملکرد بالا، دارای این ژن‌های پاکوتاهی نیستند، گاهی پاکوتاهی از تجمع ژن‌های مغلوب حاصل می شود. در این حالات است که مشکل بتوان عملکرد بالا و پاکوتاهی را با هم در یک رقم جمع کرد، چون همبستگی خوبی بین بلندی و عملکرد بالا وجود دارد. علیرغم این مطلب ارقام دارای عملکرد بالا بدون ژن پاکوتاهی نیز تولید شده‌اند که ارتفاع این گیاهان، مشابه ارتفاع ارقام نیمه‌پاکوتاه[1] و یا کمی کوتاه‌تر بوده است. بسیار دیده می‌شود که از تلاقی بین Norin 10 و لاین‌های پرعملکرد در نسل F_2 و به بعد تفکیک متجاوز دیده می‌شود یعنی پاکوتاهی و عملکرد بالا با هم در یک لاین جمع شده‌اند. چون به‌نژادگر ابتدا گیاهان در حال تفرق را ارزیابی ظاهری می‌کند، مسلماً برای تست نهایی بایستی آنها را در آزمایشات عملکرد به‌طور دقیق وارد نماید تا از انتخاب خود مطمئن شد، تا به حال کوشش‌های زیادی صورت گرفته است که بتوان به یک سری معیارهای انتخاب[2] رسید تا بر اساس آن بتوان در نسل‌های اولیه در حال تفرق، لاین‌های پرعملکرد را شناسایی کنند که متأسفانه هیچ کدام به‌طور کامل رضایت بخش نیست، هر چند تا حدی کمک کرده است.

یک راه اندازه‌گیری این امر، اندازه گیری اجزای عملکرد[3] می‌باشد. آقای گریفیوس پیشنهاد نمود که عملکرد شبیه به یک باکس است که در آن v حجم یا عملکرد، a تعداد خوشه در واحد سطح، b = تعداد دانه در هر خوشه، c = وزن هزار دانه است و عملکرد رابطه خطی با این سه جزء دارد.

$$v = a \times b \times c$$

افزایش در یک جزء باعث افزایش در حجم یا عملکرد می‌شود، مشروط به اینکه کاهش در اجزای دیگر نداشته باشیم. در عمل اگر یک جزء افزایش یابد، اجزای دیگر تمایل به کاهش دارند که احتمالاً به دلیل رقابت برای جذب آسیمیلات‌ها یا شیره پرورده موجود می‌باشد.

پیشنهاد دوم، استفاده از ارقام تک‌ساقه[4] یا بدون تیلردهی[5] می‌باشد یعنی عمل انتخاب را برای این گیاهان انجام دهیم. چون تیلر اصلی دارای بالاترین عملکرد می‌باشد و مزرعه‌ای که فقط از ارقام تک‌ساقه استفاده شده است، دارای عملکرد بالایی خواهد بود. لازم به ذکر است عملکرد این نوع گیاهان در محیط‌های ایده‌آل بسیار بالا می‌باشد (محیط ایده آل جایی است که جمعیت گیاهی نزدیک به جمعیت کامل می‌باشد و این جمعیت تا زمان برداشت حفظ می‌گردد). از طرفی دیگر،

---

[1] Semi dwarf
[2] Selection criteria
[3] Components of yield
[4] Unicolm
[5] Nontillering

می‌دانیم گندم کمتر در محیط ایده‌آل رشد می‌کند و معمولاً به‌وسیله استرس‌های زنده و غیر زنده جمعیت گیاهی کاهش می‌یابد و تحت تأثیر این شرایط پنجه‌زنی مزیتی خوب برای جبران کاهش تعداد جمعیت می‌باشد.

معیار دیگر، استفاده از شاخص برداشت[1] است. یعنی ارقامی که شاخص برداشت بالاتری دارند انتخاب شوند و این معمولاً در ارقام پاکوتاه با عملکرد بالا متجلی می‌شود (ریشه را گاهی در فرمول می‌گنجانند که در مزرعه اینکار عملی نیست).

$$HI = \frac{grain\ weight}{(grain + straw)\ weight}$$

هر وقت شاخص برداشت بالا رود راندمان گیاه بالا می‌رود چون آسیمیلات‌ها را به دانه و نه به کاه می‌فرستد.

پیشنهاد شده است روی شاخص برداشت فوکوس کنیم. اما متأسفانه چون شاخص برداشت صفتی نیست که با چشم ارزیابی شود و لذا اندازه‌گیری وزن کاه و دانه الزامی است، بنابراین روش مشکلی می‌باشد و در برداشت‌های مکانیزه تقریباً غیرممکن است. در عمل توصیه شده است، به‌نژادگر به دنبال انتخاب عملکرد بالا و ساقه کوتاه‌تر باشد که غیرمستقیم با شاخص برداشت بالاتر ارتباط دارد.

برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالاتر در نسل‌های اولیه در حل تفرق اولاً تجربه و دانش به‌نژادگر بایستی زیاد باشد، ثانیاً به طور کلی می‌توان گفت:

الف) ظرفیت پنجه‌دهی متوسط

ب) خوشه بزرگتر

ج) بذور چاق و سنگین

د) ساقه کوتاهتر

بهترین معیارهای انتخاب هستند که با پتانسیل عملکرد مرتبط می‌باشد.

در مورد پایداری عملکرد، اولین مورد زمان رسیدن است. به نژادگران متمایلند گندم را زودرس نمایند، مزایای زودرسی به ترتیب زیر می‌باشند:

الف) فرار از گرما، خشکی، حشرات و بیماری (فرار از استرس‌های زنده و غیرزنده که در کشور ما خشکی از همه آنها مهم‌تر است).

ب) قبل از وقوع آسیب‌هایی چون طوفان، سیل، باران و ... اجازه برداشت را به، به‌نژادگر می‌دهد.

ج) زودرسی، اجازه چندکشتی[2] را می‌دهد. اما ممکن است معایبی هم داشته باشد:

عملکرد رقم زودرس پائین است چون دوره کوتاه‌تری برای مراحل رویشی و زایشی دارد. ارقام زودرس زمستانه که در بهار کاشته می‌شود و رشدشان را در بهار نسبتاً زود شروع می‌کنند (در مقایسه با ارقام دیررس زمستانه) خطر سرمازدگی بهاره یک مشکل و محدودیت جدی برای آنها به شمار می‌رود.

---

[1] Harvest Index

[2] Multiple cropping

زمان رسیدگی تحت تأثیر نحوه توارث گیاه و اثر متقابل محیط و ژنوتیپ می‌باشد، گزارش شده است زودرسی نسبت به دیررسی غالبیت یا غالبیت نسبی دارد و اکثراً با تعداد معدودی ژن اصلی و تعداد زیادی ژن‌های جزئی تغییردهنده کنترل می‌شود. در رابطه با محیط می‌توان گفت طول روز، درجه حرارت، ارتفاع از سطح دریا یا نوع خاک و توزیع فصلی رطوبت روی زودرسی اثر دارد، زمان رسیدن از طریق مختلف قابل اندازه گیری است:

۱) تعداد روز تا زمان گلدهی

۲) تعداد روز تا زمان خوشه‌دهی

۳) تعداد روز تا زمان ابریشم‌دهی

۴) تعداد روز تا رسیدگی

در دانه‌ریزها خوشه‌دهی و در دانه‌درشت‌ها مثل ذرت ابریشم‌دهی اهمیت دارد. در دانه‌ریزها خوشه دهی بهتر از رسیدگی می‌باشد چون کمتر تحت تأثیر درجه حرارت، کمبود رطوبت خاک و دیگر عوامل محیطی می‌باشد.

چون در یک پلات همه گیاهان با هم نمی‌رسند و گلدهی مشابهی ندارند، هرگاه ۷۵ درصد پلات به گلدهی رسید آن تاریخ را به عنوان زمان رسیدن ثبت می‌کنیم. یادآوری می‌شود، تاریخ رسیدن با واکنش به فتوپریود وابسته می‌باشد.

مقاومت به ورس و ریزش[1]

توانایی گندم در ایستادن و سر پا بودن در مزرعه تا زمان رسیدن به‌طوری که دانه‌ای از دست ندهد، یک خاصیت مهم در عملکرد بالا تلقی می‌شود. بکارگیری کود بیشتر خصوصاً کود ازته باعث شده است که به‌نژادگران ارقام پاکوتاه و محکم تر[2] را که مقاوم به خوابیدگی هستند، توسعه دهند. مقاومت به ریزش برای جلوگیری از خسارت گندم بسیار اساسی و مهم می‌باشد.

مقاومت به ورس

خم شدن[3] و یا شکستگی[4] ساقه گندم را خوابیدگی گویند. خسارت حاصل از خوابیدگی در مراحل زیر رخ می‌دهد: خوابیدگی قبل از رسیدن که منجر می‌شود دانه‌ها نتوانند به‌طور کامل پر شوند. گندم خوابیده روی زمین هرگز برداشت نمی‌شود و در مزرعه رها شده باقی می‌ماند و محیط مناسبی برای زنگ، سفیدک و یا دیگر بیماری‌ها ایجاد می‌کند.

باران، تگرگ، طوفان و باد بعد از گلدهی گندم (اما قبل از رسیدن گندم) سبب خوابیدگی می‌شوند. ساقه خم‌شده ممکن است بعداً به حالت اولیه برگردد و خساراتی را تولید نکند، اما اگر ساقه شکسته شود خوشه پر نمی‌شود و خسارت حاصله، کامل می‌باشد. گیاهانی که ذاتاً ساقه ضعیف دارند و یا ساقه شاداب و پر آب دارند (که به علت مصرف زیاد کود ازته و یا رطوبت زیاد خاک حاصل شده‌اند) حساس به خوابیدگی می‌باشند.

---

[1] Lodging and shatter Resistance
[2] Sturdier
[3] Bending
[4] Breaking

مقاومت به خوابیدگی با اصلاح صفات زیر امکان پذیر خواهد بود :

۱) ساقه‌های محکم و سفت و مستقیم[1] (ساقه‌های نازک به‌وسیله باد خیلی زود شکسته می‌شوند)

۲) ساقه کوتاه (این امر بوسیله استفاده از ژن‌های کمّی، یا استفاده از ژن‌های پاکوتاهی و یا هر دو میسر می‌گردد)

۳) سیستم ریشه‌دهی خوب، که لنگر محکمی در خاک می‌باشد.

۴) ساقه با قابلیت ارتجاعی بیشتر، که از شکستگی توسط باد جلوگیری می‌کند.

۵) مقاومت به بیماری و حشراتی که باعث تضعیف ساقه یا سیستم می‌گردند. مثل مگس گندم‌خوار[2] و لارو آن، انواع پوسیدگی‌های ریشه و ... .

خوابیدگی ممکن است در فاصله بین رسیدن و برداشت رخ دهد، به دلیل وجود باران و تأخیر در برداشت، شکستگی ساقه رخ می‌دهد. ارقام دارای ساقه کوتاه و نیرومند، مدت زمان بیشتری سر پا هستند و شکسته نمی‌شوند. تردی[3] کاه یا ساقه بسیار مهم می‌باشد، چون ارقام دارای کاه محکم فقط تحت فشار باد بسیار قوی شکسته می‌شوند.

ارزیابی مقاومت به خوابیدگی یک ارزیابی چشمی است. یعنی مقایسه میزان خمیدگی یا شکستگی با ارقام شاهدی که در کنار آنها هستند، انجام می‌گیرد. این ارزیابی باید در چندین مکان و فصل توسط به‌نژادگر انجام گیرد. استفاده از کود، رطوبت و رها کردن گیاهان بعد از رسیدن به مدت طولانی، به ارزیابی مقاومت به خوابیدگی کمک می‌کند. خوابیدگی به وسیله مقیاس‌های مختلف (درصد گیاهان ایستاده، یا درصد گیاهان خوابیده) به وسیله به‌نژادگران ارزیابی می‌شود.

مقاومت به ریزش

افتادن بذر قبل و یا هنگام برداشت را ریزش نامیده‌اند. بعد از زمان رسیدن، تأخیر در برداشت باعث ریزش می‌شود، خصوصاً اگر گندم در خلال هوای خشک و گرم برسد. اصلاح برای این صفت در مکان‌هایی که رطوبت تابستان کم باشد، دارای اهمیت می‌باشد. مسلماً میزان چسبندگی لما و پالئا با مقاومت به ریزش همبستگی دارد. البته اگر این چسبندگی نیز زیاد گردد، در زمان بوجاری و جداسازی بذور از خوشه مشکل خواهد بود.

مقاومت به سرما[4]

خسارت حاصل از سرما به طرق مختلفی حاصل می‌شود:

۱) کشتن مستقیم گیاه به وسیله درجه حرارت کم

۲) پریدن طوقه که با یخ بستن و ذوب شدن آب خاک (به‌طور متناوب) به وقوع می‌پیوندد.

۳) خسارت حاصل از منجمد شدن[5] که با تشکیل کریستال‌های یخ در بافت گیاهی همراه است.

---

[1] Stiff
[2] Hessian fly
[3] Brittleness
[4] Winter hardiness
[5] Freezing injury

میزان خسارت حاصل از سرما تحت تاثیر عوامل متعددی از جمله مرحله رشد گیاه، فاصله کاشت، بافت خاک، میزان رطوبت خاک، باد، تیمارهای کودی، مقاوم شدن به سرما از قبیل[1]، پوشیده شدن با برف، میزان رشد سبزینه‌ای و بیماری‌ها و آفات می‌باشد.

به‌دلیل پیچیده بودن عوامل فوق، تنها راه رضایت‌بخش برای ارزیابی مقاومت به سرما، کاشتن ژنوتیپ‌های گندم در محیطی با سرمای طبیعی می‌باشد که این امر در چندین مکان و فصل باید انجام شود. به‌نژادگران می‌توانند میزان خسارت را با به‌کارگیری تیمارهایی از قبیل تاخیر در کاشت، کاشت تعداد بوته کم، عدم مصرف تیمارهای کودی و کاشت ژنوتیپ‌ها در حاشیه مرکز منطقه سرد (چون کشتن گیاهان بیشتر از مرکز سرما رخ می‌دهد) افزایش دهند تا تفاوت‌های بیشتری را بین ارقام شناسایی نمایند:

ارقام گندم به دو گروه زمستانه و بهاره تقسیم می شود و تفاوت زمستانه با بهاره به قرار زیر می‌باشند:

۱) ارقام زمستانه رشد رُزت دارند تا نیاز سرمایی آنان برآورده شود.

۲) ظرفیت مقاوم شدن از قبل را هنگامی‌که در معرض سرما قرار می‌گیرند، دارا می‌باشند.

۳) توانایی مقابله با درجه حرارت سرد (نزدیک به یخ بستن) را بعد از مقاوم شدن دارا هستند.

۴) تنوع ژنتیکی در بین ارقام از لحاظ مقاوم‌شدن وجود دارد. مقاومت به سرما حتی تا ۲۰- تا ۲۵- درجه سانتیگراد دیده شده است.

خسارت‌های حاصل از سرما عموماً عبارت است از: یخ بستن به دلیل درجه حرارت پایین، کاهش رطوبت خاک، پریدن طوقه.

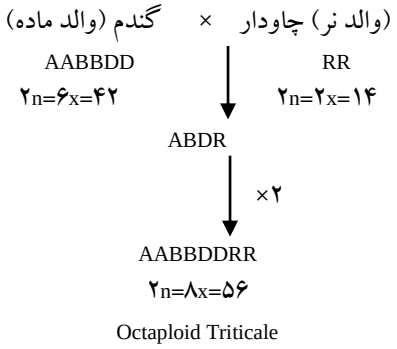
معمولاً ارقام مقاوم به سرما مقاوم به خشکی نیز هستند چون زمانی که آب در خاک یخ می‌زند برای گیاه قابل دسترس نمی‌باشد و گیاه با کمبود آب روبروست. پس مقاومت به سرما در شرایط خشک آب و هوایی (و نه مرطوب) نیز دیده می شود. اگر رطوبت خاک در زمان یخ بستن و سرما زیاد باشد، پریدن طوقه رخ می‌دهد و ریشه‌های گیاه قطع می‌شوند. به طور کلی گندم‌های نرم مقاومت خوبی به پریدن طوقه دارند، اما اگر درجه‌حرارت پایین به همراه عدم رطوبت کافی وجود داشته باشد، گندم‌های نرم نمی‌توانند به خوبی گندم‌های سخت زنده بمانند.

مقایسه ارقام از لحاظ ظرفیت مقاوم شدن می‌تواند به‌طور مصنوعی انجام گیرد، اما چون مقاومت به یک حالت و شکل ساده‌ای از استرس می‌باشد، لذا ممکن است رضایت‌بخش نباشد. هیچ آزمایش رضایت‌بخشی که بتواند میزان مقاوم شدن را روی تک‌بوته اندازه‌گیری کند، هنوز بدست نیامده است.

مسئله مقاومت به سرما در گندم به قدری حائز اهمیت می‌باشد که مطالعات بر روی آن منجر به ایجاد تریتیکاله[2] گشت که در آن ژن مقاومت به سرما را از چاودار (مقاوم‌ترین غله در مقابل سرما) به گندم منتقل کردند. ولی همراه این انتقال،

[1] Hardening
[2] *Triticale*

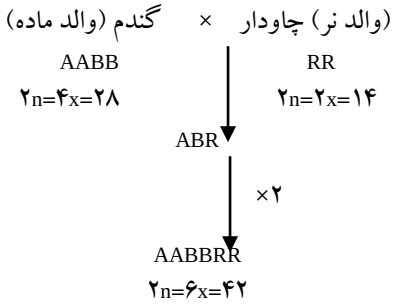
خصوصیات نامطلوب زیادی نیز منتقل شده است و به همین دلیل تریتیکاله تاکنون یک محصول کاملاً موفق نبوده است، گر چه تنها گیاه تولیدی بشر است که در حد تجاری کشت می‌گردد.



Octaploid Triticale

برای به‌وجود آوردن تریتیکاله، کشت جنین نیز لازم است. زیرا جنین حاصله نمی‌تواند از آندوسپرم تغذیه نماید. بنابراین جنین را در محیط مصنوعی قرار می‌دهند و برای دو برابر کردن تعداد کروموزم‌ها، گیاه حاصل را به هنگام پنجه دهی یا قبل از آن با کلشی‌سین تیمار می‌کنند. این ماده در تشکیل تارهای دوکی و در نتیجه در جدا شدن کروموزوم‌ها از هم اختلال ایجاد کرده و موجب دو برابر شدن تعداد کروموزم‌ها در بعضی از سلول‌های حاصل می‌گردد.

در تریتیکاله اکتاپلوئید درصد چروکیدگی دانه زیاد و قدرت باروری کم است. بنابراین اقدام به تولید تریتیکاله‌های هگزاپلوئید کرده‌اند که دانه‌های چاق‌تر با تعداد بیشتر تولید می‌کنند.



Allohexaploid Triticale

ترتیکاله‌هایی که از تلاقی گندم و چاودار بدست می‌آیند، ترتیکاله های اولیه نامیده می‌شوند. در این تلاقی‌ها، چاودار به عنوان والد گرده‌دهنده (نر) و گندم به عنوان والد پذیرنده (ماده) به‌کار می‌رود. زیرا لوله‌های گرده حاصل از دانه گرده گندم در بافت خامه چاودار رشد کندی دارد. تریتیکاله‌های حاصل از تلاقی تریتیکاله‌های اولیه با خودشان یا با گندم را تریتیکاله‌های ثانویه می‌گویند و تریتیکاله‌های ثانویه از لحاظ عملکرد با گندم رقابت می‌کنند و نیز از نظر چاقی دانه و قدرت باروری نیز بهتر شده‌اند، ولی خاصیت نانوایی کمی دارند و بدین علت در حال حاضر جهت تغذیه دام‌ها به صورت علوفه مصرف می‌شوند و نیز می‌توان از آنها در بیسکویت‌سازی استفاده نمود. چاودار گیاهی مقاوم به شرایط نامساعد

محیطی از قبیل حاصلخیزی کم خاک و سرما است و گندم نیز عملکرد و خاصیت نانوایی مطلوبی دارد. بنابراین هدف از تولید تریتیکاله کشت آن در مناطقی است که به دلیل سرمای زیاد امکان کشت گندم وجود ندارد.

مقاومت به خشکی[1]

در مناطقی که درجه حرارت بالا و میزان نزولات جوی پایین می‌باشد، خسارت حاصل از خشکی و گرما دیده می‌شود. این خسارت به همراه باد شدید افزایش خواهد یافت. گندم مهم‌ترین گیاه مناطق معتدل است که با تنش خشکی روبرو می‌شود. اجزاء مقاومت به خشکی در گیاه شامل اجتناب و تحمل به از دست دادن آب[2] و خشک شدن[3] می‌باشد. مکانیزم‌های گیاه گندم برای مقاومت به خشکی عبارتند از:

۱) زودرسی (قبل از روبرو شدن با خشکی قابل برداشت باشد)

۲) سیستم ریشه‌ای عمیق و قوی (برای مصرف آب قابل دسترس در اعماق خاک)

۳) بسته شده روزنه در خلال تنش خشکی (میزان اتلاف آب را پایین می‌آورد)

۴) واکسی (مومی) شدن سطح برگ (که میزان اتلاف تبخیر و تعرق را کاهش می‌دهد)

گندم‌های مقاوم به خشکی دارای برگ‌های باریک‌تر، نسبت کمتری از و عملکرد پایین‌تر می‌باشند.

مکانیزم‌های مقاومت به خشکی عبارتند از:

۱- اجتناب از خشکی[4]

این مکانیزم شامل سیستم ریشه‌دهی عمیق برای بهره‌برداری از آب در سطوح پایین خاک و خصوصیاتی از گیاه است که از هدر رفتن آب جلوگیری می‌نماید و یا آن را کاهش می‌دهد، مثل بسته شدن روزنه‌ها، لوله شدن برگ‌ها و وجود مواد واکسی (مومی) روی سطح برگ‌ها. انتخاب بر اساس این خصوصیات به گزینش ارقام مقاوم به خشکی کمک می‌کند.

۲- تحمل به خشکی[5]

خصوصیات این مکانیزم برخلاف خصوصیات مکانیزم اجتناب، قابل تشخیص نیست. معمولاً خشکی و گرما با یکدیگر در مزرعه رخ می‌دهند و وقتی این دو در مزرعه حضور دارند، مشاهدات روی ارقام عملی می‌باشد. با مقادیر آبیاری‌های مختلف و عدم آبیاری می‌توان ژنوتیپ‌ها را برای تنش خشکی ارزیابی کرد.

همبستگی زیادی بین تحمل به گرما و تحمل به خشکی وجود دارد. به همین دلیل می‌توان گیاهان را در درجات حرارت بالا، خاک خشک یا اتمسفر خشک قرار داد تا ژنوتیپ‌های مقاوم‌تر را شناسایی کرد. در آزمایشگاه میزان هدایت الکتریکی در برگ‌ها[6]، آب از دست رفته برگ جدا شده[7] و دیگر خصوصیات فیزیولوژیکی را می‌توان برای شناسایی

---

[1] Drought resistance
[2] Dehydration
[3] Desiccation
[4] Drought avoidance
[5] Drought tolerance
[6] Electrical conductivity in leaf disks
[7] Excised leaf water loss

ژنوتیپ‌های مقاوم به‌کار برد. اما در مزرعه خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی متفاوت، مطالعه و ارزیابی مقاومت به خشکی را پیچیده می‌کنند که این صفات را نمی‌توان در آزمایشگاه بوسیله آزمایش‌های منفرد اندازه‌گیری نمود.

مقاومت به بیماری‌ها[1]

در یک برنامه اصلاحی بیماری‌های مختلف، هر یک مشکل مجزایی می‌باشند که باید مورد توجه قرار گیرند، اما برای جلوگیری از کاهش عملکرد، بایستی ارقام گندم به تمام بیماری‌ها و حشرات موجود در منطقه مورد نظر مقاوم باشند. به دلیل اثر متقابل میزبان و پاتوژن، بایستی در یک برنامه اصلاحی به‌نژادگر و پاتولوژیست گیاهی به صورت تیمی کار کنند. بیماری‌های مهم گندم عبارت است از:

زنگ سیاه یا زنگ ساقه[2]، زنگ قهوه‌ای یا زنگ برگ[3]، زنگ زرد یا زنگ نواری[4]، سیاهک آشکار[5]، سیاهک پنهان[6]، سفیدک پودری[7]، ویروس‌ها و بیماری‌های دیگر.

زنگ‌ها

سه نوع مهم زنگ در گندم وجود دارد: زنگ ساقه یا زنگ سیاه (*Puccinia graminis f.s.p tritici*) زنگ برگ یا زنگ قهوه‌ای (*Puccinia recondita f.s.p tritici*) و زنگ نواری یا زنگ زرد (*Puccinia.striifromis*).

زنگ ساقه یا سیاه یکی از مخرب‌ترین بیماری‌های گندم در جهان است. معمولاً به ساقه حمله می‌کند، ولی ممکن است روی برگ‌ها، گلوم‌ها، ریشک‌ها و یا دیگر قسمت‌های گیاه نیز دیده شود. قسمتی از سیکل زندگی زنگ ساقه روی گیاه زرشک انجام می‌گیرد و بعد روی گندم پخش می‌شود. زمستان‌گذارنی این قارچ در مناطق گرم‌تر انجام می‌گیرد و در فصل رشد به مناطق دیگر می‌رود.

زنگ برگ تقریباً در هر جایی که گندم دیده می‌شود، حضور دارد. این بیماری روی برگ مشاهده می‌شود. خسارت این زنگ از زنگ ساقه کمتر است. کاهش عملکرد ۱۰- ۵ درصد امری عادی می‌باشد و اگر بیماری شدید شود، گیاهچه‌ها از بین می‌روند. زمستان‌گذارانی در مناطقی با آب و هوای ملایم انجام گرفته و بعد به مناطق دیگر پخش می‌شود.

نام آمریکایی زنگ زرد، زنگ نواری می‌باشد که تولید نوارهای طولانی از جوش‌های زنگ می‌کند. گاهی این بیماری روی گلوم و ریشک نیز دیده می‌شود. این بیماری در آب و هوای مرطوب و خنک دیده می‌شود. میزبان جایگزین برای این بیماری تاکنون پیدا نشده است که روی آن زمستان‌گذرانی نماید.

---

[1] Disease resistance
[2] Stem rust
[3] Leaf rust
[4] Stripe rust
[5] Loose smut
[6] Dwarf bunt
[7] Powdery mildew

نحوه توارث به زنگ زرد اولین بار بوسیله (۱۹۰۵) Biffen در انگلستان گزارش شد. زنگ‌ها دارای تعداد زیادی بیوتیپ تخصصی هستند که از لحاظ ژنتیکی با یکدیگر متفاوت هستند، درست همانند تفاوت‌های ژنتیکی موجود بین ارقام گندم می‌باشند. نوع واکنش هر رقم می‌تواند به صورت مقاومت یا حساسیت باشد و پاتوژن نیز می‌تواند بیماری‌زا[1] و یا غیر بیماری‌زا[2] باشد که به ترتیب تولید آلودگی بالا و پایین می‌کنند. پاتوژن‌ها می‌توانند بوسیله تلاقی، موتاسیون و نوترکیبی غیرجنسی ژنوتیپ‌های جدید تولید نمایند. پاتوژن و میزبان با هم اثر متقابل دارند و طبق فرضیه ژن برای ژن تولید مقاومت و حساسیت می‌کنند.

Virulence or avirulence genes in pathogen	R (resistant, dominant)	R (susceptible, recessive)
A dominant	AR (-)	Ar (+)
a recessive	aR (+)	Ar (+)

چرا ارقام مقاوم گندم بعد از مدتی بوسیله زنگ خسارت می‌بینند؟ ژنوتیپ میزبان معمولاً ثابت می‌باشد و در مقابل نژاد غیربیماری‌زا واکنش مقاوم نشان می‌دهد. اما بر اثر موتاسیون یا نوترکیبی نژاد جدید بیماری‌زا خلق می‌شود و در نتیجه واکنش حساسیت تظاهر پیدا می‌کند (مثل جدول فوق).

خلق نژاد بیماری‌زا معمولاً به‌دلیل فشار انتخاب و کاشت وسیع رقم مقاوم است، یعنی تحت این شرایط اسپور نژادهای غیر بیماری‌زا کاهش می‌یابد و با خلق نژاد بیماری‌زا، فرکانس آن به شدت افزایش می‌یابد.

تفکیک نژادها بر اساس نوع تیپ آلودگی است که آن نژاد روی یک سری از گیاهان محک[3] ایجاد می‌کند. یعنی هر ساله در مزرعه و طبیعت به دنبال ایزوله‌های مختلف هستند و بعد آنها را در گلخانه روی گیاهان محک آزمایش و نژاد را نامگذاری می‌کنیم.

به‌دلایل زیر مفهوم نژاد[4] از مد افتاده است:

۱) بسیاری از نژادها مخلوطی از بیوتیپ‌ها هستند که فقط بوسیله آزمایش روی گیاهان محک اضافی[5] قابل تشخیص هستند.

۲) نژادها بوسیله نوع واکنش در مرحله گیاهچه شناسایی می‌شوند که برای شناسایی در مرحله بلوغ کافی نمی‌باشد.

۳) نوع واکنش گیاهچه ممکن است با درجه حرارت متفاوت باشد.

[1] Virulence
[2] Avirulence
[3] Differential host varieties
[4] Race
[5] Additional differential plants

اخیراً با انتقال ژن‌های مقاوم به یک رقم کاملاً حساس، ایزوژنیک لاین (ایزولاین) تولید کرده‌اند که این امر بوسیله بک‌کراس‌های موازی انجام گرفته است و از این لاین‌ها به جای ارقام محک فوق استفاده کرده و نژادها را شناسایی و نامگذاری می‌کنند.

بحث‌های فوق برای دیگر بیماری‌های نژاد اختصاصی یا ژن‌های اختصاصی[1] معتبر می‌باشند. اصولاً مقاومت بر اساس ژن‌های اختصاصی زودگذر و فانی می‌باشد و لذا به‌نژادگران به دنبال مقاومت پایدار هستند.

اصلاح برای مقاومت به زنگ ممکن است از طریق زیر دنبال شود:

۱- اجتناب

اصلاح برای اجتناب به‌وسیله اصلاح خصوصیاتی در میزبان است که آن را قادر می‌سازد تا از خسارت زنگ فرار کند. یعنی بلوغ زودتر گیاه قبل از اینکه اسپور بیماری در مزرعه پخش گردد (در دشت‌های مرکزی آمریکا صورت می‌گیرد).

۲- مقاومت نژاد اختصاصی

این نوع مقاومت معمولاً بوسیله یک ژن غالب و یا به‌وسیله تعداد کمی ژن کنترل می‌شود. یعنی این ژن‌ها در مقابل نژاد غیر بیماری‌زا مقاومت نشان می‌دهند و در برابر نژادهای بیماری‌زا حساس هستند. ارقامی که این نوع مقاومت را دارا می‌باشند باعث فشار انتخابی[2] روی جمعیت نژادها می‌شوند و ژن‌های موتانت بیماری‌زا که جدیداً خلق می‌شوند ارقام مقاوم را تبدیل به ارقام حساس می‌کنند. این نوع مقاومت را گاهی مقاومت عمودی[3] نیز گویند.

۳- مقاومت نژاد غیر اختصاصی[4]

چندین فرم از این نوع مقاومت در ذیل آمده است:

الف) مقاومت عمومی[5]

توارث این نوع مقاومت پیچیده می‌باشد. یعنی تعداد زیادی ژن با اثرات کوچک، این مقاومت را کنترل می‌کنند و ممکن است مغلوب افزایشی باشند. این مقاومت از مقاومت اختصاصی ثابت‌تر می‌باشد، چون قبل از شکسته شدن مقاومت باید بین این ژن‌های مقاوم و ژن‌های بیماری‌زایی اثر متقابل رخ دهد،که نمی‌دهد. این نوع مقاومت هرگز تظاهر مقاومت کامل را نشان نمی‌دهد و به علت تعداد زیاد ژن کنترل‌کننده، مشکل است که در یک برنامه به‌نژادی به کار گرفته شود.

ب) مقاومت در مرحله بلوغ[6]

این نوع مقاومت از مقاومت اختصاصی متفاوت است و به عنوان مقاومتی که در مرحله بلوغ گیاه ظهور می‌کند، تعریف می شود. اما مقاومت اختصاصی در هر دو مرحله گیاهچه و بلوغ تظاهر دارد.

---

[1] Race-specific genes
[2] Selection pressure
[3] Vertical resistance
[4] Race- non specific resistance
[5] General resistance
[6] Adult plant resistance

ج) تحمل[1]

اگر زنگ، آزادانه روی ارقام توسعه یابد اما نتواند بطور اساسی عملکرد را کاهش دهد به آن گیاه متحمل گویند و این نوع مقاومت را تحمل نامند. شناسایی این نوع مقاومت و به‌کارگیری آن در برنامه به‌نژادی مشکل می‌باشد. اگر زنگ در مرحله آخر زندگی ظهور کرده و توسعه یابد، به‌کارگیری این نوع مقاومت مفید خواهد بود. اما اگر بیماری زنگ مدت طولانی تری قبل از برداشت توسعه یابد، ممکن است این مقاومت کافی نباشد.

د) آهسته (دیر) آلوده شدن به زنگ[2]

این نوع مقاومت مدت طولانی‌تری را برای نهفتگی و آلودگی نسبت به اسپورهای زنگ به ارمغان می‌آورد و توسعه جوش های زنگ را کاهش می‌دهد. مکانیزم این نوع مقاومت بسته به ژنوتیپ گیاه، اندام گیاه و مرحله توسعه گیاه متفاوت می باشد. نحوه توارث، کمّی و غالباً افزایشی می‌باشد.

ه) مقاومت پایدار[3]

اشکال مقاومت غیراختصاصی که در بالا به آن اشاره شد، غالباً شناسایی و طبقه‌بندی آنها با مشکل مواجه می‌شود، لذا تأکید بیشتری روی مقاومت پایدار صورت می‌گیرد. اگر رقمی در سطح وسیع، مدت زمان طولانی و در محیط مناسب بیماری کاشته شود و مقاومت خود را حفظ کند، به آن مقاومت پایدار گویند. این نوع مقاومت بوسیله ژن‌های اختصاصی یا پلی‌ژن‌های غیراختصاصی ممکن است کنترل شود. داشتن اطلاعات در مورد نحوه توارث مقاومت در طراحی برنامه‌های به‌نژادی بسیار مفید است. مسلماً این امر ممکن است برای سطوح بالای مقاومت که توارث‌پذیری بالایی دارند، ضروری نباشد.

و) مولتی لاین

این روش توسط نورمن بورلاگ برای غلبه بر زنگ ساقه پیشنهاد شد. برای این‌کار ژن‌های مقاوم اختصاصی در برنامه‌های بک‌کراس مجزا به رقم مورد نظر وارد می‌شوند و در نهایت یک سری ایزولاین یا ایزوژنیک لاین داریم (لاین‌هایی که در یک ژن متفاوت هستند و آن هم ژن مقاومت می‌باشد) که ترکیب این لاین‌ها را مولتی‌لاین گویند. تولید مولتی‌لاین و نگهداری آن در یک برنامه اصلاحی کار زیادی را می‌طلبد. این روش برای مناطقی که پاتوژن با ژن‌های بیماری‌زای اختصاصی سبب خسارت شدید و مداوم می‌گردد، مناسب می‌باشد.

اساس مولتی‌لاین بر تنوع[4] استوار است چون ارقام مقاوم اختصاصی کمتر از ۱۰- ۵ سال، مقاومتشان شکسته می‌شود. اصولاً بعد از تعقیب تغییرات در نژادهای پاتوژن، ترکیب مولتی‌لاین مشخص می‌گردد یعنی هر ساله ترکیبی خاص از مولتی‌لاین داریم.

---

[1] Tolerance
[2] Slow or late rusting
[3] Durable resistance
[4] Diversification

مولتی‌لاین مقاومت نسبی را به طیف وسیعی از نژادهای یک بیماری فراهم می‌آورد و حتی اگر نژاد جدیدی به وجود آید نمی‌تواند تمام ژن‌های داخل جمعیت مولتی‌لاین را بشکند. در یک جمعیت مولتی‌لاین بعضی از لاین‌ها حساس و بعضی مقاوم به بیماری می‌باشند. این مخلوط مقاومت و حساسیت اثر بافری یا حائل و ضربه‌گیر بر علیه توسعه سریع بیماری دارد و طول عمر ژن‌های مقاوم را افزایش می‌دهد.

معایب مولتی‌لاین عبارتند از:

۱) فقط در مناطقی که بیماری خسارت شدید ایجاد می‌کند و بطور مداوم رخ می‌دهد، استفاده می‌شود و استفاده از آن در مناطق دیگر محدودیت دارد.

۲) عمل به‌نژادی فقط برای بیماری صورت می‌گیرد و به عملکرد و صفات دیگر توجهی نمی‌شود.

۳) تولید و نگهداری ایزولاین‌ها کار زیادی را می‌طلبد.

۴) منابع قابل دسترس (تنوع ژنتیکی) اصلاحی را برای خصوصیاتی (به غیر از بیماری) کاهش می‌دهد.

۵) بعد از اصلاح یک رقم، برای ساختن مولتی‌لاین آن از آزاد شدن تا تولید و تکثیر ایزولاین‌ها زمان‌بر است و لذا با تأخیر به دست کشاورزان می‌رسد.

۶) در زمان تولید مولتی‌لاین برای یک رقم خاص، ممکن است رقم دیگری اصلاح و آزاد شود که مورد استقبال کشاورزان قرار گیرد.

ز) ارقام مخلوط[1]

مخلوط واریته‌ها سیستم ساده‌ای است که تنوع ژنتیکی ایجاد می‌کند، یعنی مخلوطی از بذور دو یا چند رقم را می‌توان بر علیه بیماری استفاده کرد که در مقابل اثر متقابل ژنوتیپ و محیط پایدارتر خواهد بود و عملکرد آن در مقایسه با یک رقم در تمام محیط‌ها ثابت‌تر است ولی عملکرد بالایی نخواهد داشت (برخلاف استفاده از یک رقم). مکانیزم کار همانند مولتی لاین است یعنی ارقام، دارای ژن‌های مقاوم متفاوتی هستند. لازم به ذکر است این ارقام بایستی دارای زمان رسیدن و کیفیت مشابه یا تقریباً مشابه باشند. این مخلوط بایستی دائماً ساخته شود تا بتوان آن را نگهداری کرد.

ح) هرمی کردن ژن‌ها[2]

کنار هم آوردن ژن‌های مقاوم در یک کالیتوار را هرمی‌کردن ژن‌ها گویند. مسلماً کنار هم آوردن ژن‌های بزرگ‌اثر در یک رقم آسان است و پاتوژن بایستی به تعداد آن ژن‌ها، موتاسیون ایجاد کند که از لحاظ تئوری تقریباً غیر ممکن است. اما در عمل با موتاسیون گام‌به‌گام این امر میسر شده و مقاومت آن ارقام شکسته می‌شود. از سوی دیگر کنار هم آوردن ژن های کوچک‌اثر در یک رقم مشکل است، ولی اگر چنین شود شکسته شدن آن غیر ممکن خواهد بود.

---

[1] Blend variety

[2] Pyramiding of genes

ط) صف‌آرایی ژن‌ها[1]

در این روش نقطه شروع حرکت پاتوژن و مسیر آن شناسایی می‌گردد و این مسیر مهاجرت، به‌وسیله کاشت ارقام مقاوم متفاوت شکسته شده و لذا پاتوژن نمی‌تواند در مقابل این ارقام، تکثیر و افزایش یابد و فراوانی آنها کاهش خواهد یافت. این امر در مکزیک، آمریکا و کانادا انجام شده است. روابط سیاسی بین کشورها از عوامل محدودکننده این روش می‌باشد.

آلوده سازی و ارزیابی

برای تکثیر اسپور نژاد خاصی از زنگ، ابتدا گیاهی حساس را کاشته و به‌وسیله مالش اسپور روی برگ آن رقم (با دست و یا با گوش پاک‌کن)، اسپری محلول اسپور و آب مقطر و یا پودر پاشی اسپور با پودر تالک روی آن گیاه می‌توان گیاه حساس را تلقیح و یا مایه‌کوبی نمود. پس از مدتی، علائم بیماری ظاهر می‌شود. در مزرعه نیز می‌توان اینکار را انجام داد، اما بهتر است، رقم حساس را در اطراف و بین ارقام مورد نظر کاشت (ردیف اسپریدر و فقط ردیف‌های اسپریدر حساس را آلوده نمود تا اسپور تولید کرده و به اطراف پخش شوند. معمولاً تیپ آلودگی[2] و درصد شدت آلودگی[3] توسط محققین و بر اساس مقیاس‌های استاندارد ثبت می‌شوند.

مقاومت به حشرات

بیوتایپ‌های حشرات، تقریباً مشابه و قابل مقایسه با نژادهای فیزیولوژیک در بیماری‌ها می‌باشند.

مگس گندم‌خوار تقریباً در همه قاره‌های دنیا دیده می‌شود. خسارت این حشره باعث کوتولگی گیاه، کاهش پنجه‌زنی، افزایش خسارت حاصل از سرما و شکستگی ساقه پس از رسیدن می‌شود. مقاومت در بیشتر ارقام مقاوم (به این حشره) به صورت آنتی‌بیوسیس[4] است (یعنی حشره بعد از تغذیه روی گیاه می‌میرد). در برخی ارقام دیگر، مقاومت به‌صورت تحمل است (یعنی حشره تغذیه خود را ادامه می‌دهد اما گیاه با تولید و رشد پنجه جدید، خسارت را به نحوی جبران می‌کند). بیوتایپ‌های متفاوتی از این حشره شناخته شده است.

زنبور ساقه‌خوار گندم[5] باعث شکستن ساقه می‌شود. ساقه‌های توپر[6] خسارت بسیار جزئی می‌بینند و یا از خسارت فرار[7] می‌کنند. در حالی‌که ساقه‌های توخالی[8] با خسارت شدیدی مواجه می‌شوند. ارقام ساقه توپر در آمریکا و کانادا به عنوان ارقام مقاوم توسعه یافته‌اند.

---

[1] Gene deployment
[2] Infection type
[3] Severity
[4] Antibiosis
[5] Wheat stem sawfly
[6] Solid stem
[7] Escape
[8] Hallow stem

سوسک برگ‌خوار غلات[1] در اروپا، آسیا و شمال افریقا دیده می‌شود. اولین بار (۱۹۶۰) در آمریکا دیده شد. لارو و حشره بالغ از برگ‌ها تغذیه می‌کنند و حدود ۲۵٪ کاهش عملکرد را سبب می‌شود. در برنامه اصلاحی برای مقاومت به این آفت از مکانیسم مقاومت عدم ترجیح[2] در آمریکا استفاده شده است. یعنی ارقامی که دارای برگ‌های کرک‌دار[3] بودند توسعه یافته‌اند که حشره ترجیح نمی‌دهد از آن‌ها تغذیه کند.

سن سبز گندم[4] گونه‌ای از شته‌ها[5] هستند. این حشره دارای بیوتیپ‌های مختلفی است. رقم مقاومی به نام Amigo در آمریکا توسعه یافت، اما بعداً در تکزاس حساس گردید و ظهور بیوتیپ جدیدی را نشان داد. مقاومت این رقم به صورت ژن غالب اختصاصی عمل کرده است.

جوانه‌زنی بذر روی خوشه[6]

جوانه‌زنی بذر روی خوشه باعث کاهش کیفیت یا مرغوبیت دانه و همچنین باعث از بین رفتن خواص نانوایی[7] می‌شود. حتی ۵- ۲ درصد جوانه‌زنی بذر منجر به کاهش خاصیت نانوایی می‌گردد. در مناطق مرطوب با بارندگی بالا، جوانه‌زنی بذر روی خوشه صورت می‌گیرد و به عوامل زیر بستگی دارد:

۱) شرایط آب و هوایی خصوصاً درجه حرارت کم در هنگام رسیدن بذر (مرحله شیری)

۲) کود بیش از حد که باعث کاهش مقاومت گیاه در مقابل این پدیده می‌شود.

۳) عوامل ژنتیکی

ثابت شده است گندم‌های بذر سفید، مقاومت کمتری از گندم‌های بذر قرمز و زرد در مقابل جوانه زنی روی خوشه از خود نشان می‌دهند. برای اصلاح این پدیده باید از خواب بذر استفاده کرد یعنی انتخاب برای ارقامی که خواب بالاتری دارند، انجام گیرد که باعث می‌شود جوانه زنی روی خوشه رخ ندهد. خواب بذر معمولاً توسط ژن‌های مغلوب کنترل می شود هر چند که مقاومت بذر در مقابل جوانه زنی روی خوشه توسط ژن‌های غالب کنترل می‌شود.

برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها، تعدادی از هر ژنوتیپ به صورت وارونه آویزان می‌گردد و در فواصل زمانی معین داخل آب فرو می‌روند. در هوای مرطوب نگه داشته می‌شوند یا اینکه به همان صورت عمودی به‌طور متناوب آب روی آنها اسپری می‌شود و یا اینکه خوشه‌های گندم، داخل ماسه مرطوب یا کاغذ (یا پارچه) مرطوب قرار گرفته و بعد از مدت زمان معین مثلاً ۷ تا ۱۴ روز تعداد بذر جوانه‌زده روی خوشه‌ها ثبت می‌گردد.

---

[1] Cereal leaf beetle
[2] Non-preference
[3] Pubescent leaves
[4] Green bug
[5] Aphid
[6] Sprouting
[7] Baking quality

کیفیت

بعد از برداشت گندم از مزرعه، به‌نژادگر به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی دانه توجه می‌کند. گندم قبل از مصرف توسط انسان، ممکن است برای مدت زمان طولانی ذخیره شود و سپس آسیاب شده و به آرد تبدیل گردد و نهایتاً برای نان و کیک و دیگر محصولات نانوایی مصرف گردد. بسیاری از خصوصیات ذاتی و ارثی گیاه روی آسیاب شدن و پخت آن اثر می‌گذارد. تظاهر ژن‌های این صفات تحت تأثیر شدید محیط می‌باشد. مسلماً خصوصیات لازم برای پخت نان با خصوصیات لازم برای پخت کیک متفاوت می‌باشند.

کشاورز به کیفیت بازار پسندی توجه می‌کند که با کیفیت آسیاب کردن و کیفیت نانوایی متفاوت می‌باشد. در سال های اخیر توجه زیادی به خصوصیات غذایی شده است.

کیفیت بازارپسندی

گندمی که دارای کیفیت خوب بازار پسندی باشد بایستی خالص، تمیز و در شرایط خوبی باشد (یعنی شکستگی، پوسیدگی و ... نداشته باشد). با این خصوصیات، رتبه، ارزش و قیمت بازارش تعیین می‌گردد. روشی که گندم تولید می‌شود، می‌تواند بر کیفیت بازار پسندی اثر بگذارد. مثلاً اگر گندم با گیاهان ناخواسته مثل علف‌های هرز مخلوط شود و یا توسط شرایط محیطی قبل از برداشت صدمه ببیند و یا در موقع انبار کردن ضایع و فاسد شود کیفیت بازار پسندی آن کاهش می‌یابد. این کاهش کیفیت به به‌نژادگر مرتبط نمی‌باشد. اما به‌طور کلی ارقامی که عملکرد خوبی در محیط‌های خاص خود دارند (آداپته و سازگار شده‌اند) کیفیت بازار پسندی خوبی نیز دارند. مثلاً اگر دانه آنها سبک باشد و خوب پر نشود (به علت خوابیدگی و یا زنگ)، اصلاح نباتات با تولید ارقام مقاوم به خوابیدگی و یا زنگ می‌تواند کیفیت بازار پسندی را بالا ببرد. ارقامی که با محیط رشد خود سازش‌نیافته باشند، دیررس هستند و دانه چروکیده با وزن کم تولید می کنند، ولی ارقام سازش‌یافته دارای بذور سنگین و چاق[1] می‌باشند.

کیفیت پخت نان و آسیاب کردن

انواع گندم مصارف متفاوتی دارند. (۱) واریته‌های گندم سخت[2] همان گندم‌های نان هستند چون دارای گلوتن بالایی می باشند، وقتی خمیری از آنها ساخته می‌شود به علت جذب رطوبت بالا، تولید توده بزرگی از خمیر و نان می‌کند. اما آرد حاصل از گندم‌های سخت، دانه دانه[3] است که این خصوصیات برای تولیدات شیرینی پزی[4] مناسب نمی‌باشد. گندم‌های نرم[5] دارای آرد نرم و ابریشمی است که مناسب پخت کیک، کلوچه و شیرینی‌پزی است، اما این آرد برای پخت نان ضعیف می‌باشد.

---

[1] Plump
[2] Hard wheat
[3] Granular
[4] Pastry
[5] Soft wheat

گندم‌های دوروم برای پخت کیک و پخت نان نامناسب هستند ولی برای ساخت سمولینا همچون ماکارونی و اسپاگتی مناسب می‌باشند.

استفاده‌های متنوع گندم ناشی از خواص شیمیایی و فیزیکی دانه گندم است که در ارقام مختلف ذاتی و ارثی است و از راه‌های گوناگون اندازه‌گیری می‌شود. برخی از این روش‌ها که خواص فوق را مشخص می‌کنند عبارتند از: درصد پروتئین و خاکستر، چسبندگی، زمان مخلوط کردن، جذب آب، حجم تکه نان تولید شده، حجم کیک و میزان پخش شدن کلوچه.

ارزش نانوایی در رابطه با پخت نان مطرح است و حجم خمیر و نان بستگی به مقدار گلوتن آن دارد. مقدار (کمیت) گلوتن بستگی به شرایط محیطی دارد ولی کیفیت گلوتن تا حدی ژنتیکی است. مقدار قند مالتوز نیز با ارزش نانوایی مرتبط است هر چه درصد دانه‌های جوانه‌زده روی خوشه گندم بیشتر باشد، مقدار مالتوز نیز بیشتر خواهد بود و حجم نان کمتر می شود. لذا نانوایان به خمیر، اسیداسکوربیک اضافه می‌کنند. در عمل می‌توان از روش مستقیم یعنی پخت نان استفاده نمود و تخلخل و حجم نان را بررسی کرد (حدود پنج کیلوگرم گندم نیاز دارد). در روش غیرمستقیم، یعنی تعیین مقدار گلوتن می توان از اندازه‌گیری مقدار پروتئین خام (مقدار ازت) استفاده کرد، چون همبستگی مثبتی بین مقدار پروتئین و مقدار گلوتن وجود دارد و یا اینکه می‌توان از اندازه‌گیری مقدار گلوتن مرطوب استفاده کرد. در این روش قطرات محلول نمک طعام باعث خروج نشاسته شده و گلوتن مرطوب باقی مانده و ثبت می‌شود.

برای بررسی کیفیت گلوتن می‌توان از روش ضریب رسوب[1] استفاده کرد، یعنی آرد با اسیدلاکتیک مخلوط می‌شود و مقدار رسوب و زمان رسوب ثبت می‌گردد. همچنین می‌توان از تعیین مدت تخمیر (روش توپ)[2] نیز استفاده کرد، یعنی مقدار معینی آرد با مخمر تازه نانوایی مخلوط شده و به صورت یک گلوله درمی‌آید و داخل آب گرم قرار می‌گیرد. در اثر تولید گاز CO_2، گلوله خمیر می‌ترکد. زمان قرار دادن گلوله در آب تا ترکیدن آن، با مقدار و کیفیت گلوتن رابطه دارد. برای تعیین کیفیت پروتئین از عدد پلشنکی[3] و آزمایش زلنی[4] استفاده می‌شود که اولی نشان‌دهنده مدت تخمیر و دومی نشان‌دهنده ضریب رسوب می‌باشد. بر اساس مقدار درصد و کیفیت پروتئین، واریته‌ها در سه گروه طبقه‌بندی می‌شوند:

الف) درصد پروتئین زیاد و مدت تخمیر بیش از ۶۰- ۵۰ دقیقه ⟸ ارزش نانوایی نسبتاً قوی و مناسب نان‌های اروپایی

ب) درصد پروتئین متوسط و مدت تخمیر بین ۵۰ - ۲۵ دقیقه ⟸ ارزش نانوایی متوسط و مناسب نان‌های ایرانی

ج) درصد پروتئین کم و مدت تخمیر کمتر از ۲۵ دقیقه ⟸ ارزش نانوایی ضعیف و مناسب شیرینی‌پزی

در تهیه نان‌های ایرانی می‌توان آرد گروه‌های اول و سوم را مخلوط و استفاده نمود.

---

[1] Sedimentation test
[2] Boll method
[3] Pelshenky
[4] Zeleny test

اندازه‌گیری بسط خمیر

مقداری خمیر مرطوب شسته شده، با اسیدلاکتیک مخلوط و به حال خود رها می‌شود تا متورم شود. حجم ایجاد شده در اثر این تورم را می‌توان در یک لوله آزمایش مدرج مشخص نمود.

اندازه‌گیری خواص کیفی خمیر می‌تواند به روش‌های زیر انجام گیرد:

فارینوگراف[1]

در داخل ظرف حاوی خمیر به تدریج آب اضافه می‌گردد و خواصی مانند بسط خمیر، مقاومت خمیر در مقابل به‌هم زدن و قدرت جذب آب توسط خمیر اندازه‌گیری می‌شود.

اکستنسوگراف[2]

مقاومت خمیر در مقابل کشش اندازه‌گیری می‌شود. خمیر حاصل از آرد قوی‌تر، مقاومت بیشتری به کشش از خود نشان می‌دهد.

اکستنسی متر[3]

خمیر به صورت یک صفحه پهن شده و توسط دستگاه، مقاومت آن در مقابل پاره‌شدن اندازه‌گیری می‌شود.

اصولاً هیچ یک از روش‌های فوق همانند آزمایش پخت اطلاعات جامعی در اختیار ما قرار نمی‌دهد. به‌نژادگران بایستی از خواص آسیاب‌کردن و پخت ارقام جدید مطلع باشند و لذا ارقام دارای خواص نامناسب هرگز توزیع نمی‌گردند. در مراحل اولیه نسل‌های در حال تفکیک به دلیل کم بودن بذر، آزمایشات کیفیت انجام نمی‌شود، در حالی‌که در نسل‌های آخر می‌توان با پخت نان (چون بذر زیادی داریم) کیفیت را اندازه‌گیری کرد. البته امروزه با روش‌های جدید از جمله توسعه تکنولوژی غلات می‌توان در نسل‌های اولیه با بذر کم نیز آزمایشات کیفی را انجام داد.

نحوه توارث کیفیت آسیاب کردن و کیفیت پخت کاملاً پیچیده می‌باشد. ضروری است که نحوه توارث اجزای کیفیت هر کدام به تنهایی مشخص گردد و در این میان استفاده از روش جانشین کردن کروموزوم[4] می‌تواند راه‌گشا باشد.

ارزش غذایی[5]

گندم از لحاظ طعم، منبع کالری، پروتئین، ویتامین‌ها و مواد معدنی خاص خودش شناخته شده است. معهذا ارزش غذایی گندم می‌تواند با اصلاح ژنتیکی میزان پروتئین و اسیدهای آمینه آن افزایش یابد. در بین هشت اسیدآمینه ضروری، گندم از لحاظ لایسین فقیر می‌باشد. آزمایشات نشان داده است که میزان پروتئین و لایسین قابلیت اصلاح دارند، مثلاً تنوع پروتئین در آزمایشی بین ۲۲- ۶ درصد بوده است. باید توجه داشت محیط نیز همانند ژنتیک تأثیر زیادی بر پروتئین دارد و لذا تلاش‌های انجام شده برای بهبود میزان پروتئین، دلسرد کننده بوده است. دو رقم که درصد بالایی از پروتئین دارند و مقدار آن ثابت می‌باشد به‌نام‌های NapHal و Atlas-66 معروف شده‌اند. معمولاً کنترل پروتئین در ارقام مختلف با ژن‌های

---

[1] Farinograph
[2] Extensograph
[3] Extensimeter
[4] Chromosome substitution technique
[5] Nutritional value

متفاوتی انجام می‌گیرد. با افزایش پروتئین، مقدار لایسین کاهش می‌یابد (بر اساس درصد پروتئین و نه بر اساس درصد وزن خشک دانه گندم). ارقام بهاره پروتئین بیشتر ولی عملکرد دانه کمتری دارند. اگر پروتئین افزایش یابد، عملکرد کاهش می یابد. اگر عملکرد مدنظر باشد، به‌نژادگر به عملکرد توجه می‌کند و نیاز پروتئینی را به‌وسیله مکمل‌هایی همچون تولیدات دامی جبران می‌کند. در دنیا گندم‌های سخت با پروتئین بالاتر، قیمت بالاتری دارند (که مناسب تولیدات نان هستند). اما پروتئین بالا در پخت کیفی گندم‌های نرم مطلوب می‌باشد. اگر گندمی با پروتئین بالا دارای خواص آسیاب کردن ضعیفی باشد (اگر نتوان آن را برای نان مسطح تافتون به‌کار برد) بایستی آن را برای تغذیه دام استفاده نمود.

فصل دوم

ذرت

(CORN)

مقدمه

ذرت یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی دنیاست که طبق آمار FAO (۱۹۹۳) بعد از گندم و برنج، رتبه سوم را در سطح زیر کشت و تولید احراز کرده است. موارد مهم مصرف ذرت عبارت است از: تعلیف دام[1]، تغذیه بشر[2]، اهداف صنعتی و بذر. از کل ذرت دنیا حدود ۶۷٪ برای تغذیه دام، ۲۵٪ برای تغذیه بشر و اهداف صنعتی به‌کار می‌رود و از مقدار باقی مانده قسمتی به عنوان بذر استفاده می‌شود و بقیه تلف می‌شود. از مصارف صنعتی می‌توان تهیه نشاسته، الکل و مواد چسبنده را نام برد. همچنین ساقه و شاخ و برگ آن در تولید کاغذ و کاغذ دیواری کاربرد دارد. از چوب بلال، پیپ درست می‌کنند. از نظر میزان تولید، آمریکا مقام نخست و چین و برزیل مقام‌های دوم و سوم را دارا هستند.

مبدأ ذرت

ذرت بومی آمریکاست. مبدأ ذرت یا ارتفاعات پرو، اکوادور و بولیوی است یا جنوب مکزیک و آمریکای جنوبی. از نظر ژنتیکی نیز تقریباً پذیرفته شده است که منشأ ژنتیکی ذرت، Teosinte یعنی نزدیکترین خویشاوندان ذرت است. تئوسینت بومی مکزیک و گواتمالا است و در شرایط بومی می‌تواند به صورت وحشی در مزارع ذرت یافت شود. اشکال یک‌ساله وحشی تئوسینت دارای تعداد کروموزوم‌های برابر با ذرت ($2n=2x=20$) هستند و به سادگی با ذرت تلاقی می‌یابند و هیبرید بارور تولید می‌کنند. تئوسینت مانند ذرت گیاهی است یک‌پایه با گل‌های نر و ماده‌ای که در گل‌آذین‌های جداگانه تولید می‌شوند، اما گل‌آذین‌های ماده آن مشتمل بر ۱۲- ۶ دانه مثلثی‌شکل و فلس‌مانند هستند. بذور تئوسینت به هنگام رسیدگی از هم جدا شده و ریزش می‌کنند و وسیله طبیعی پراکنده شدن بذور را فراهم می‌آورند. یکی دیگر از خویشاوندان ذرت جنس (*Tripsacum*) است که گونه‌های متعددی دارد و از نظر ظاهری شباهت‌های زیادی به ذرت معمولی دارد. بعضی از این گونه‌ها دیپلوئید ($2n=2x=36$) و برخی تتراپلوئید ($2n=4x=72$) می‌باشند. نُتاج حاصل از تلاقی *Tripsacum* و ذرت معمولی عقیم است، ولی توانسته‌اند ژن‌های مفیدی را از آن به ذرت معمولی انتقال دهند. تکامل ذرت اصولاً در اثر جهش و دورگ‌گیری بوده است و پلی پلوئیدی نقشی در این زمینه نداشته است.

---

[1] Feed
[2] Food

نژادهای ذرت

در گونه *mayz* تنوع زیادی وجود دارد. تا به حال بهترین تقسیم‌بندی که در این گونه انجام شده است تقسیم‌بندی بر مبنای شکل و جنس دانه بوده است.

۱- ذرت دندان‌اسبی[1]

قسمت عمده ذرت مورد کشت دنیا از این نوع است. دانه‌های آن از لحاظ سختی، بافت متوسطی دارند. در این ذرت در زمان رسیدگی یک فرورفتگی در قسمت تاج دانه‌ها به‌وجود می‌آید که بدین لحاظ به آن دندان‌اسبی می‌گویند. علت ایجاد فرورفتگی این است که دانه ذرت، در طرفین، اندوسپرم سختی دارد ولی در قسمت تاج، ملکول‌های اندوسپرم فشرده نشده‌اند و بافت نرمی ایجاد شده است. این بافت به هنگام خشک شدن، آب بیشتری از دست می‌دهد و در نتیجه یک فرورفتگی در قسمت تاج ایجاد می‌گردد. بنابراین می‌توان گفت، فرورفتگی تاج دانه در این نژاد به علت اختلاف در سختی قسمت‌های مختلف باعث اندوسپرم دانه است. صفت دندان‌اسبی بودن یک صفت کمّی است.

۲- ذرت شاخی (شیشه‌ای- سخت)[2]

این ذرت به جز در نواحی اطراف جنین، اندوسپرم سختی دارد. در نتیجه دانه‌های آن فرورفتگی ندارند و به صورت گرد و برآمده می‌باشند. از آنجایی‌که دانه‌های این ذرت بافت خیلی سختی دارند، خردکردن و آردکردن آنها مشکل است و برای استفاده در تغذیه دام‌ها نیز باید خرد شوند. ذرت‌های سخت، حاصل یک ژن غالب Y می‌باشد که رنگ زرد اندوسپرم را در آنها تولید می‌کند. این ژن در اندوسپرم ذرت، ترکیب شیمیایی خاصی به‌وجود می‌آورد که به سهولت به ویتامین A تبدیل می‌شود و در نتیجه ارزش غذایی این نوع ذرت را بالا می‌برد. قدرت جوانه‌زنی این ذرت‌ها زیاد است، بنابراین در محیط‌های سرد می‌توانند زودتر جوانه زده و برسند و در نتیجه از حمله پاتوژن‌ها در امان باشند. دانه‌های این ذرت از شیرینی کمی برخوردار هستند. شاخی بودن ذرت نیز یک صفت کمّی است.

۳- ذرت شیرین (قندی)[3]

این صفت را یک ژن مغلوب کنترل می‌کند که در حالت هموزیگوسی مغلوب این ژن، ذرت شیرین می‌شود. این ذرت‌ها ماده قندی و نیز خاصیت پنجه‌دهی بیشتری دارند. دانه‌های این نژاد، در موقع رسیدن آب زیادی از دست داده و تمام سطح دانه چروکیده می‌شود. دانه‌های آن کوچکتر از ذرت دندان‌اسبی است و چروکیدگی دانه‌ها عامل شناسایی آن از ذرت‌های دیگر است.

---

[1] Dent corn
[2] Flint corn
[3] Sweet corn

۴- ذرت بوداده[1]

دانه‌های این ذرت در موقع حرارت دیدن می‌ترکند به این علت به آن pop corn می‌گویند. ذرت بوداده دارای بافت شیشه ای و اندوسپرم سخت بوده و پریکارپ ضخیمی دارند. به هنگام حرارت دیدن، این بافت متراکم در مقابل فشار بخار آب مقاومت می‌کنند تا جایی که به حد انفجار می‌رسد و می‌ترکد. این ذرت به مصرف انسان می‌رسد. شکل دانه‌ها در این نژاد دو گونه است:

۱) حالت مرواریدی (نوک گرد)

۲) حالت برنجی (نوک تیز).

از لحاظ ژنتیکی حالت بو دادگی یک صفت کمّی است.

۵- ذرت آردی[2]

در این نژاد ذرت کل بافت اندوسپرم، نرم می‌باشد و فرورفتگی تاج دانه کم است. کربوهیدرات اندوسپرم اینگونه ذرت‌ها تحت تأثیر یک ژن مغلوب *fl* قرار دارد که سبب ایجاد نشاسته نرم زیاد در دانه می‌گردد. ذرت آردی فاقد ارزش تجاری است و تنها در نشاسته‌سازی، صنایع چسب و شیرینی‌پزی مورد مصرف قرار می‌گیرد. ضمناً این نوع ذرت در مقابل آفات و امراض مقاومت کمی دارد.

۶- ذرت گلوم‌دار[3]

در این نوع ذرت، گلوم روی دانه را می‌پوشاند. این ذرت در مطالعه منشأ ذرت‌های امروزی حائز اهمیت می‌باشد. گلوم‌دار بودن توسط ژن غالب *Tu* کنترل می‌شود. البته این صفت، صفت مطلوبی نیست.

۷- ذرت مومی[4]

این ذرت دارای اندوسپرم تیره و نرمی است. اندوسپرم دانه حاوی نشاسته مومی است که دارای خاصیت چسبندگی است. در ذرت مومی در اثر وجود ژن مغلوب *wx*، عمده مواد نشاسته‌ای به آمیلوپکتین تبدیل شده است. در حالی‌که ذرت معمولی دارای ۷۸٪ آمیلوپکتین و ۲۲٪ آمیلوز است.

ژنتیک ذرت

در مورد ژنتیک ذرت مطالعات زیادی صورت گرفته است و ژن‌های متعددی بر روی کروموزوم‌های آن شناسایی شده‌اند. علت انجام مطالعات زیاد بر روی ذرت به قرار زیر است :

---

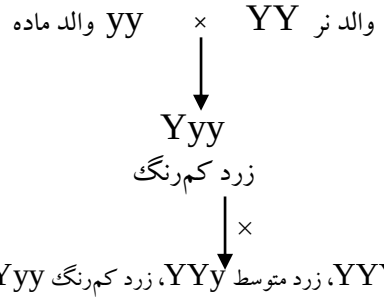
[1] Pop corn
[2] Floury corn
[3] Pod corn
[4] Waxy corn

۱) ذرت از نظر اقتصادی در دنیا بعد از گندم و برنج مقام سوم را دارا می‌باشد.
۲) ذرت گیاهی است که در بیشتر دنیا می‌روید.
۳) به علت یک‌پایه بودن (جدابودن گل آذین نر و ماده)، سهولت اخته‌کردن و تولید گرده فراوان، امکان انجام خودگرده‌افشانی و دگرگرده‌افشانی در آن وجود دارد.
۴) به علت تولید بذر زیاد در ذرت (یک بلال حداکثر حدود ۱۰۰۰ و به‌طور متوسط حدود ۵۰۰ عدد بذر دارد)، بررسی صفات و ارزیابی نُتاج بهتر انجام می‌گیرد.
۵) ذرت با داشتن صفات کیفی زیاد، منبع خوبی برای مطالعه اینگونه صفات می‌باشد (مثل پاکوتاهی، رنگ برگ و غیره)
۶) در ذرت با استفاده از اینبردینگ یا مواد موتاژن‌زا می‌توان آلل‌های مغلوب زیادی را شناسایی نمود.
۷) ذرت گیاهی دیپلوئید بوده و تعداد کروموزوم‌هایش کم است ($2n=2x=20$)، در نتیجه تفرق صفات در این گیاه به راحتی قابل مطالعه است.
۸) به علت طول زیاد کروموزوم‌های ذرت و نقاط مشخص روی آنها، شناسایی کروموزوم‌ها به راحتی صورت می‌گیرد و کار مطالعه راحت‌تر است.

مطالعات ژنتیکی در ذرت سهم عمده‌ای در افزایش دانش بشر از ژن‌ها، کنش ژن، فرایند جهش، هتروزیس و تئوری ژنتیک کمّی داشته است. در زادآوری ذرت، که یک گیاه دگرگرده‌افشان می‌باشد، نسبت به زادآوری در گیاهان خودگرده‌افشان، ژنتیک کمّی نقش مهم‌تری ایفا می‌کند. سیستم اصلاح ذرت هیبرید که از یک مطالعه ژنتیکی منشأ گرفت، رویدادی است که بررسی‌های ژنتیکی بعدی را در گونه‌های ذرت سبب گردید. علاوه بر بالا بودن تنوع طبیعی در این گونه‌ها، اشکال جهش‌یافته جدیدی توسط اشعه و مواد شیمیایی جهش‌زا به سهولت ایجاد می‌شوند. نقشه ژنتیکی ژنوم ذرت کامل‌تر از تمام گونه‌های گیاهی دیگر است. بیش از ۱۰۰۰ مکان ژنی در ذرت شناسایی شده‌اند و موقعیت بیش از نیمی از این مکان‌ها در نقشه‌های لینکاژی ده کروموزوم ذرت شناسایی شده است.

پدیده گزنیا[1] نیز در ذرت قابل مشاهده است. اصطلاح گزنیا یعنی اثر فوری دانه گرده بر خصوصیات اندوسپرم. در ذرت یک مکان ژنی به نام Y وجود دارد که در این مکان ژنی، آلل غالب عامل زردی و آلل مغلوب عامل سفیدی اندوسپرم می‌باشد. زمانی که یک ذرت دانه سفید را به عنوان والد ماده با یک ذرت دانه زرد به عنوان والد نر تلاقی می‌دهیم بذری که روی پایه مادری تشکیل می‌شود دارای اندوسپرم زرد کم‌رنگ خواهد بود و این پدیده در همان سال انجام تلاقی قابل رؤیت خواهد بود.

[1] Xenia



علاوه بر زردبودن انـدوسپرم در مقابل سفیدبودن آن، خصوصیات دیگـری از اندوسپرم نیز پدیده گـزنیا را نشان می‌دهند که عبارتند از ارغوانی یا سفیدبودن لایه آلرون، نشاسته‌ای یا قندی‌بودن اندوسپرم، چروکیده یا غیرچروکیده‌بودن اندوسپرم و مومی یا غیرمومی‌بودن اندوسپرم.

گیاهشناسی ذرت

ذرت گیاهی است یک پایه[1] و به این علت، سیستم دگرگرده افشانی دارد (۹۵٪ از دانه‌های ذرت حاصل از دگرباروری و ۵٪ آنها ناشی از خودباروری می‌باشند).

ساختمان گل‌آذین نر

گل‌آذین نر ذرت، یک خوشه مرکب یا پانیکول است که در انتهای بوته تشکیل می‌گردد و دارای یک محور وسطی بزرگ و چندین محور فرعی می‌باشد که روی این محورها سنبلچه‌های نر قرار می‌گیرند. سنبلچه‌ها معمولاً به صورت دوتایی ظاهر می‌شوند، یکی دارای پایه و دیگری فاقد پایه.

هر سنبلچه دارای دو تا گلچه است و توسط دو تا گلوم احاطه می‌شود. هر گلچه دارای ۳ پرچم بوده و توسط دو پوشینک (لما و پالئا) پوشیده می‌شود. هر گل‌آذین نر می‌تواند حدود ۲۵- ۲/۵ میلیون دانه گرده تولید کند.

ساختمان گل‌آذین ماده

بلال اولیه معمولاً از بند پنجم یا ششم زیر برگ پرچم ظاهر می‌شود. از بندهای زیر بلال اولیه هم ممکن است تعدادی بلال ظاهر شود. اولین بلال نزدیک به گل‌آذین نر، بلال اصلی است و مواد غذایی گیاه در درجه اول صرف این بلال می‌گردد.

گل‌آذین ماده، سنبله مرکب است. سنبلچه‌ها بدون پایه به چوب بلال متصل هستند. اصولاً سنبلچه‌ها به صورت دوتایی ظاهـر می‌شوند و هر یک دارای دو تا گلچـه هستند که معمولاً یکی از آنها بارور می‌شود. بدین جهت ردیف‌های بلال معمولاً زوج هستند. بعضی مواقع در ذرت شیرین هر دو گلچه بارور می‌شوند که این امر باعث برهم‌خوردن نظم

[1] Monoecious

ردیف‌های بلال می‌گردد. روی هر بلال ذرت بسته به ژنوتیپ حدود ۱۰۰۰- ۵۰۰ تخمدان بالقوه وجود دارد. هر تخمدان به یک رشته ابـریشمی متصل می‌شود که هم نقش کلالـه و هم نقش خامـه را ایفا می‌کند. زیرا این رشته علاوه بر انتقال دانه گرده به تخمدان در تمام طول خود دارای کرک‌هایی است و در هر قسمت که دانه‌گرده روی آن بیفتد جذب شده و تندش پیدا می‌کند. در هـر رشته ابریشمی چندین لوله گـرده می‌توانند تندش کنند، ولی عمل تلقیح را فقط یکی از آنها انجام می‌دهد.

گرده‌افشانی و کلاله‌دهی

گرده‌افشانی در ذرت معمولاً ۳- ۲ روز بعد از ظهور گل‌آذین نر صورت می‌گیرد. اما در برخی از ژنوتیپ‌ها، در حین بیرون آمدن گل‌آذین نر نیز گرده‌افشانی انجام‌پذیر می‌باشد. بیشترین مقدار گرده‌افشانی در حوالی ساعت ۹ تا ۱۱ صبح صـورت می‌گیـرد. بارندگی باعث قطع گـرده‌افشانی می‌گردد. گرما نیز طول مدت گرده‌افشانی را کاهش می‌دهد.

گرده‌افشانی معمولاً از قسمت‌های وسطی محور اصلی شروع می‌شود و به ابتدا و انتهای آن و نیز محورهای فرعی گسترش می‌یابد. معمولاً محورهای فرعی پایین، آخرین قسمت‌هایی هستند که گرده‌افشانی را شروع می‌کنند. طول عمر دانه‌گرده ذرت زیاد نیست و در شرایط طبیعی مطلوب ۸- ۶ ساعت زنده می‌ماند و در هوای گرم در عرض ۶- ۵ دقیقه از بین می‌روند. ولی در شرایط دمایی ۳ درجه سانتی‌گراد، تا ۱۰ روز هم می‌تواند زنده بماند. معمولاً دانه‌گرده ذرت را نگهداری نمی‌کنند و اغلب از گرده آماده استفاده می‌نمایند. دمای بیش از ۳۵ درجه سانتی‌گراد معمولاً سبب کشته شدن دانه گرده می‌گردد.

باروری معمولاً ۲۴- ۱۲ ساعت بعد از نشستن دانه گرده در روی رشته ابریشمی انجام می‌پذیرد. در زمان گرده‌افشانی، قسمت اعظم دانه‌های گرده هر بوته در حوالی ۵- ۱/۵ متری آن می‌ریزد. در صورت وجود باد، دانه‌گرده ذرت می‌تواند تا حدود ۱۰۰ متر نیز پخش گردد. پس در مواقع ایزولاسیون باید فاصله لازم از مزارع همجوار در نظر گرفته شود و حتی به هنگام ازدیاد بذر، فاصله یک کیلومتر هم ضروری است. برای کاهش فاصله ایزولاسیون، در اطراف مزارع چندین ردیف ذرت به‌طور متراکم کاشته می‌شود (حاشیه) تا ارتفاع این ذرت‌ها به علت رقابت بیشتر شده و دانه‌های گرده بیگانه را جذب کنند و مانع رسیدن آنها به بوته‌های موجود در مزرعه گردند. شروع گرده‌افشانی اصولاً ۳- ۲ روز قبل از کلاله‌دهی است (بدین علت ذرت جزو گیاهان پروتاندر است). معمولاً در شرایط عادی، گرده‌افشانی حدود یک هفته طول می‌کشد و بنابراین حدود ۵- ۴ روز مطابقت وجود دارد. در مواقع تنش‌های محیطی (مانند کم‌آبی و گرما) گرده‌افشانی خیلی زودتر از کلاله‌دهی صورت گرفته و باروری انجام نخواهد شد. از آنجایی‌که تارهای ابریشمی قسمت‌های پایین بلال زودتر ظاهر شده و طول درازتری دارند، اگر طول مدت مطابقت گرده‌افشانی و کلاله‌دهی کم باشد، تنها در قسمت‌های پایینی بلال دانه‌های پر ایجاد خواهند شد. بدین جهت سعی می‌شود که در ذرت‌های اصلاحی فاصله گرده‌افشانی و کلاله‌دهی کم باشد تا میزان محصول بیشتر گـردد. البته خالی ماندن قسمت‌های بالایی بلال می‌تواند در اثر کمبود مواد غذایی نیز باشد

گاهی اوقات، قسمت‌های خالی به‌طور پراکنده ایجاد می‌گردند که این حالت ممکن است در اثر از بین رفتن دانه‌گرده در اثر گرما باشد.

هیبریداسیون مصنوعی

ذرت در حالت عادی آزادگرده‌افشان می‌باشد. بنابراین برای انجام تلاقی مورد نظر بایستی گرده‌افشانی را کنترل نمود. کنترل گرده‌افشانی روی هر دو اندام نر و ماده صورت می‌گیرد.

کنترل والد ماده

اندام ماده را قبل از بیرون آمدن رشته‌های ابریشمی، یعنی وقتی که اندام ماده از حالت برگی به حالت گوشتی در آمد، بوسیله پاکت‌های سلوفان می‌پوشانند. این پاکت‌ها در مقابل رطوبت زیاد و عوامل دیگر، مقاوم بوده و با کاربرد آنها ظهور ابریشم‌ها نیز قابل رؤیت خواهد بود. این پاکت‌ها تا ظهور رشته‌های ابریشمی روی گل‌آذین ماده باقی می‌مانند و هر روز صبح باید آنها را کنترل نمود. اگر در موقع ظهور رشته‌های ابریشمی مشاهده گردد که پاکت بلال مورد نظر، افتاده است در صورتی که تعداد بوته‌ها زیاد باشد آن بوته را حذف می‌کنند. ولی اگر تعداد بوته‌ها کم باشد، فقط بلال بالایی را حذف می‌نمایند و اگر رشته‌های ابریشمی بلال پایین‌تر ظاهر نشده باشند روی آن را می‌پوشانند. پس از ظهور رشته‌های ابریشمی و یک روز قبل از انجام گرده‌افشانی، انتهای رشته‌های ابریشمی را حدود ۲ سانتی‌متر قطع می‌کنند تا همه رشته‌ها سطح یکنواختی داشته باشند و عمل گرده‌افشانی به راحتی انجام گیرد. پس از این کار دوباره بلال را با پاکت می‌پوشانند و روی پاکت علامت (×) می‌گذارند، با دیدن این علامت در روز بعد متوجه می‌شوند که گل‌آذین ماده آماده تلقیح می‌باشد.

آماده‌سازی والد نر

والد نر بلافاصله بعد از شروع گرده‌افشانی در محور اصلی و ظهور بساک‌ها می‌تواند آماده شود. یک روز قبل از تلاقی، گل‌آذین نر را بوسیله پاکت معمولی می‌پوشانند و روی پاکت تاریخ گرده‌افشانی برای روز بعد نوشته می‌شود. علت پوشاندن گل‌آذین نر یک روز قبل از گرده‌افشانی اینست که دانه‌گرده بیگانه‌ای روی آن ننشیند و اگر نشسته باشد در این فاصله یک روز از بین برود.

انجام تلاقی

در روز انجام تلاقی، جمع‌آوری دانه‌گرده در حوالی ساعت ۱۱- ۹ صبح انجام می‌گیرد. بدین ترتیب که گل‌آذین نر داری پاکت را خم کرده و آن را تکان می‌دهند تا گرده به مقدار کافی در داخل پاکت جمع شود. سپس پاکت سلوفان روی والد ماده را برداشته و بلافاصله دانه‌های گرده موجود در داخل پاکت را روی گل‌آذین ماده ریخته و دوباره روی بلال را با پاکت معمولی می‌پوشانند. در صورتی که دانه‌گرده موجود در پاکت فقط برای تلقیح یک بلال در نظر گرفته شده باشد،

بلال توسط همان پاکت پوشانده می‌شود. این پاکت‌ها به هنگام برداشت شاخص دورگ‌گیری مصنوعی خواهند بود. ضمناً هر ردیفی که گرده‌افشانی یا تلقیح آن تمام شد، در روی اولین بوته آن ردیف علامتی با کاغذ نصب می‌شود که نشانه تمام شدن کار آن ردیف باشد. معمولاً قبل از شروع عملیات کنترل گل‌آذین، به اولین بوته هر ردیف اتیکتی که نشان‌دهنده مشخصات آن ردیف باشد، نصب می‌گردد. روی این اتیکت‌ها مشخصاتی از قبیل شماره ردیف (در بالای اتیکت) و گاهاً اسم ژنوتیپ و از همه مهم‌تر نوع تلاقی قید می‌گردد.

روش‌های اصلاحی ذرت:

ذرت گیاهی است دگرگرده‌افشان و بدین علت در یک توده بومی ذرت، افراد هتروزیگوس هستند و در سیستم تکاملی ذرت افراد همیشه یک حالت هتروزیگوس داشته‌اند و اثر آلل‌های نامطلوب مغلوب توسط آلل‌های غالب پوشیده شده است.

در رابطه با صفات کمّی، در صورتی که افراد خودبارور شوند در برخی از مکان‌های ژنی در نُتاج حاصل آلل‌های مغلوب به صورت هموزیگوس ظاهر خواهند شد و در نتیجه ارزش نُتاج کاهش خواهد یافت. به‌طورکلی اینبردینگ، روی قدرت باروری و قدرت عمومی تأثیر منفی دارد که به آن پسروی اینبردینگ[1] گویند. در صفات کیفی نیز اینبردینگ باعث بروز صفات کیفی نامطلوب می‌شود.

عمدتاً روش‌های گزینش دوره‌ای از سه جنبه با هم اختلاف دارند.

الف) واحد گزینش[2]

ژنوتیپ یا خانواده یا واحدی که گزینش بر مبنای آن صورت می‌گیرد، واحد گزینش می‌گویند.

ب) واحد ترکیب[3]

ژنوتیپ‌هایی که با هم ترکیب شده و نسل بعد را بوجود می‌آورند به واحد ترکیب موسومند.

ج) کنترل والدین:

منظور از کنترل والدین اینست که آیا والدین گیاهان انتخاب شده از نظر گرده‌افشانی کنترل می‌شوند یا نه. مسلماً اگر هر دو والد از نظر گرده‌افشانی کنترل شوند کارآیی روش اصلاحی بیشتر می‌شود.

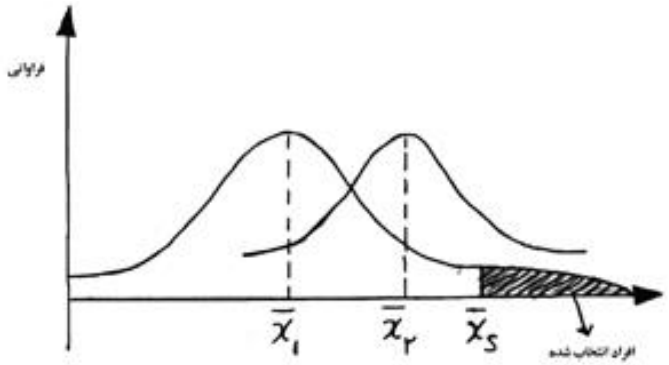
بازده ژنتیکی[4]، پیشبرد ژنتیکی[5]، بهبود ژنتیکی[6]، پاسخ[7]

قبل از انجام هر گزینشی باید پیش‌بینی نمود که جمعیت حاصل از گزینش در رابطه با صفت گزینشی ارزش بالایی نسبت به جمعیت قبل خواهد داشت. به عبارت دیگر جمعیت اولیه به گزینش پاسخ خواهد داد. در صورتیکه پاسخ به گزینش

---

[1] Inbreeding depression
[2] Selection unit
[3] Recombination unit
[4] Genetic gain
[5] Genetic advance
[6] Genetic Improvement
[7] Response

وجود نداشته باشد، انجام گزینش بیهوده خواهد بود. افراد برتر انتخاب شده از جامعه‌ای با میانگین $\overline{X_1}$ دارای میانگین $\overline{X_s}$ خواهند بود، اگر این افراد برتر را در نسل بعد بکاریم، دارای میانگین $\overline{X_2}$ خواهند بود، $\overline{X}_2 - \overline{X}_1$ مقدار پاسخ انتخاب جمعیت اول است و جمعیت به میزان $\overline{X}_2 - \overline{X}_1$ بهبود پیدا کرده است. پس ما باید پیش‌بینی کنیم که قبل از تلاقی چقدر بهبود خواهیم داشت.



میانگین افراد جامعه اول = $\overline{X_1}$

میانگین افراد جامعه دوم = $\overline{X_2}$

میانگین افراد انتخاب شده از جامعه اول = $\overline{X_S}$

$\overline{X_s} - \overline{X_1} = DI'$ دیفرانسیل گزینشی $\overline{X_2} - \overline{X_1} = R$

میزان بازده ژنتیکی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

K ضریب ثابت و C کنترل والدین $G_c = \dfrac{Kc\sigma^2_A}{y\sqrt{\sigma^2_P}}$

K با استفاده از جدول خاص بسته به شدت گزینش تعیین می‌گردد.

C ضریب کنترل والدین است. اگر یک والد کنترل شود $C = \dfrac{1}{2}$ و اگر هر دو والد کنترل شوند و واحد گزینش مساوی واحد ترکیب باشد C=۱ خواهد بود و اگر هردو والد کنترل شوند ولی واحد ترکیب مساوی واحد گزینش نباشد، C=۲ خواهد بود.

Y تعداد سال یا تعداد فصل که گزینش طول می‌کشد.

σ^2_A = واریانس افزایشی

σ^2_P = واریانس فنوتیپی

هر چه واریانس افزایشی بیشتر باشد، گزینش بهتر انجام می‌شود.

گزینش‌های دوره‌ای چندین نسل ادامه می‌یابند تا جایی که پاسخ به گزینش وجود نداشته باشد، در این حالت است که سیکل گزینشی دیگر انجام نمی‌شود.

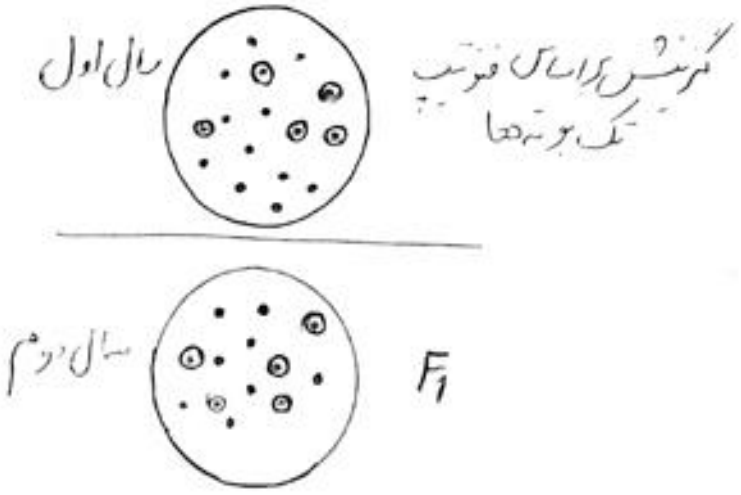
یکی دیگر از دلایل محاسبه بازده ژنتیکی انتخاب بهترین روش برای اصلاح جمعیت مورد نظر و پیش بینی پاسخ است.

روش‌های اصلاحی درون جمعیتی[1]

در این روش‌ها یک جمعیت به تنهایی مورد اصلاح قرار می‌گیرد این روش‌ها عبارتند از:

گزینش توده‌ای

گزینش توده‌ای قدیمی‌ترین و ساده‌ترین روش اصلاحی است. کشاورزان قبل از ابداع روش‌های اصلاحی، عمل گزینش را با این روش انجام می‌دادند. اساس انتخاب توده‌ای، گزینش تک‌بوته‌ها از جمعیت است. در این روش آزمون بوته انجام نمی‌شود و گزینش بر مبنای فنوتیپ انجام می‌شود. بنابراین این روش در مورد صفاتی مؤثر است که وراثت‌پذیری بالایی داشته باشند و محیط نقش زیادی در وراثت‌پذیری آنها نداشته باشد، مانند زمان رسیدگی، مقاومت به پاتوژن و بسیاری از تنش‌های محیطی و ... .



در این روش از جمعیت اولیه تعدادی فرد بر حسب فنوتیپ موردنظر انتخاب می‌شوند. پس از برداشت، بذور بوته‌های انتخابی با هم مخلوط می‌شوند و بذور اصلاح‌شده را تشکیل می‌دهند. با کاشت این بذور در سال بعد، گزینش می‌تواند در سال بعد انجام گیرد.

چون گزینش بر اساس فنوتیپ است باید صفاتی را اصلاح کنیم که وراثت‌پذیری بالایی داشته باشند. از آنجائی‌که در این روش، گزینش بر مبنای فنوتیپ انجام می‌گیرد، صفاتی مانند عملکرد را نمی‌توان با این روش اصلاح نمود، زیرا در

[1] Intra-population improvement

این صفات که وراثت‌پذیری پائینی دارند، فنوتیپ بیانگر ژنوتیپ نیست. عیب عمده دیگر این روش این است که چون گرده‌افشانی کنترل نمی‌شود، بوته‌های انتخابی با بوته‌های نامطلوب تلاقی می‌یابند و بذور برداشت شده از بوته‌های انتخابی در حقیقت نتیجه این تلاقی‌های ناخواسته هستند. *پس در گزینش توده‌ای هم واحد گزینش و هم واحد ترکیب تک‌بوته می‌باشد و کنترل والدین کامل انجام نمی‌شود. هر دوره این گزینش یک سال طول می‌کشد.*

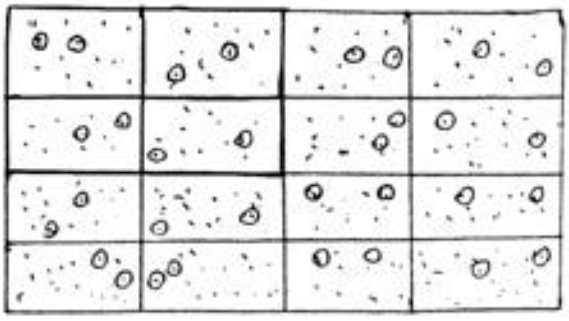
$$G_c = \frac{K\frac{1}{2}\sigma_A^2}{\sqrt{\sigma_P^2}} = \frac{K\sigma_A^2}{2\sqrt{\sigma_P^2}}$$

معایب گزینش توده‌ای

۱) صفات کمی را نمی‌توان اصلاح کرد (گزینش فنوتیپی)

۲) کنترل والدین کامل انجام نمی‌شود.

برای برطرف‌کردن عیوب گزینش توده‌ای از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود. برای کاهش اثر تنوع محیطی، گاردنر در سال ۱۹۶۱ روشی را پیشنهاد کرده است که به نام "گزینش توده‌ای شبکه‌ای[1]" معروف است این روش مشابه گزینش توده‌ای می‌باشد، با این تفاوت که بذور با فاصله‌های منظم کاشته می‌شوند و قبل از زمان گزینش، قطعه زمین مورد استفاده به قطعات کوچکی تقسیم می‌شود، به گونه‌ای که تمام قطعات دارای تعداد بوته‌های یکسان باشند. سپس از تمام قطعات تعداد بوته مساوی انتخاب می‌شود، بذور بوته‌های گزینش یافته، با هم مخلوط شده و در سال بعد جمعیت نسل بعد را تشکیل می‌دهند. از آنجایی که شرایط داخل هر قطعه، تقریباً یکنواخت می‌باشد، اثر محیط تا حدودی زیادی کنترل می‌شود. یعنی اختلاف بین بوته‌های هر قطعه بیشتر ژنتیکی می‌باشد. گاردنر با استفاده از این روش توانسته است عملکرد ذرت را افزایش دهد. بنابراین عیب اول تاحدودی مرتفع گردید.



[1] Gridding mass selection

برای برطرف کردن عیب دوم گزینش توده‌ای باید صفت مورد ارزیابی قبل از گرده‌افشانی قابل تشخیص باشد و بتوان بوته‌ها را قبل از گرده‌افشانی مورد ارزیابی قرار داد، مثل استحکام دانه و مقاومت به زنگ. در این روش بوته‌های نامطلوب قبل از گرده‌افشانی شناسایی شده و از جمعیت حذف می‌شوند. بدین صورت تلاقی بین بوته‌های مطلوب انجام خواهد شد. این روش به نام گزینش دوره‌ای فنوتیپی[1] معروف است. به این روش گزینش توده‌ای منفی (به علت حذف بوته‌های نامطلوب) نیز می‌گویند. *هر دوره این روش یک سال طول می‌کشد. واحد گزینش و واحد ترکیب تک‌بوته است و کنترل والدین کامل انجام می‌شود.* این روش در کنترل صفاتی انجام می‌شود که وراثت‌پذیری بالایی دارند مثل مقاومت به آفات و بیماری‌ها.

$$G_c = \frac{K\sigma^2_A}{\sqrt{\sigma^2_P}}$$

میزان پاسخ تخمینی در این روش دو برابر پاسخ تخمینی در گزینش توده‌ای است چون در گزینش توده‌ای یک والد و در گزینش توده‌ای فنوتیپی دو والد کنترل می‌شود و جمعیت دو بار پاسخ خواهد داد.

$$G = \frac{KC\sigma^2 A}{y\sqrt{\sigma^2 P}}$$

گزینش توده‌ای $C = \frac{1}{2}$ گزینش توده‌ای فنوتیپی $C = 1$

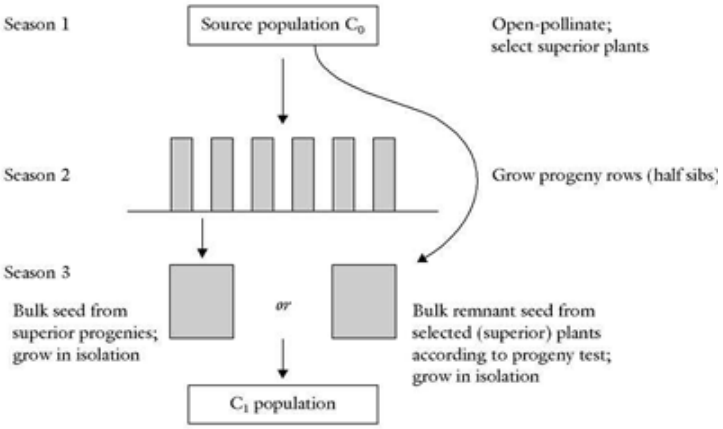
۲- گزینش برادر- خواهران ناتنی (گزینش نیمه تنی)[2]

الف) روش بلال به ردیف[3]

ابتدایی‌ترین شکل گزینش برادر- خواهران ناتنی، گزینش بلال به ردیف بوده است که در سال ۱۸۹۹ توسط یک شیمی‌دان آمریکایی با نام *C.G.Hopkines* به عنوان روشی برای اصلاح ترکیب شیمیایی ذرت توضیح داده شد. این آمریکایی فردی است که از سال ۱۸۹۶ تحقیقاتی در رابطه با ترکیب‌پذیری ذرت آغاز نمود که هنوز هم در حال انجام است. در این روش، جمعیت در سال اول کشت می‌گردد و بر اساس صفات ظاهری از قبیل ارتفاع ساقه، خوش‌فرمی بوته، مقاومت به آفات و پاتوژن‌ها و مقاومت به ورس تعدادی بوته انتخاب و بذور آنها به طور جداگانه برداشت شده و در سال دوم در ردیف‌های جداگانه کاشته می‌شود. در این سال میانگین ردیف‌ها بر اساس صفت مورد نظر با هم مقایسه شده و در نهایت بذور بهترین ردیف‌ها در سال سوم به صورت مخلوط کاشته می‌شود تا دوره گزینشی بعد، از جمعیت حاصل آغاز گردد در این روش ردیف‌ها نسبت به هم ناتنی هستند زیرا والد نر آنها جمعیت بوده و برای همه یکسان است ولی والد ماده متفاوت می‌باشد.

---

[1] Phenotypic recurrent selection
[2] Half-sib selection
[3] Ear-to-row



مجموعه گرده جمعیت را به عنوان والد نر در نظر گرفته و به این علت ناتنی هستند که والد ماده متفاوت است. *واحد گزینش خانواده‌های ناتنی (خطوط) و واحد ترکیب هم خانواده‌های ناتنی است، کنترل والدین ناقص است و دو سال طول می‌کشد.*

$$G = \frac{K\sigma^2 A}{4\sqrt{\sigma^2 P}}$$

از این روش بیشتر برای افزایش یا کاهش درصد پروتئین و روغن به منظور انجام مطالعات ژنتیکی استفاده شده است. بعدها پیشنهاد گردید برای اینکه هر دو والد کنترل گردند، بذور بوته‌های انتخابی در سال اول دو قسمت می‌شود، یک قسمت در انبار نگهداری شده و قسمت دیگر آنها در سال دوم در ردیف‌های جداگانه کاشته می‌شوند و مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. در نهایت با توجه به این آزمون نتاج، بهترین بوته‌ها شناسایی شده و بذور باقی مانده این بوته‌ها از انبار برداشته شده و به صورت مخلوط برای آغاز دوره گزینشی بعد کاشته می‌شود. چون *کنترل والدین کامل صورت می‌گیرد* تلاقی بوته‌های نامطلوب با خطوط انتخاب شده نیز حذف خواهد شد. در روش بلال به ردیف آزمون نتاج وجود دارد و در نتیجه اثر عوامل محیطی از عوامل ژنتیکی جدا شده و گزینش بر اساس ژنوتیپ خواهد بود زیرا $\overline{P} = \overline{G}$ است.

تمرین: فرمول بازده ژنتیکی را برای این حالت بنویسید.

ب) روش بلال به ردیف تغییر شکل یافته[1]

چنانچه گفته شد روش بلال به ردیف در یک محل و طی یک سال انجام می‌شود بنابراین آزمون نتاج با اینکه می‌تواند اثر محیط را از ژنوتیپ جدا سازد، ولی قادر نیست اثر متقابل ژنوتیپ و محیط را از ژنوتیپ تفکیک نماید و در نتیجه مقداری از تفاوت موجود بین ردیف‌ها ناشی از اثر متقابل ژنوتیپ با محیط می‌باشد.

[1] Modified ear-to-row selection

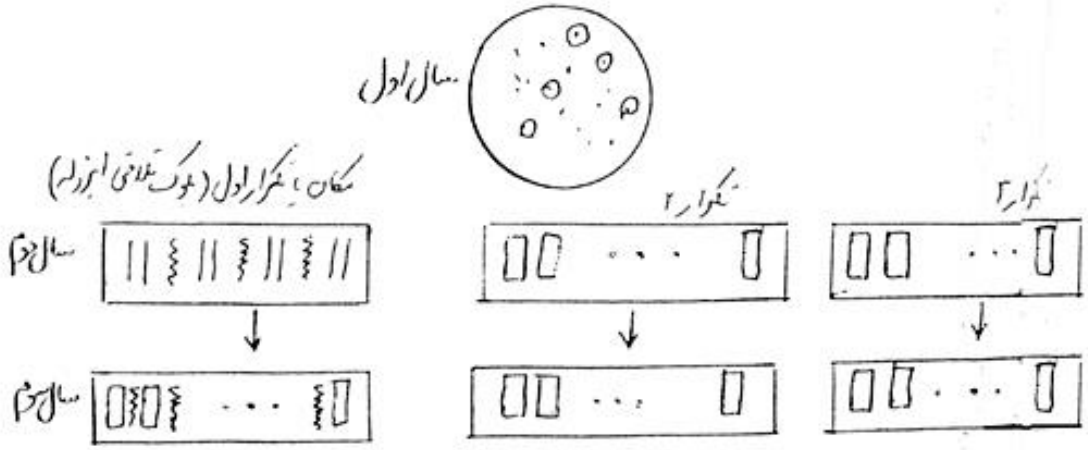
تعریف اثر متقابل:

تفاوت اختلافات سطوح یک فاکتور از سطحی به سطح دیگر از فاکتور دیگر را اثر متقابل گویند. طبق تعریف فنوتیپ یک فرد حاصل ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط است ($P=G+E+GE$)

در گزینش توده‌ای که معمولاً بر اساس فنوتیپ صورت می‌گیرد ممکن است تفاوت دو بوته به علت GE و E باشد و ژنوتیپ خوبی نداشته باشد. در روش گزینش بلال به ردیف ما توانستیم اثر محیط را جدا کنیم و اگر GE صفر نباشد، ممکن است گزینش و اختلاف مشاهده شده به علت G نباشد بلکه ناشی از GE باشد. برای جدا کردن GE باید هر کدام از خطوط را در چند محیط و چند مکان بکاریم و از آنها میانگین بگیریم و این بار ما فقط گزینش را بر اساس G انجام می‌دهیم.

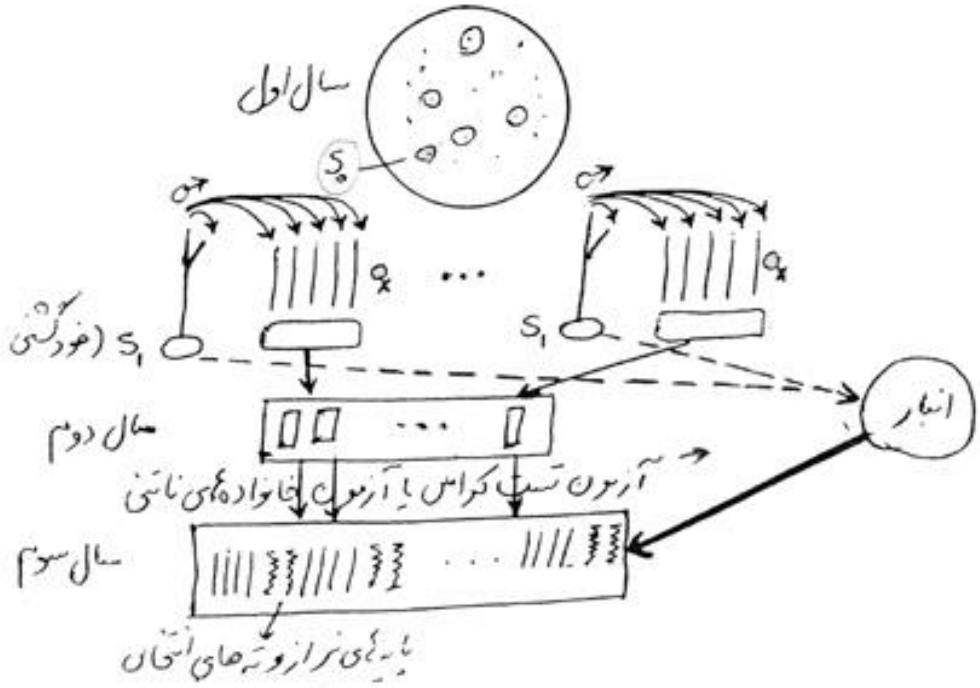
به منظور رفع این مشکل در سال ۱۹۶۴ *lonnquist* روش بلال به روش تغییر شکل‌یافته را معرفی نمود. در این روش در سال اول جمعیت کشت می‌گردد و در داخل این جمعیت تک‌بوته‌ها بر اساس صفات ظاهری انتخاب شده و بذور آنها جداگانه برداشت می‌شود. بذور آنها به چهار قسمت تقسیم می‌شود، یک قسمت آن در سال دوم در یک بلوک تلاقی ایزوله به عنوان والد ماده کشت می‌شود. در این بلوک به ازاء هر چهار ردیف والد ماده دو ردیف والد نر در نظر گرفته می‌شود. ردیف‌های نر از ترکیب یک قسمت از بذور هر یک از بوته‌های انتخابی بدست می‌آیند. یعنی در حقیقت ردیف‌های نر نمایانگر جمعیت حاصل از بوته‌های انتخابی هستند. بنابراین تلاقی‌ها به صورت تاپ‌کراس انجام می‌گیرد و قابلیت ترکیب پذیری عمومی مطرح می‌شود. در بلوک تلاقی، ردیف‌های ماده قبل از گرده‌افشانی تاسل‌کشی می‌شوند (اخته‌کردن). هر یک از دو قسمت باقیمانده بذور در دو مکان دیگر و در ردیف‌های جداگانه کاشته می‌شود. در این مکان‌ها ردیف‌های نر و ماده به صورت جداگانه کاشته می‌شود و تلاقی‌ها به صورت کاملاً تصادفی انجام می‌شود و هدف مقایسه عملکرد است. ژنوتیپ‌ها به صورت تصادفی کاشته می‌شوند. در هر مکان ژنوتیپ‌ها به عنوان یک تکرار است. در طول فصل زراعی ردیف‌های موجود در بلوک تلاقی مورد بررسی قرار گرفته و از هر ردیف ۵ عدد از بهترین بوته‌ها علامت‌گذاری می‌شوند. در پایان فصل با استفاده از بذور به دست آمده از تمام تکرارها یک مقایسه عملکرد صورت می‌گیرد و اگر بین تیمارها اختلاف وجود داشته باشد ۲۰٪ از بهترین تیمارها یعنی ۳۸ تیمار انتخاب می‌شوند. اگر ۳۸ ردیف را در بلوک تلاقی مشخص کرده و بذور ۵ بوته علامت‌گذاری شده این ردیف‌ها را به طور جداگانه برداشت کنیم یعنی در آخر سال از بلوک تلاقی ۱۹۰=۳۸×۵ بوته انتخاب و بذور آنها به طور جداگانه برداشت می‌شود. علت برداشت نمودن بذور از بلوک تلاقی این است که در بلوک تلاقی یک نوع بازترکیبی از تمام ژنوتیپ‌ها وجود دارد. با کاشت مجدد این بذور در ۳ تکرار، سیکل گزینشی تکرار می‌شود. (در سال سوم)

در این روش بعد از به جریان افتادن دوره اول هر دوره یک سال یا یک فصل طول می‌کشد زیرا در این روش در یک سال هم آزمون نتاج و هم بلوک تلاقی وجود دارد. *کنترل والدین ناقص است* زیرا والد نر (۱۹۰ بوته) کنترل نمی‌شود.



ج) گزینش برادر- خواهران ناتنی با استفاده از یک تستر:

در این روش، در سال اول جمعیت کاشته می‌شود. در حدود ۲۰۰ بوته بر اساس صفات ظاهری انتخاب می‌گردند و در این ۲۰۰ بوته هم خودباروری انجام می‌گیرد و هم هر یک از بوته‌ها با حدود ۶ بوته از یک تستر تلاقی داده می‌شوند. *در این تلاقی‌ها بوته‌های انتخابی به عنوان والد نر و بوته‌های تستر به عنوان والد ماده بکار می‌روند.*



تستر می‌تواند هر جمعیتی باشد مانند یک توده بومی، یک واریته سنتتیک، یک هیبرید دابل‌کراس و یا یک لاین اینبرد. در صورتی که تستر یک جمعیت ناهمگن باشد، قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و اگر یک لاین اینبرد باشد قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی مطرح خواهد بود. در آخر سال اول بذور شش بوته تستر مربوط به هر تلاقی را با هم مخلوط می‌کنند. بذور حاصل از خودباروری نیز به‌طور جداگانه برداشت و در انبار یا سردخانه نگهداری می‌شود. نتاج حاصل از تست‌کراس را خانواده‌های ناتنی می‌گویند که در سال دوم در یک آزمون تست‌کراس و یا آزمون خانواده‌های ناتنی مورد بررسی قرار می‌گیرد و بذور حاصل از خودباروری مربوط به ردیف‌های برتر، از انبار برداشت شده و در سال سوم در بلوک تلاقی ایزوله در ردیف‌های جداگانه کاشته می‌شود. بذور حاصل به صورت مخلوط برداشت شده و نمونه‌ای از آن در سال چهارم کاشته می‌شود تا دور بعدی گزینش انجام شود. از آنجایی‌که هدف از ایجاد بلوک تلاقی ایزوله در سال سوم، تلاقی تمامی ژنوتیپ‌ها با یکدیگر است می‌توان برای ترکیب شدن تمامی آنها با یکدیگر به ازاء هر چهار ردیف والد ماده دو ردیف والد نر متشکل از تمام ژنوتیپ‌ها کاشت یعنی تاپ‌کراس انجام داد. *در این روش واحد گزینش که بر اساس آزمون تست‌کراس انجام می‌گیرد خانواده‌های ناتنی و واحد ترکیب در بلوک تلاقی ایزوله فرد خودگشن S_1 است و کنترل والدین کامل است و هر دوره این روش دو سال طول می‌کشد.*

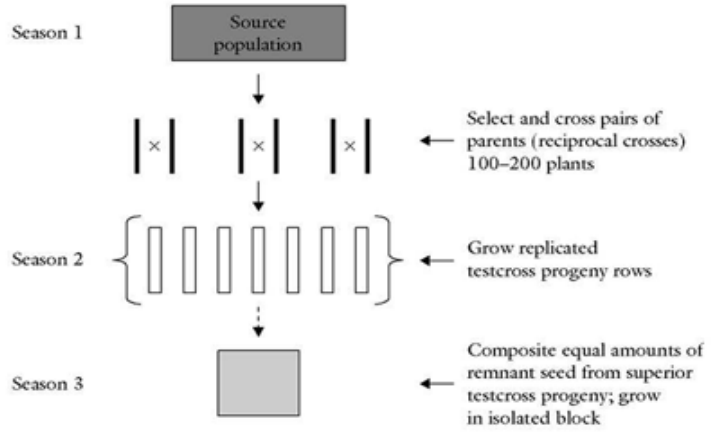
تمرین: فرمول پیشرفت ژنتیکی را بنویسید؟

گزینش برادر- خواهران تنی (تمام‌تنی، تمام خواهری)[1]

در سال اول جمعیت کاشته می‌شود، قبل از گرده‌افشانی، بر اساس صفات ظاهری حدود ۴۰۰ بوته انتخاب و به صورت دو به دو با هم تلاقی داده می‌شود، یعنی در کل ۲۰۰ تلاقی و ۲۰۰ توده بذری خواهیم داشت. بذور حاصل، خانواده‌های تنی را تشکیل خواهند داد. در آخر سال یک قسمت از بذور را در انبار نگهداری می‌کنند و قسمت دیگر در سال دوم در آزمون خانواده‌های تنی با هم مقایسه خواهند شد. بر اساس نتایج حاصل از این آزمون، ده درصد از بهترین خانواده‌ها انتخاب و در سال بعد بذور مربوطه از انبار برداشت شده و در بلوک تلاقی ایزوله کاشته می‌شود *هر دوره این روش سه سال طول می‌کشد. هم واحد گزینش و هم واحد ترکیب خانواده‌های تنی است و کنترل والدین هم کامل است.*

تمرین: فرمول پیشرفت ژنتیکی را بنویسید؟

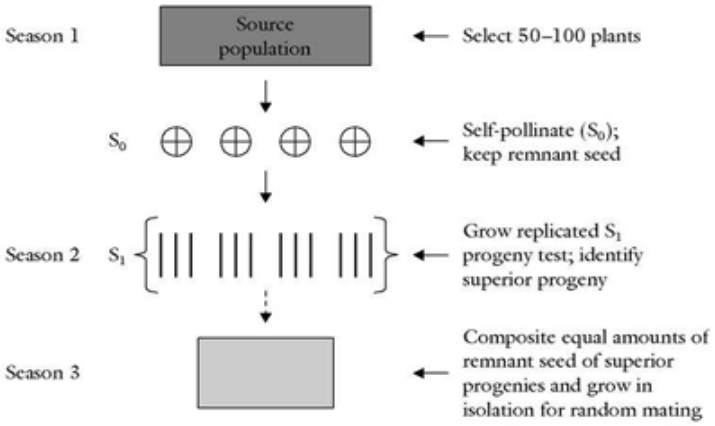
[1] Full-sib selection



روش دیگر این است که در سال سوم بذور کاشته شوند و به جای تلاقی تصادفی تلاقی‌های دو به دو در همان سال انجام شود و خانواده‌های تنی دوره گزینشی بعد تولید گردد. این تغییر که توسط *Hallavuer & Miranda 1981* ارائه گردید انجام یک دوره گزینشی را در طول دو سال میسر می‌سازد اما مقدار بازترکیبی و به وجود آمدن ترکیبات ژنی جدید را کاهش می‌دهد. عیب روش این است که تنوع را پایین می آورد.

گزینش دوره‌ای S_1 :

در سال اول جمعیت کشت می‌گردد و قبل از گرده‌افشانی بر اساس صفات ظاهری حدود ۵۰ تا ۱۰۰ بوته را انتخاب و آنها را خودبارور می‌نمایند. در آخر سال، بذور بوته‌های انتخابی به صورت جداگانه برداشت و دو قسمت می‌شوند، یک قسمت در انبار نگهداری می‌شود و قسمت دیگر در آزمون لاین‌های خالص مورد استفاده قرار می‌گیرد. بر اساس این آزمون ۱۰٪ از بهترین لاین‌ها انتخاب شده و در سال سوم در بلوک تلاقی ایزوله کاشته می‌شود. در آخر این سال بذور حاصل از بلوک تلاقی به صورت مخلوط برداشت شده و در سال چهارم برای شروع دوره گزینشی بعد کاشته می‌شود به این ترتیب این جمعیت نسبت به جمعیت قبلی اصلاح‌شده‌تر خواهد بود و برای اصلاح بیشتر باید سیکل گزینشی را تکرار نمود.

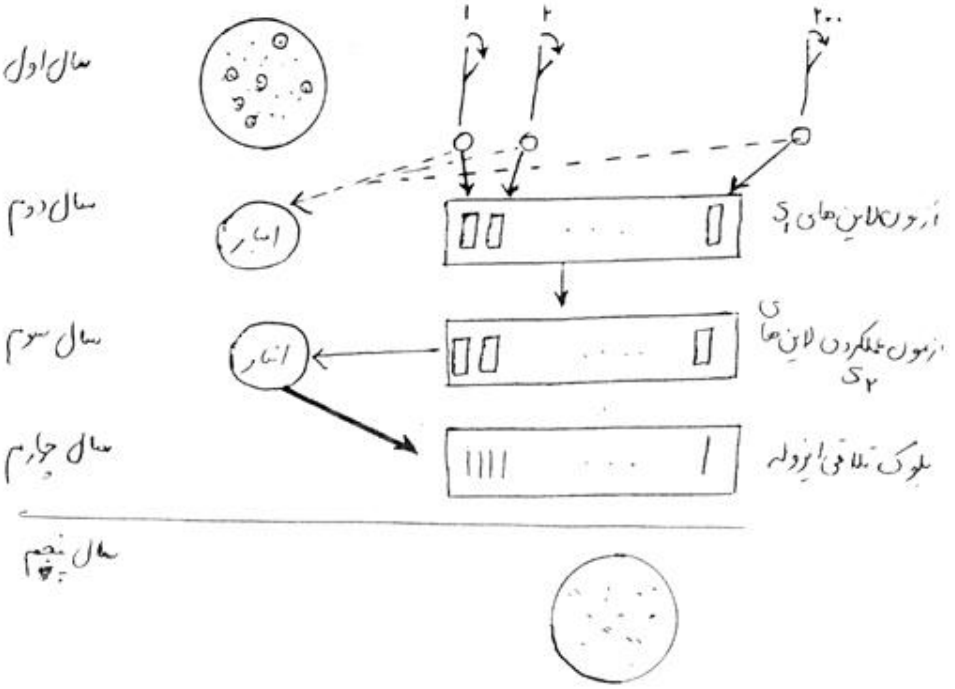


واحد گزینش و واحد ترکیب لاین‌های S_1 است و سه سال طول می‌کشد. کنترل والدین نیز کامل است.

تمرین: فرمول پیشرفت ژنتیکی این روش را بنویسید؟

گزینش دوره‌ای S_2 :

در سال اول جمعیت کاشته می‌شود، قبل از گرده افشانی بر اساس صفات ظاهری حدود ۵۰ تا ۱۰۰ بوته انتخاب و خودبارور می‌شوند، قسمتی از بذور S_1 در انبار نگهداری شده و قسمت دیگر در سال دوم در ردیف‌های جداگانه کاشته شده و از لحاظ ظاهری و مقاومت به پاتوژن‌ها مورد ارزیابی قرار می‌گیرند، حدود ۲۵ تا ۵۰ ردیف برتر انتخاب می‌شوند و تعدادی بوته از آن ردیف‌ها برای بدست آوردن بذور S_2 مجدداً خودبارور می‌شوند. قسمتی از بذور S_2 حاصل در انبار نگهداری شده و قسمت دیگر در سال سوم در آزمون عملکرد لاین‌های S_2 مورد استفاده قرار خواهند گرفت و از ۲۵ تا ۵۰ لاین S_2 مورد مقایسه، ۲۰٪ از بهترین لاین‌ها انتخاب و بذور S_2 یا S_1 مربوطه را از انبار برداشت شده و در سال چهارم در بلوک تلاقی ایزوله کشت می‌شوند تا تمام تلاقی‌ها صورت بگیرند. در سال آخر بذور حاصل از تلاقی در بلوک ایزوله را برداشت کرده و نمونه‌ای از آن را در سال پنجم برای شروع دوره گزینشی دیگر می‌کارند و گزینش از ابتدا آغاز می‌شود.



در این روش هر دوره گزینش چهار سال طول می‌کشد، واحد گزینش و واحد ترکیب لاین‌های S_2 است ولی می‌تواند هم S_2 و هم S_1 باشد. کنترل والدین هم کامل است. گاهاً برای افزایش میزان بازترکیبی ژن‌ها در سال پنجم نیز مجدداً یک بلوک تلاقی ایزوله تشکیل می‌گردد که در این صورت هر دوره گزینش ۵ سال طول خواهد کشید.

تمرین: فرمول پیشرفت ژنتیکی این روش را در حالت‌های مختلف بنویسید؟

همه این روش‌های ذکر شده روش‌های گزینش درون جمعیتی هستند. در کلیه روش‌های دوره‌ای در جهت کاهش مدت زمان لازم برای انجام هر دوره گزینش می‌توان بعضی از مراحل را در گلخانه یا در مناطق گرم‌تر انجام داد و بدین ترتیب می‌توان دو مرحله را در یک سال انجام داد. ولی باید در نظر داشت که در همه این روش‌ها مراحل آزمون و مقایسه باید در محیط طبیعی صورت گیرد.

روش‌های اصلاحی بین جمعیتی[1]

در این روش‌ها دو جمعیت به‌طور توأم اصلاح می‌شوند.

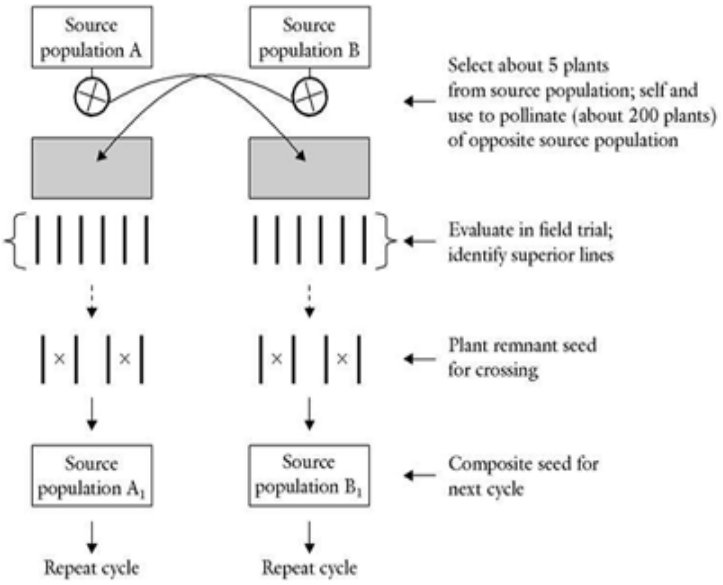
۱- گزینش برادر- خواهران ناتنی متقابل[2]

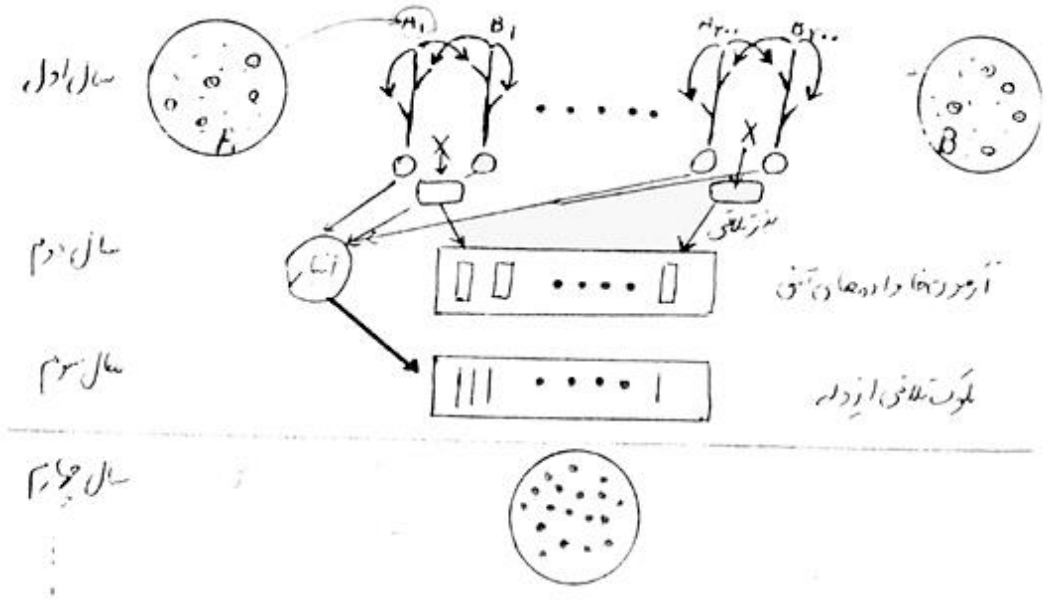
به این روش گزینش دوره‌ای متقابل[3] نیز می‌گویند. در این روش در سال اول دو جمعیت A و B به‌طور جداگانه کشت می‌شوند. از هر یک از این جمعیت‌ها حدود ۲۰۰ بوته قبل از گرده‌افشانی انتخاب و علاوه بر اینکه بوته‌های انتخابی خودبارور می‌شوند، هر یک از این بوته‌ها با ۶ بوته یا بیشتر از جمعیت دیگر تلاقی می‌دهند. در سال اول دو جمعیت ایجاد خواهد شد: بذور حاصل از خودباروری و بذور حاصل از تست‌کراس که در حقیقت جمعیت A به عنوان تستر برای جمعیت B و جمعیت B به عنوان تستر برای جمعیت A خواهد بود. بذور حاصل از تلاقی بوته‌های انتخابی هر یک از جمعیت‌ها به‌طور جداگانه برای هر جمعیت در آزمون تست‌کراس یا آزمون خانواده‌های ناتنی در سال دوم مورد استفاده قرار می‌گیرد. بر اساس این آزمون ۱۰٪ از بهترین خانواده‌ها انتخاب و در سال سوم بذور خودبارور مربوطه از انبار برداشت شده، در بلوک‌های تلاقی ایزوله جداگانه‌ای کاشته می‌شود و در آخر سال سوم بذور حاصل از هر تلاقی به‌طور مخلوط برداشت شده و نمونه‌ای از آن در سال چهارم کاشته می‌شود و دوره گزینش جدید آغاز می‌گردد. *هر دوره این روش سه سال طول می‌کشد و واحد گزینش خانواده‌های ناتنی و واحد ترکیب لاین‌های S_1 است و کنترل والدین هم کامل است.* در این روش دو جامعه مورد نظر از لحاظ قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی اصلاح می‌شوند زیرا هر یک از این جوامع به عنوان تستر جامعه دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد. حال اگر از این جامعه لاین‌های اینبردی انتخاب شوند این لاین‌ها بهتر می‌توانند با هم ترکیب شده و هیبرید پر محصول بین جمعیتی تولید نمایند.

۲- روش گزینش برادر- خواهران تنی متقابل[4]

[1] Inter-population improvement
[2] Reciprocal half-sib selection
[3] Reciprocal recurrent selection
[4] Reciprocal Full-sib selection

در این روش، در سال اول جمعیت مورد نظر کشت می‌گردد، از هر جمعیت حدود ۲۰۰ بوته انتخاب و بوته‌های انتخابی علاوه بر خودباروری، با یک بوته از جمعیت دیگر هم تلاقی داده می‌شود، بنابراین شرط استفاده از این روش وجود حداقل دو بلال در بوته‌های انتخابی است و نکته دیگر اینکه برای تولید بذر زیاد حاصل از تلاقی برای استفاده در آزمون‌های تکراردار، بلال بالایی (بلال اصلی) دگرباروری می‌کند و بلال پائین را خودبارور می‌کنند. در پایان هر سال ۴۰۰ توده بذر به‌وجود می‌آید که به طور جداگانه در انبار نگهداری می‌شود، ۲۰۰ توده بذری از هر تلاقی حاصل می‌شود که در واقع خانواده‌های تنی هستند این خانواده‌ها در سال دوم در آزمون خانواده‌های تنی در یک آزمون تکراردار (طرح بلوک ناقص) مورد مقایسه قرار گرفته و ۱۰٪ از بهترین‌ها مشخص می‌شود. والدین این بوته‌های انتخابی مشخص شده و بذور خودبارور این والدین از انبار برداشته شده و در سال سوم برای هر جمعیت یک بلوک تلاقی ایزوله تشکیل می‌گردد تا تمام تلاقی‌های ممکنه انجام گیرد. در آخر سال سوم بذور حاصل از هر بلوک تلاقی مخلوط گشته و نمونه‌ای از آن در سال چهارم کشت می‌گردد تا دوره گزینشی بعدی انجام گیرد.





در این روش، هر دوره گزینش ۳ سال طول می‌کشد. واحد گزینش خانواده‌های تنی و واحد ترکیب لاین‌های S_1 است و کنترل والدین کامل است.

تمرین: فرمول بازده ژنتیکی این روش را بنویسید.

تولید واریته‌های هیبرید

در یک جمعیت آزادگرده‌افشان ذرت، ممکن است بوته‌ای وجود داشته باشد که دارای عملکرد بالا حتی بالاتر از هیبریدهای معروف باشد، ولی نمی‌توان این بوته را مجدداً تولید کرد. زیرا والدین آن نامشخص است و این بوته در اثر تلاقی نامعلومی حاصل شده است. بنابراین برای اینکه بتوانیم این هیبریدها را هر ساله تولید نمائیم والدین آنها باید لاین اینبرد و قابل تکثیر باشند، تا بتوان با تلاقی این والدین، هیبرید مورد نظر را همه ساله تولید نمود لازم به یادآوری است که هیبریدها یک‌بار مصرف هستند و کاشت بذور آنها در سال بعد منجر به کاهش عملکرد خواهد شد.

انواع هیبریدها

۱) هیبرید ساده

برای اولین بار، تولید واریته‌های هیبرید از لاین‌های اینبرد را دکتر شال در سال ۱۹۰۹ پیشنهاد نمود. هیبرید سینگل‌کراس از تلاقی دو لاین اینبرد حاصل می‌شود ($A\times B$). مزیت هیبریدهای سینگل‌کراس، یکنواخت بودن آنها است و علت یکنواخت بودن آنها این است که والدین آنها هموزیگوس می‌باشند. ضمناً عملکرد هیبریدهای سینگل‌کراس بیشتر از سایر هیبریدها

است زیرا پیدا کردن دو والد پرمحصول ساده‌تر از پیدا کردن چند والد پرمحصول است و همچنین بیشتر اثرات اپیستازی و هتروزیس در نسل F_1 به‌وجود می‌آید ولی از آنجائی‌که این هیبریدها یکنواخت هستند، آسیب‌پذیری آنها زیاد است.
همچنین از آنجائی‌که بذر هیبرید روی والد اینبرد تولید می‌گردد به جهت ضعیف‌بودن لاین اینبرد بذر کمتری تولید می‌شود. بنابراین بذر هیبرید سینگل‌کراس که در آن زمان تولید گردید هزینه بالایی را در برداشت و بدین علت تا ده سال پس از آن واریته‌های هیبرید تولید نشدند.

۲) هیبرید دابل‌کراس، هیبرید مضاعف

این نوع هیبرید برای اولین بار توسط دکتر جونز در سال ۱۹۱۸ تولید شد. هیبریدهای دابل‌کراس ذرت اولین هیبریدهایی هستند که به صورت تجارتی تولید شدند. برای تولید هیبرید دابل‌کراس، چهار لاین اینبرد مورد نیاز است. این لاین‌های اینبرد با هم تلاقی داده شده و سپس سینگل‌کراس‌های حاصل با هم تلاقی داده می‌شوند که نُتاج حاصل دابل‌کراس خواهد بود.

در تولید بذر هیبرید دابل‌کراس، اشکالاتی که در مورد تولید هیبرید ساده گفته شد، کاهش می‌یابد. زیرا بذر هیبرید دابل‌کراس روی والد مادری که یک هیبرید سینگل‌کراس و به مراتب قوی‌تر و پرمحصول‌تر از لاین اینبرد است، تولید می‌گردد و در نتیجه مقدار بذر بیشتری تولید می‌گردد.

هیبریدهای دابل‌کراس یکنواخت نیستند، زیرا والدین آنها هتروزیگوس می‌باشند. این یکنواخت نبودن و داشتن تغییرات بیشتر قابلیت سازش با محیط یا بافرینگ بیشتری به آنها داده است.

۳) هیبرید تری‌وی‌کراس (سه‌جانبه)

این هیبریدها از تلاقی سه لاین اینبرد مختلف حاصل می‌شوند، به طوری که ابتدا دو لاین اینبرد را با هم تلاقی داده و این هیبرید به عنوان والد ماده با لاین اینبـرد دیگـری تلاقی داده می‌شود. چون ذرت دانه‌گـرده بیشتری تولید می‌کند، استفاده از لاین اینبرد به عنوان والد پدری اشکالی ایجاد نمی‌کند. تری‌وی‌کراس‌ها یکنواخت‌تر از دابل‌کراس‌ها هستند و به همین علت جایگزین آنها شده‌اند، ولی نسبت به سینگل‌کراس‌ها یکنواختی کمتری دارند.

حسن دابل‌کراس‌ها نسبت به تری‌وی‌کراس‌ها در این است که چون والد نر، هیبرید است دانه‌گرده بیشتری تولید می‌کند ولی اگر لاین اینبردی در اختیار باشد که دانه گرده کافی تولید کند، تولید تری‌وی‌کراس جایگزین تولید دابل‌کراس خواهد شد.

۴) هیبرید سینگل‌کراس تغییر یافته[1]

برای اینکه تری‌وی‌کراس‌ها از لحاظ ظاهری یکنواخت‌تر شوند، هیبریدهای سینگل‌کراس تغییرشکل‌یافته به‌وجود آمده‌اند. طرز تولید هیبریدها به این صورت است که ابتدا دو لاین خواهری با هم تلاقی داده می‌شوند و از هیبرید حاصل به عنوان والد ماده با لاین اینبرد سومی به عنوان والد نر، هیبرید سینگل‌کراس تغییرشکل‌یافته به‌وجود می‌آید. (لاین‌های خواهری که از یک لاین مشترک حاصل می‌شوند از لحاظ صفات ظاهری یکسانند ولی در صورت تلاقی با هم از لحاظ عملکرد هتروزیس نشان می‌دهند). این هیبریدها از لحاظ یکنواختی حدواسط هیبریدهای تری‌وی‌کراس و سینگل‌کراس می‌باشند.

۵) هیبرید تری‌وی‌کراس تغییرشکل‌یافته[2]

این هیبریدها به عنوان جایگزینی برای هیبریدهای دابل‌کراس تولید می‌گردند و زمانی تولید می‌شوند که بخواهیم یکنواختی بیشتر داشته باشیم و والد پدری هم گرده بیشتری تولید نماید. نحوه تولید هیبرید تری‌وی‌کراس تغییرشکل‌یافته بدین ترتیب است که همزمان با تولید یک هیبرید سینگل‌کراس، دو لاین خواهری هم با هم تلاقی داده می‌شوند. سپس نُتاج این تلاقی به عنوان والد نر با هیبرید سینگل‌کراس حاصل تلاقی می‌یابند. این هیبریدها از لحاظ یکنواختی حدواسط تری‌وی‌کراس‌ها و دابل‌کراس‌ها هسند.

۶) هیبرید لینه خواهر

برای تولید این هیبریدها ابتدا دو جفت لاین خواهری تلاقی داده می‌شود سپس سینگل‌کراس‌های حاصل با هم تلاقی می‌یابند تا هیبرید لینه خواهر تولید گردد. از آنجایی که لاین‌های خواهری از لحاظ ظاهری یکسان هستند هیبریدهای لینه خواهر یکنواختی نزدیک به سینگل‌کراس‌ها خواهند داشت، ولی به دلیل اینکه در والد سینگل‌کراس بذر زیادی تولید می‌کند، هزینه تولید این هیبریدها کمتر از سینگل‌کراس‌ها خواهد بود. زمانی که دانه گرده زیادی مورد نیاز باشد به جای سینگل‌کراس تغییرشکل‌یافته می‌توان این هیبرید را نیز تولید نمود امروزه با استفاده از تکنیک‌های اصلاحی لاین‌های اینبرد قوی و پرمحصولی تولید شده‌اند و بدین علت در حال حاضر اکثراً هیبرید سینگل‌کراس تولید می‌گردد. زیرا این هیبریدها علاوه بر داشتن عملکرد بالا به علت یکنواخت بودن زارع پسند خواهد بود.

از نظر یکنواختی ترتیب هیبریدهای ذرت به قرار زیر است:

سینگل‌کراس > سینگل‌کراس تغییرشکل‌یافته > لینه خواهر > تری‌وی‌کراس > تری‌وی‌کراس تغییرشکل‌یافته > دابل‌کراس

اگر کم بودن هزینه مد نظر باشد این علامت ها برعکس می‌شود.

---

[1] Modified single-cross
[2] Modified three way cross

مراحل تولید واریته‌های هیبرید

طی سه مرحله واریته‌های هیبرید تولید می‌شوند:

۱) استخراج لاین‌های اینبرد

۲) تهیه هیبریدها و تعیین بهترین هیبرید

۳) تکثیر و تولید تجاری بهترین هیبرید

استخراج لاین‌های اینبرد

لاین‌های اینبرد باید از یک منبع ناهمگن استخراج شوند. در ذرت از منابع زیر استفاده شده است:

۱) واریته‌های دگرگشن یا واریته‌های آزادگرده‌افشان

۲) واریته‌های سنتتیک

۳) واریته‌های کمپوزیت

۴) F_2 حاصل از انواع هیبریدها (از آنجائی‌که این روش سریع است، در آمریکا بیشتر از این روش استفاده شده است.)

۵) جمعیت‌های حاصل از گزینش‌های دوره‌ای (با وجود اینکه استفاده از این جمعیت‌ها برای تولید لاین‌های اینبرد به مدت زمان زیادی نیاز دارد، ولی بیشتر از این لاین‌ها استفاده شده است، زیرا هیبریدهای حاصل پرمحصول می‌باشند البته استخراج را بعد از یک یا دو دوره گزینش که هنوز در جمعیت تنوع ژنتیکی وجود دارد انجام می‌دهند).

روش‌های استخراج لاین‌های اینبرد

۱) روش استاندارد

۲) روش آزمون زود هنگام

۳) روش هاپلوئیدی یا دیپلوئیدی هموزیگوس

۱- روش استاندارد

این روش مشابه روش انتخاب شجره‌ای در گیاهان خودبارور است، با این تفاوت که در این روش در جمعیت ناهمگن اولیه تعدادی بوته را انتخاب و خودبارور می‌کنیم، نتاج حاصل از هر بوته در سال بعد در یک ردیف جداگانه کاشته می‌شود، عمل گزینش و خودباروری ۶- ۵ نسل انجام می‌گیرد تا اینکه گیاهان موجود در داخل ردیف‌ها تقریباً یکنواخت شوند.

۲- روش آزمون زودهنگام

در سال پنجم بر اساس آزمون تاپ‌کراس و بررسی لاین‌ها در خزانه خودباروری از لحاظ صفات ظاهری، لاین‌هایی که قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی خوبی دارند انتخاب و بوته‌های انتخابی خودبارور می‌شوند. قسمتی از بذور حاصل از خودباروری در سال ششم در خزانه خودباروری در ردیف‌های جداگانه کاشته می‌شود و قسمت دیگر به خزانه سینگل‌کراس برده می‌شود. در خزانه سینگل‌کراس I به ازاء هر چهار ردیف والد ماده دو ردیف والد نر که یک لاین اینبرد است کشت می‌گردد. (اگر بیش از یک لاین اینبرد به کار رود برای هر لاین اینبرد یک بلوک تلاقی ایزوله تشکیل می‌گردد. البته این اینبرد از والدین هیبریدهای مشهور هستند). بنابراین هدف از تشکیل این خزانه بررسی قابلیت ترکیب خصوصی لاین‌ها است.

در سال هفتم بر اساس آزمون سینگل‌کراس لاین‌هایی که قابلیت ترکیب پذیری خصوصی خوبی دارند در خزانه سینگل‌کراس مشخص می‌شوند و در صورتی که صفات ظاهری خوبی نیز داشته باشند گزینش می‌شوند. معمولاً حدود ۱۰ تا ۲۰ لاین اینبرد انتخاب می‌گردد. بذور حاصل از این لاین‌ها در سال بعد هم به خزانه خودباروری و هم به خزانه سینگل‌کراس برده می‌شوند. در خزانه سینگل‌کراس کلیه تلاقی‌ها ۲ به ۲ بین این لاین‌ها صورت می‌گیرد (به روش دی‌الل)، مثلاً اگر ده لاین در اختیار داشته باشیم ۴۵ تلاقی وجود خواهد داشت فرمول بصورت زیر:

$$\subset_2^n = \frac{n_0^1}{(n-2)_0^1\, 2_0^1} = \frac{n(n-1)}{2} \quad \text{که} \quad \subset_2^n \quad \text{یا} \quad \frac{n(n-1)}{2}$$

پس از تشکیل خزانه خودباروری، آزمون سینگل‌کراس در چند سال و چند مکان صورت می‌گیرد و هیبریدهای انتخاب شده مورد آزمون قرار می‌گیرند. در نهایت با توجه به نتایج این آزمون، لاین‌های خالص هیبریدهای برتر در خزانه خودباروری مشخص شده و بذور آنها در بلوک‌های ایزوله ازدیاد می‌گردد که در نتیجه می‌توان همان هیبریدها را به صورت تجارتی تولید و پس از تکثیر، طبقه‌بندی، ضدعفونی و بسته‌بندی بر روی آن اتیکت زده و در اختیار زارع قرار داد. تمام آزمون‌های فوق‌الذکر را در صورتی که بذر کافی و امکانات لازم موجود باشد می‌توان در چند سال و چند مکان انجام داد. ولی آزمون سینگل‌کراس حتماً باید در چند سال و چند مکان انجام شود تا پایداری هیبریدها هم مشخص شود. حسن این روش اینست که همزمان با ارزیابی، عمل خودباروری در خزانه خودباروری انجام می‌گردد و در نتیجه پس از شناسایی هیبریدهای برتر با در دست داشتن والدین اینبرد آنها، تولید تجارتی این هیبریدها به راحتی میسر خواهد بود در صورتی که هدف نهایی تولید هیبریدهای دابل‌کراس و تری‌وی‌کراس باشد تعداد ممکنه عبارت خواهد بود از :

نوع $T.W.C$ ۳۶۰= تعداد تری‌وی‌کراس $\Rightarrow n=10 \Rightarrow \frac{n(n-1)(n-2)}{2}$ = تعداد تری‌وی‌کراس از ده لاین

نوع $D.C$ ۶۳۰= تعداد دابل‌کراس $\Rightarrow n=10 \Rightarrow \frac{n(n-1)(n-2)(n-3)}{8}$ = تعداد دابل‌کراس‌ها

به منظور ارزیابی، عملکرد این هیبریدها از روی عملکرد سینگل‌کراس‌های غیروالدی تخمین زده می‌شود و حدود ۲۰ تا از بهترین تری‌وی‌کراس‌ها یا دابل‌کراس‌ها که عملکرد تخمینی خوبی دارند، تولید نموده و بعد به آزمایشات مقایسه عملکرد در چند سال و چند مکان برده و انتخاب می‌شوند.

$$\text{تخمین عملکرد تری‌وی‌کراس } (A*B)*C = \frac{AC+BC}{2}$$

غیر والدی BC و AC، والدی AB

$$\text{تخمین عملکرد دابل‌کراس } (A*B)*(C*D) = \frac{AC+BC+AD+BD}{4}$$

از روی تخمین عملکرد سینگل‌کراس‌ها چند عدد تری‌وی‌کراس و یا دابل‌کراس تولید نموده و در چند مکان و چند سال مقایسه می‌کنند.

در بلوک‌های تلاقی ایزوله گاهاً بجای نسبت چهار به دو از نسبت چهار به یک یا دو یک چهار یک نیز استفاده می‌گردد (۲:۱:۴:۱) در ایران از نسبت شش به دو استفاده می‌شود (۶:۲). در این بلوک‌های تلاقی ایزوله والد نر را لاین اینبردی می‌گیرند که گرده بیشتری تولید کند و پایه مادری را لاین اینبردی می‌گیرند که بذر بیشتری تولید نمایند.

روش هاپلوئیدی یا روش دیپلوئیدهای هموزیگوس

معمولاً در یک جمعیت ذرت، از طریق آندروژنز با فراوانی $۱۰^{-۳}$ ژنوتیپ‌ها یا بوته‌های هاپلوئید تولید می‌شود. ۱۰٪ بوته‌ها، پنجه‌های دیپلوئید و در نتیجه بذر تولید می‌کنند. این دیپلوئیدها در تمام مکان‌های ژنی هموزیگوس بوده و ۱۰۰٪ خالص می‌باشند. به عبارت دیگر از هر ده هزار بوته یک بوته وجود دارد که کاملاً هموزیگوس است. حال اگر این بوته‌ها شناسایی و با هم تلاقی داده شوند، هیبریدهای سینگل‌کراس حاصل خواهند شد که در این صورت نیازی به خودباروری نیست و لاین‌های اینبرد در مدت زمان کمتری در اختیار قرار می‌گیرند. همچنین خلوص لاین‌های حاصل از این روش کامل می‌باشد. ولی چون با توجه به فراوانی کم این دیپلوئیدها از هر هکتار حداکثر می‌توان ۵ بوته بدست آورد که حتی قابلیت ترکیب آنها نیز مشخص نیست، بنابراین این روش پرهزینه است. امروزه این حالت را به‌طور مصنوعی از طریق کشت بافت ایجاد می‌کنند. به این ترتیب که دانه‌های گرده F_1 را در محیط کشت مصنوعی قرار می‌دهند تا کالوس ایجاد شود و سپس با استفاده از کلشی‌سین افراد دیپلوئید کاملاً خالص، تولید می‌کنند. در کشور چین با استفاده از این روش چندین واریته هیبرید پرمحصول ذرت ایجاد شده است. یکی از عیوب این روش اینست که سازگاری لاین‌های اینبرد با محیط مشخص نیست و باید بوته‌های زیادی تولید نموده و سازگاری آنها را در محیط‌های طبیعی تست نمود.

علاوه بر تولید هیبریدها و گزینش هیبرید پرمحصول، عملیاتی هم برای اصلاح والد اینبرد انجام می‌گیرد تا بذر تولیدشده روی این والدین افزایش و هزینه تولید بذر هیبرید کاهش یابد. روش‌های متعددی برای اصلاح لاین‌های اینبرد بکار می‌رود.

روش‌های اصلاح لاین‌های اینبرد

روش تلاقی برگشتی[1]

این روش عملاً برای انتقال صفات کیفی مانند مقاومت به پاتوژن، نرعقیمی و غیره در لاین‌های اینبرد مورد استفاده قرار می‌گیرد. مثلاً برای مقاومت به یک بیماری، لاین مرغوب *A-line* را با لاین دیگری که دارای ژن مقاومت است تلاقی می‌دهند و نُتاج با لاین مرغوب چندین نسل بک‌کراس می‌شود تا نُتاج حاصل، صفات لاین مرغوب را داشته باشند. در حقیقت با استفاده از روش بک‌کراس، لاین ایزوژن تولید می‌شود. در این روش والدی را که حامل ژن مورد نظر است والد بخشنده[2] یا والد غیرتکراری[3] و والد زارعی را والد تکراری[4] می‌گویند. چون در مکان ژنی (مقاومت) هتروزیگوس است بنابراین آن را خودگشن کرده و هموزیگوت‌های غالب را انتخاب می‌کنیم (آلودگی مصنوعی) و نتاج را در خطوطی می‌کاریم، اگر در روی خط بیماری ایجاد شد آن را حذف می‌کنیم در غیر اینصورت آن را انتخاب می‌کنیم.

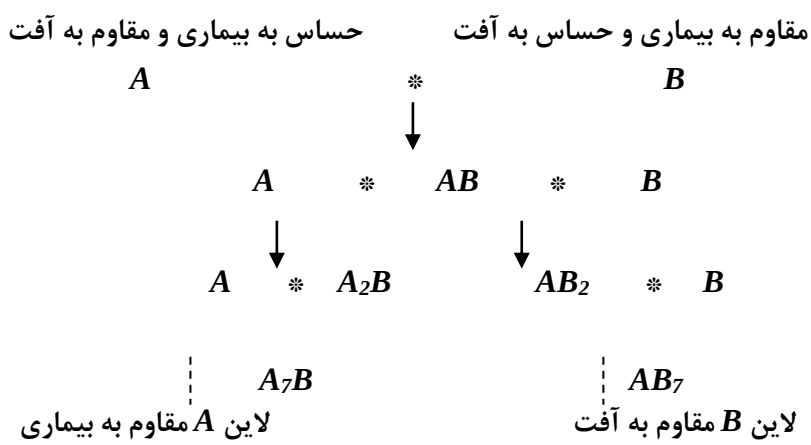
تمرین: دیاگرام تلاقی برگشتی را در حالت غالب و مغلوب رسم نمائید. حالت غالب: RR مقاوم و rr حساس، حالت مغلوب RR حساس و rr مقاوم.

اصلاح متقارب[5]

این روش در حقیقت همان روش بک‌کراس است، ولی در این روش دو لاین اینبرد والدی به‌طور همزمان اصلاح می‌شوند. این روش را زمانی بکار می‌برند که در والدین یک هیبرید، کاستی‌ها و ضعف‌هایی وجود دارد ولی عیب‌های همدیگر را می‌پوشانند، یعنی در حقیقت مکمل همدیگر هستند. مثل لاین A حساس به بیماری و مقاوم به یک آفت است و بر عکس والد B مقاوم به آن بیماری ولی حساس به آن آفت می‌باشد. برای انجام اصلاح متقارب این دو لاین را با هم تلاقی داده و F_1 حاصل را به‌طور همزمان با هر دو لاین بک‌کراس می‌دهند و این عمل را تا BC_6 ادامه می‌دهند تا دو لاین، ویژگی‌های مطلوب دیگری را گرفته و کاستی‌های هر دو طرف مرتفع شود. در حقیقت هدف ما تولید لاین‌های خوب است.

---

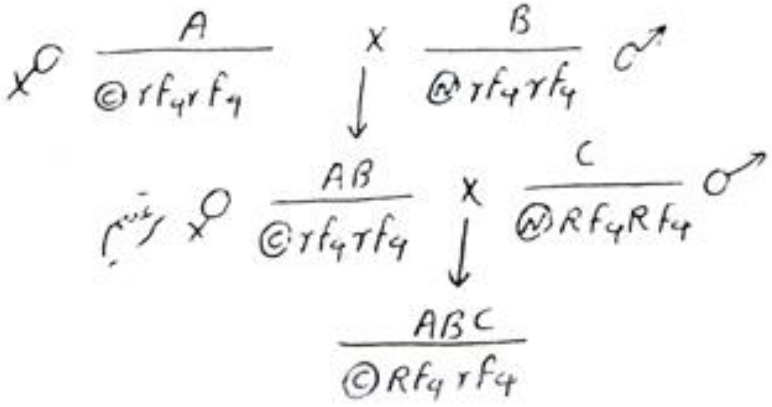
[1] Back Crossing
[2] Donor parent
[3] Non recurrent parent
[4] Recurrent parent
[5] Convergent improvement



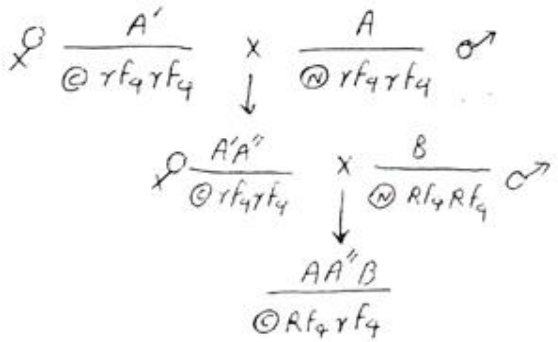
استفاده از سیستم نرعقیمی در تولید واریته‌های هیبرید سینگل‌کراس

به یکی از لاین‌های اینبرد نر عقیمی را منتقل کرده و آنرا والد ماده می‌گیریم.

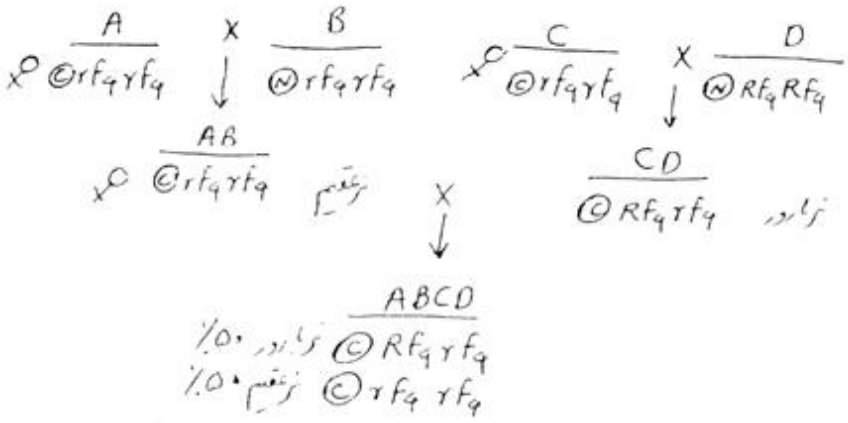
استفاده از سیستم نرعقیمی در تولید واریته‌های تری‌وی‌کراس



سینگل‌کراس تغییر شکل یافته :



استفاده از سیستم نر عقیمی در تولید واریته‌های هیبرید دابل‌کراس



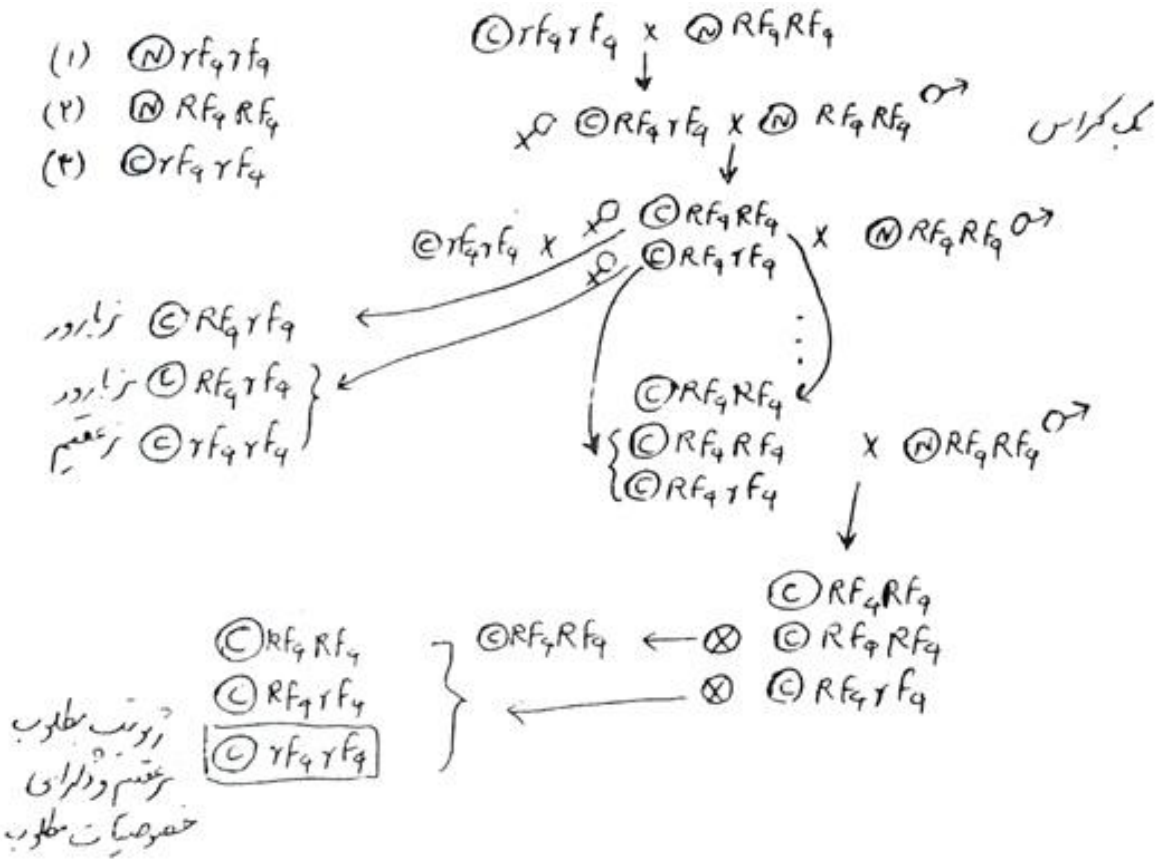
چنانچه مشاهده می‌گردد در تولید هیبرید دابل‌کراس ذرت با استفاده از سیستم نرعقیمی ژنتیکی سیتوپلاسمی نصف نُتاج نرعقیم و نصف دیگر نربارور خواهد بود. ولی این امر اشکالی برای زارع بوجود نخواهد آورد، زیرا به علت تولید زیاد بوته‌های نربارور، بوته‌های نرعقیم نیز بارور شده و دانه تولید خواهد کرد.

ولی اگر خواسته باشیم، تمام نتاج نربارور باشد باید سیستم نرعقیمی را با سیستم مکانیکی تلفیق نمائیم مثلاً هیبرید CD را بطور مکانیکی (تاسل‌کشی) و هیبرید AB را توسط سیستم نرعقیمی تولید می‌کنیم.

تولید هیبریدهای تری‌وی‌کراس تغییرشکل‌یافته و هیبریدهای لینه خواهر نیز مشابه تولید واریته‌های دابل‌کراس می‌باشند.

انتقال سیستم نرعقیمی به لاین‌های اینبرد (والدین هیبریدها)

برای انتقال سیستم نرعقیمی به لاین‌های مادری جهت تولید تجاری واریته‌های هیبرید، از روش بک‌کراس استفاده می‌شود. یعنی باید لاینی تولید کنیم که علاوه بر نرعقیم بودن دارای کلیه خصوصیات لاین A نیز باشد. ذیلاً روش عمل نشان داده می‌شود.



تولید واریته‌های سینتیک (مصنوعی یا ساختگی)

واریته‌های سینتیک به دو منظور تولید می‌شوند:

۱) به عنوان منبعی جهت استخراج لاین‌های اینبرد

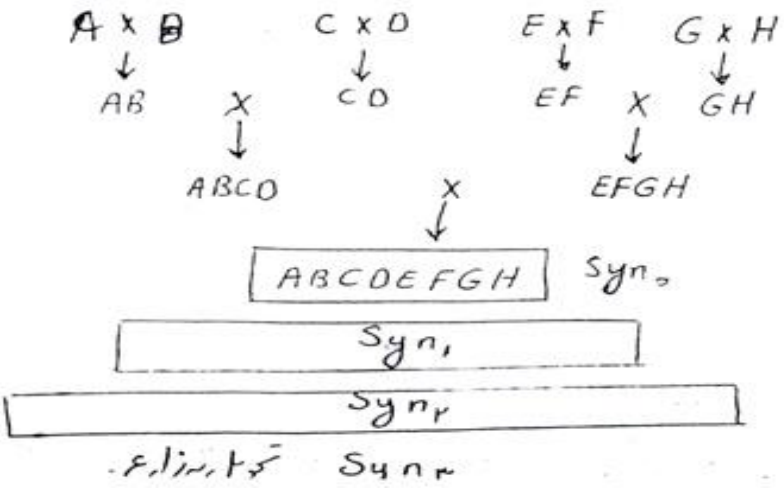
۲) تحویل به زارع به عنوان یک واریته اصلاح‌شده.

در مواردی که در کشوری، تولید بذر هیبرید امکان‌پذیر نیست و یا مقرون‌به‌صرفه نمی‌باشد و یا اینکه خاک برای کشت واریته‌های هیبرید نامناسب می‌باشد، اقدام به تولید و استفاده از واریته‌های سینتیک می‌نمایند. زیرا هزینه و نیازهای این واریته‌ها کمتر از واریته‌های هیبرید است. همچنین به علت یکنواختی کمتر، پایداری این واریته‌ها بیشتر از واریته‌های هیبرید می‌باشد و از سوی دیگر زارع می‌تواند چندین سال از مزرعه خود بذرگیری نموده و بذور حاصل را کشت کند، بدون اینکه کاهش در عملکرد داشته باشد. در صورتی که واریته‌های هیبرید یک‌بار مصرف هستند و زارع بایستی بذر را همه‌ساله از مؤسسه مربوطه خریداری نماید.

نحوه تولید واریته‌های سینتیک

برای تولید یک واریته سینتیک چندین لاین اینبرد را که دارای قدرت ترکیب‌پذیری خوبی هستند انتخاب و با هم ترکیب می‌کنند که این عمل به طرق مختلف انجام می‌شود.

۱- **با استفاده از تلاقی‌های چندگانه لاین**. اگر چند لاین اینبرد داشته باشیم، بذور حاصل از تلاقی چندجانبه که Syn_0 نامیده می‌شود، در یک بلوک ایزوله کاشته می‌شود و در آخر سال به صورت مخلوط برداشت می‌شوند و در سال بعد در یک بلوک ایزوله بزرگتر، جمعیت Syn_1 را تشکیل می‌دهد و نتاج Syn_2 در سال بعد در بلوک بزرگتری کاشته می‌شوند. بذور حاصل از Syn_2 که در حقیقت Syn_3 می‌باشند به عنوان واریته سنتتیک به زارع تحویل داده می‌شود. هدف از بلوک‌های ایزوله افزایش بذر است.



۲- لاین‌های اینبردی که بر اساس صفات برتر و قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی انتخاب شدند در یک بلوک تلاقی ایزوله کاشته می‌شوند تا تلاقی‌های تصادفی انجام گیرند. این بلوک تلاقی همان Syn_0 است. بذور حاصل یعنی Syn_1 بطور مخلوط برداشت نموده و در سال بعد در بلوک ایزوله بزرگتری کشت می‌شوند. به همین ترتیب کار ادامه می‌یابد تا در بلوک ایزوله Syn_2 بذور Syn_3 بدست آید. عیب این روش این است که امکان انجام تمام تلاقی کم است.

۳- لاین‌های اینبرد مناسب در یک بلوک تلاقی ایزوله در آرایش طرح مربع لاتین بطور تصادفی توزیع می‌شوند که این بلوک Syn_0 نامیده می‌شوند بقیه عملیات مشابه روش قبلی است.

روش دوم و سوم روش‌های سریعی هستند ولی تضمینی برای انجام کلیه تلاقی‌های ممکنه وجود ندارد. هر چند که احتمال انجام تلاقی‌ها در روش سوم بیشتر از روش دوم است.

به‌طورکلی عملکرد بهترین واریته‌های سنتتیک کمتر از عملکرد بهترین واریته‌های هیبرید است، زیرا به هنگام ازدیاد بذر در اثر اینبریدینگ عملکرد کاهش می‌یابد ولی از آنجا که کاهش عملکرد در اثر اینبریدینگ در واریته‌های سنتتیک

کمتر از واریته‌های هیبرید است، زارع می‌تواند چندین سال از مزرعه خود بذرگیری نماید و بذور حاصل را در سال بعد بکارد. با توجه به فرمول زیر می‌توان عملکرد واریته سنتتیک را محاسبه نمود:

$$F_2 = \overline{F}_1 - \frac{\overline{F}_1 - \overline{P}}{n} \qquad \overline{p} = \text{میانگین والدین}$$

هر چه تعداد والدین اینبرد بیشتر باشد میزان کاهش هتروزیس در اثر اینبریدینگ کمتر خواهد بود. نکته اینکه در هر مورد میزان این کاهش در نسل‌های متمادی کاهش می‌یابد.

واریته‌های سینتیک را می‌توان هر چند سال یکبار تولید نمود به این ترتیب که لاین‌های اینبرد والدی را نگهداری می‌کنند تا در صورت نیاز طی مراحل فوق واریته سینتیک مزبور را مجدداً تولید کنند.

تولید واریته‌های کمپوزیت

اصطلاحات کمپوزیت و سنتتیک را معمولاً معادل هم بکار می‌برند ولی معادل نیستند زیرا در واریته‌های کمپوزیت، ژنوتیپ‌های والدی می‌توانند کولیتوارهای آزادگرده‌افشان، لاین‌های اینبرد و ... باشند که تعداد آنها معمولاً زیاد بوده و در نتیجه قابل نگهداری نیستند. بنابراین واریته‌های کمپوزیت مجدداً قابل تولید نخواهد بود و از سوی دیگر به علت زیاد بودن تعداد ژنوتیپ‌های والدی که دارای قابلیت ترکیب‌پذیری نامشخص می‌باشند عملکرد واریته‌های کمپوزیت کمتر از واریته سنتتیک می‌باشد و واریته‌های کمپوزیت معمولاً به عنوان منبعی برای استخراج لاین‌های اینبرد به‌کار می‌روند.

اهداف اصلاحی

عملکرد دانه

با استفاده از ذرت هیبرید به جای ارقام O.P میزان عملکرد ۳۲۵٪ در آمریکا افزایش یافت. عملکرد صفتی پیچیده است که با تعداد زیادی ژن کنترل می‌شود و اثر متقابل بالایی با محیط دارد. زمان رسیدن، مقاومت به خوابیدگی، تنش‌های محیطی، عاری بودن از بیماری‌ها و آفات به طور مستقیم و غیر مستقیم بر عملکرد تأثیر بسزایی دارند. عملکرد، تحت‌تأثیر عواملی همچون طول دوره پرشدن دانه، تمایل به تولید چند خوشه[1]، پاسخ به فتوپریود و کاهش تعداد ساقه‌های عقیم[2] نیز می‌باشد. ارزیابی عملکرد نمی‌تواند مشاهده‌ای و چشمی باشد و بلکه بایستی در چند مکان اثر متقابل ژنوتیپ و محیط نیز ارزیابی گردد.

هیبریدهای ذرت به دلیل داشتن عملکرد بالا، جایگزین واریته‌های زراعی آزادگرده‌افشان[3] شدند. پتانسیل بالای عملکرد، موضوع پیچیده‌ای است که توسط ژن‌های مربوط به جذب موادغذایی، فتوسنتز، تعرق، جابجایی مواد و متابولیسم گیاه ذرت و همچنین به وسیله اثر متقابل ژن‌ها در محیط‌های مختلف تحت تأثیر قرار می‌گیرد. ذرت یک گیاه C_4 است و

[1] Prolificacy
[2] Barren stalks
[3] Open-pollinated

نسبت به گیاه C_3 مانند گندم یا سویا میزان فتوسنتز بالاتری دارد. عملکرد، یک صفت کمّی است و وراثت پیچیده‌ای دارد. ضمناً تعدادی از صفات با عملکرد همبستگی دارند که عبارتند از زمان رسیدگی، تیپ بوته، طول مدت پر شدن دانه، مقاومت به آفات و امراض، چند بلاله بودن و ... . با گزینش برای این صفات در اوایل مراحل اینبردینگ، عملکرد هیبریدها را افزایش داده‌اند ولی علاوه بر گزینش‌های اولیه، در هیبریدهای اولیه حاصل نیز باید عمل گزینش صورت گیرد. هیبریدهای کنونی دارای سیستم ریشه و ساقه قوی هستند و مقداری هم پاکوتاه می‌باشند، زودرس‌تر بوده، برگ‌های بزرگ، رو به بالا و رنگ سبز تیره دارند و برگ‌های آنها حالت سبزی خود را به مدت زیادی حفظ می‌کنند. بلال‌های آنها به‌طور یکنواخت پر شده و بزرگتر هستند و نسبت به آفات و پاتوژن‌ها مقاومت بیشتری در مقایسه با سایر ذرت‌ها دارند. تمام صفات فوق‌الذکر در افزایش عملکرد مؤثر هستند، ولی تک تک آنها نقش کمی در افزایش عملکرد دارند. وجود این صفات به همراه عملیات به‌نژادی و به‌زراعی، عملکرد بالایی را ارائه خواهند نمود. اخیراً روی ذرت‌های چندبلاله نیز کار می‌کنند. در ارتباط با شرایط محیطی، ذرت‌هایی تولید کرده‌اند که در شرایط خشک و خاک غیرحاصلخیز، یک بلال ولی در شرایط مطلوب تعداد بلال بیشتری داشته باشند، تا بتوانند در شرایط مطلوب عملکرد بالاتری ارائه دهند. در ایجاد واریته‌هایی در جهت استفاده از آنها به عنوان علوفه، بیشتر بر روی تعداد پنجه در گیاه و طول ساقه تأکید می‌شود.

برای ارزیابی صحیح عملکرد، می‌بایست آزمایشات عملکرد در چند سال و چند مکان انجام گیرد تا اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط، قابل تشخیص و تفکیک از اثر ژنوتیپ باشند.

۲) سازگاری

سازگاری همانند عملکرد صفتی پیچیده می‌باشد زیرا شامل تعداد زیادی از پاسخ‌های گیاه می‌باشد. عواملی که بر سازگاری اثر می‌گذارند عبارتند از:

۱) زودرسی (که مناسب منطقه تولید می‌باشد)
۲) پاسخ به میزان حاصلخیزی خاک
۳) مقاومت به گرما و خشکی
۴) مقاومت به سرما

۲-۱) زودرسی

چون ذرت مقاومت کمی به سرما دارد، لذا در مناطق معتدل در مدت زمانی که عاری از سرما و یخبندان باشد، رشد می‌کند. در مناطق گرمسیری اگر رطوبت خاک اجازه دهد در سرتاسر سال رشد می‌کند. به‌طورکلی ارقام (O.P) یا هیبریدهایی که از فصل رشد به‌طور کامل استفاده می‌کنند و بالغ می‌شوند، پرمحصول‌ترین ارقام یا هیبریدها در آن مناطق می‌باشند. در مناطقی که محدودیت سرما وجود دارد، ارقام زودرس مزیت دارند. زمان گلدهی تحت تأثیر فتوپریود و درجه حرارت می‌باشد. ذرت اگر در فتوپریودی کوتاهتر از آنچه با آن سازش یافته، رشد یابد، گلدهی آن تسریع می‌شود

و در فتوپریود بلندتر، این امر تأخیر خواهد داشت. قبلاً زودرسی به صورت تعداد روز از زمان کاشت یا سبز شدن گیاه تا زودرسی بود اما به دلیل اشکالاتی همچون تأثیر فصل، مکان، رطوبت خاک، حاصلخیزی خاک، درجه حرارت و دیگر عوامل محیطی، تعداد روز تا زودرسی کنار گذاشته شد. امروزه زودرسی را از لحاظ فیزیولوژیکی بررسی می‌کنند و بدین صورت که یک لایه سیاه[1] در نوک دانه ذرت تشکیل می‌گردد، اگر نوک دانه ذرت را با چاقو خراش دهیم آن لایه مشاهده می‌گردد و معنی آن این است که مواد حاصل از فتوسنتز بیشتر از این به داخل دانه حمل نمی‌شود.

ذرت گیاهی روزکوتاه است که زمان گلدهی آن تحت تأثیر فتوپریود و دما قرار می‌گیرد. در شرایط گرمسیری و نیمه‌گرمسیری، در صورتی‌که رطوبت خاک در دسترس باشد، گیاه ذرت می‌تواند در طول سال رشد کند، ولی در آب و هوای معتدل، فصل رشدی ذرت به دوره غیریخبندان محدود می‌شود. معمولاً هیبریدهایی که مدت بیشتری از فصل رشد را مورد استفاده قرار می‌دهند، عملکرد بیشتری دارند. ولی هیبریدهای زودرس نیز مزایایی دارند که علل استفاده از آنها را فراهم می‌آورند، مانند برداشت زودتر قبل از زمان خطر بارندگی و فراهم آوردن امکان کشت محصول بعدی در همان سال.

۲- ۲) پاسخ به میزان حاصلخیزی خاک

قبلاً به‌نژادگران به دنبال دو نوع ژنوتیپ بودند که برخی در خاک‌های مستعد عملکرد بالا و برخی در خاک‌های نامناسب، عملکرد بالایی داشته باشد. با تولید و افزایش کودها، به‌نژادگران به دنبال ژنوتیپ‌هایی بودند که در محیط مستعد عملکرد بالا داشته باشد. اما با گران‌شدن کودها و اثرات سوء کودها بر محیط زیست، به‌نژادگران به دنبال ژنوتیپ‌هایی هستند که در خاک‌های ضعیف عملکرد بالا داشته باشند.

شواهدی در دست است که ژنوتیپ‌ها در جذب و راندمان فسفر، آلومینیوم، آهن، روی ، منیزیم، کلسیم و مولیبدن متفاوت می‌باشند. بایستی هیبریدها در خاک‌هایی که سطح حاصلخیزی مشابهی با مزارع کشاورزان دارند، مورد آزمایش قرار گیرند تا قبل از آزادسازی هیبریدها، پاسخ آنها مشخص شده باشد.

با استفاده زیاد کودها در مزارع، علاقه به تراکم بیشتر افزایش پیدا کرده است و در نتیجه گیاهان دارای قامتی کوتاه و معمولاً خوشه‌هایی کوچکتر شده‌اند و با افزایش تراکم کاشت در واحد سطح، عملکرد کاهش‌یافته جبران خواهد گردید. راه دیگری نیز وجود دارد که از هیبریدهای چندخوشه‌ای استفاده شود تا کوچکی خوشه جبران شود.

از نظر استفاده از عناصر غذایی خاک، ذرت‌های متفاوتی وجود دارند. امروزه ذرت‌هایی را گزینش می‌کنند که در شرایط یکسان بتوانند از این عناصر استفاده بهتری نمایند. در حال حاضر، اصلاح کمبودهای خاک بیشتر از جستجوی ژنوتیپ‌های مطلوب مد نظر قرار می‌گیرند.

---

[1] Black layer

۲- ۳) مقاومت به گرما و خشکی

گرما و سرما از طریق محدود کردن توسعه ریشه، یا کاهش سطح برگ در زمان رشد رویشی گیاه، یا توسط اثراتی مانند کم‌بودن ردیف‌های بذری بلال، افتادن بلال، شیوع بیشتر سیاهک، خطر بیشتر آفات یا تولید میکوتوکسین قارچی در بلال‌های بیمار موجب کاهش عملکرد و کیفیت ذرت می‌گردند. در صورتی‌که تنش گرما و خشکی در زمان گلدهی رخ دهند، خسارت بیشتری ایجاد می‌گردد. زیرا این تنش‌ها موجب کاهش تعداد ردیف‌های بذری در بلال و همچنین تولید بلال‌های غیربارور و بی‌حاصل می‌گردند. تنش دمای بالا (در حدود ۳۸ درجه سانتی‌گراد) قابلیت زیست دانه گرده را کاهش می‌دهد، در صورتی‌که تنش خشکی، سرعت طویل‌شدن تارهای ابریشمی را کاهش می‌دهد و بنابراین همزمانی بیرون آمدن رشته‌های ابریشمی با ریزش دانه‌گرده از بین می‌رود.

اصلاح برای مقاومت، شامل گزینش لاین‌های اینبردی است که به اثرات مضر تنش گرما و خشکی متحمل هستند. به علت وجود تنوع ژنتیکی در ذرت، می‌توان این گزینش‌ها را اعمال نمود. این نوع مقاومت از نوع صفات کمّی است. برای انتخاب لاین‌های مقاوم، لاین‌های مورد مقایسه را در شرایط گرم و خشک قرار داده و لاین‌های مقاوم را انتخاب می‌کنند. علائم حساسیت به گرما و خشکی عبارتند از خشک‌شدن برگ‌های بالایی و گل‌آذین نر.

۲- ۴) مقاومت به سرما

ذرت در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به کندی جوانه می‌زند و در دمای ۱۳- ۱۲ درجه سانتی‌گراد، گیاهچه‌های ذرت به حمله بیماری‌ها حساس هستند. تنوع ژنتیکی برای تسریع جوانه‌زدن و مقاومت به بیماری در ژنوتیپ‌های ذرت دیده شده است که صفت سرعت جوانه‌زدن مهم‌تر از صفت دوم می‌باشد. چون صفت دوم را می‌توان با قارچ‌کش کنترل کرد.

تحمل سرما بر توانایی جوانه‌زنی سریع ذرت هیبرید در درجه‌حرارت‌های حدود ۱۰ درجه سانتی‌گراد، همراه با مقاومت در مقابل پاتوژن‌های خاکزی اشاره دارد که در این دماهای پایین بلایت گیاهچه‌ای ایجاد می‌شود. هیبریدهای متحمل برای کشت زودهنگام در سرما و خاک‌های مرطوب، مطلوب هستند. آزمون‌های سرمای اینبردها و هیبریدهای ذرت بدین صورت انجام می‌گیرد که بذور را در خاک حاوی پاتوژن در دمای ۱۰- ۹ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰- ۷ روز قرار می‌دهند تا جوانه بزنند. سپس برای تکمیل عمل جوانه‌زنی، درجه‌حرارت را بالا می‌برند. در مزرعه نیز ذرت را ۱۵- ۱۰ روز زودتر از تاریخ کاشت اصلی کشت می‌کنند و درصد سبز شدن (یا جوانه‌زنی) را محاسبه کرده و ژنوتیپ‌هایی را که قدرت سبز شدن (یا جوانه‌زنی) بیشتری دارند شناسایی می‌کنند. آزمون بعدی، تماس بذور جوانه‌زده با خاک غیر استریل مزرعه (و یا به‌طور مصنوعی خاک آلوده به بیماری) می‌باشد. مقاومت به این دو تنش اجازه کاشت زودتر گیاه ذرت و کاشت در ارتفاع بالاتر را خواهد داد.

۳- مقاومت به ورس

ژنوتیپ‌ها معمولاً برای ورس ریشه[1] و شکستگی ساقه[2] ارزیابی می‌شوند تا هیبریدهای مقاوم به خوابیدگی به دست آیند. اگر گیاه بیش از ۳۰ درجه از خط عمود فاصله داشته باشد ورس ریشه گفته می‌شود. ریشه قوی در مکان‌هایی که باد، باران و ازت خاک زیاد می‌باشد، اهمیت دارد. خوابیدگی حاصل از ریشه در نتیجه پوسیدگی ریشه، خسارت ریشه از آفات و یا ضعیف بودن ذاتی ریشه صورت می‌گیرد. اینبردهایی که ایستاده هستند، ریشه قوی‌تری دارند و معمولاً برای ارزیابی مقاومت و توسعه ریشه از مقدار نیروی لازم برای بیرون کشیدن گیاه ذرت از خاک استفاده می‌کنند و به عنوان یک معیار توسعه سیستم و ریشه محسوب می‌شود. ساقه شکسته در قسمت زیر خوشه ورس ساقه[3] گفته می‌شود. تنوع ژنتیکی برای مقاومت به شکستگی ساقه وجود دارد که به عواملی بستگی دارد.

۱) ارتفاع گیاه و مکان خوشه روی ساقه (کوتاهی و مکان پائین‌تر خوشه)

۲) قدرت ذاتی ساقه

۳) مقاومت به بیماری

۴) مقاومت به آفات

۵) مقاومت به سرما

۴- مقاومت به افتادن بلال

مقاومت به افتادن بلال از این جهت مهم است که در برداشت مکانیزه، جمع‌آوری بلال‌های افتاده امکان‌پذیر نیست، مقاومت به افتادن بلال با درصد بلال‌هایی که به هنگام برداشت روی زمین افتاده‌اند، ارزیابی می‌شود. در این زمینه نیز بین ارقام ذرت تنوع ژنتیکی وجود دارد. میزان افتادن بلال به طول و استحکام دم بلال، وزن بلال و صدمات آفات و پاتوژن‌ها به دم بلال بستگی دارد. دم بلال فتوسنتز انجام داده و بلال را تقویت می‌کند. بلال‌های سنگین نیاز به دم‌های بلند مستحکمی دارند که نشکنند. صدمات وارده به دم بلال، مانند تونل‌های حاصل از فعالیت کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت، یا صدمات پاتوژن‌های بیماری‌زایی که در این تونل‌ها فعالیت می‌کنند موجب افزایش افتادن بلال می‌گردد. دم بلال‌های بلند از لحاظ ساختاری ضعیف‌تر بوده و سطح بیشتری را برای فعالیت کرم ساقه‌خوار فراهم می‌آورند. مقاومت به افتادن بلال با گزینش برای دم بلال‌های کوتاه و قوی و مقاومت به کرم‌های ساقه‌خوار و پوسیدگی‌های ساقه و بلال قابل حصول است. در گزینش برای دم بلال‌های کوتاه و قوی باید توجه داشت که دم بلال‌ها باید به اندازه‌ای طول داشته باشند که به هنگام رسیدگی مقداری به طرف پائین خم شوند تا رطوبت در بین برگ‌های محافظ باقی نمانده و موجب پوسیدگی بلال نگردد.

---

[1] Root lodging
[2] Talk breakage
[3] Stalk lodged

۵- اصلاح برای خاکورزی حداقل

مدت ها است که خاکورزی حداقل[1] و فقدان خاکورزی[2] متداول گشته است و این باعث می‌شود که به‌نژادگر به بررسی موارد زیر بپردازد تا عملکرد ارقام هیبرید ذرت در آن شرایط حداکثر باشد:

۱) قدرت و توانایی جوانه‌زدن بذر در خاک سرد و مرطوب

۲) توسعه ریشه در خاکی که حداقل خاکورزی را دارد.

۳) مقاومت به علف‌کش برای کشتن علف‌های هرز سبز قبل از کاشت یا کنترل علف‌های هرز ذرت.

۴) مقاومت به بیماری و آفات که تحت شرایط محیط‌های با حداقل خاکورزی باقی می‌مانند.

۵) با فراهم‌کردن این شرایط می‌توان اینبردهای لازم را بدست آورد.

۶- کیفیت

عوامل مهم در تعیین کیفیت دانه عبارتند از:

۱) درصد پروتئین

۲) کیفیت پروتئین (از لحاظ میزان اسیدآمینه‌های ضروری)

۳) درصد روغن

۴) درصدکربوهیدرات

میزان پروتئین یک صفت کمّی است که تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد. مثلاً هر چه میزان کود ازته بیشتر شود، درصد پروتئین نیز بیشتر می‌شود. پس از هفتاد دوره گزینش بلال به ردیف در یک رقم ذرت توانستند درصد پروتئین را از ۱۰/۹ به ۲۶/۶ برساند. افزایش میزان کل پروتئین توسط عملیات اصلاحی، ارزش غذایی ذرت را برای تغذیه حیوانات غیرنشخوارکننده افزایش نمی‌دهد، زیرا این افزایش در جزء زئین پروتئین‌های اندوسپرم ایجاد می‌گردد. زئین ۸۰٪ کل پروتئین دانه را تشکیل می‌دهد و از لحاظ اسیدهای‌آمینه ضروری (لیزین و تریپتوفان) فقیر است. در ذرت با افزایش میزان پروتئین معمولاً عملکرد کاهش می‌یابد.

۷-۱) اصلاح برای افزایش پروتئین ذرت

چون انرژی ذرت بالا و پروتئین آن کم است، لذا توجه به‌نژادگران به افزایش مقدار و کیفیت پروتئین ذرت معطوف گشته است. میزان پروتئین یک صفت کمّی است و با تعداد زیادی ژن (به صورت افزایشی) کنترل می‌گردد و به شدت تحت تأثیر محیط است. برای تولید هیبرید با پروتئین بالا، به اینبردلاین‌هایی با پروتئین بالا و نیز کاشت هیبریدها در خاک‌هایی با ازت بالا نیاز می‌باشد.

---

[1] Minimum-tillage
[2] No-tillage

پروتئین در ذرت

۱) **جنین:** که از لحاظ غذایی متعادل بوده و حدود ۲۰٪ از کل پروتئین ذرت را تشکیل می‌دهد.

۲) ***اندوسپرم:*** (که مشهور به زئین[1] است) و از لحاظ ۲ آمینو اسید *lysine* و *tryptophan* فقیر است و لذا نامتعادل هستند و از لحاظ غذایی کمبود دارند.

اگر از طریق اصلاح ژنتیکی و یا وارد کردن ازت به خاک، پروتئین افزایش یابد یعنی *zein* بالا رفته است و *nonzein* کاهش می‌یابد. لذا ارزش غذایی ذرت با پروتئین زیاد برای حیوانات غیرنشخوارکننده افزایش نمی‌یابد (هر چند که پروتئین هیبرید افزایش یافته است).

افزایش کیفیت پروتئین

در سال ۱۹۶۴ دانشمندان با کشف ژن مغلوب اوپک-۲ (*opaque-2*) گزارش دادند که در صورت استفاده از این ژن، درصد لیزین و تریپتوفان از ۳٪ به ۴/۵٪ افزایش می‌یابد. با این وجود، استفاده از این ژن در ذرت با مشکلاتی مانند کم شدن وزن هزار دانه و عملکرد دانه، حساسیت به آفات و پاتوژن‌ها و نرم و نشاسته‌ای‌شدن اندوسپرم همراه است. برای کاهش عوارض نامطلوب ژن اوپک-۲، یک‌سری ژن‌های تغییر دهنده را همراه این ژن وارد ذرت کرده‌اند که این ژن‌های همراه موجب می‌گردند بافت اندوسپرم ذرت از حالت آردی به شیشه‌ای تبدیل گردد. ولی از سوی دیگر، این ژن‌ها باعث کاهش مقدار لیزین هم می‌شوند. در مرکز بین‌المللی اصلاح گندم و ذرت (CIMMYT) روی ژن اوپک-۲ کار می‌شود. راه دیگر افزایش لیزین و تریپتوفان، استفاده از روش گزینش در بین ذرت‌های معمولی است. در ممالکی نظیر آمریکای جنوبی که از لحاظ میزان تولید، رقابتی وجود ندارد و ذرت به مصرف موجودات تک‌معده‌ای (انسان، طیور) می‌رسد، برای افزایش کیفیت پروتئین از ژن اوپک-۲ استفاده می‌شود، ولی در ممالکی که از لحاظ میزان تولید رقابت وجود دارد و نیز ذرت حاصله به مصرف حیوانات نشخوارکننده می‌رسد از روش گزینش استفاده می‌شود.

به‌نژادگران به دنبال ذرت‌هایی بودند که *zein* کمی داشته باشند و این امر منجر به تولید دو لاین دارای ژن‌های موتانت *floury-2* و *opaque-2* گردید تا ذرت‌هایی با *lysine* بالاتری از ذرت‌های نرمال تولید شوند. میزان لایسین *opaque-2* حدود ۴٪ پروتئین اندوسپرم بود (یعنی دو برابر ژن‌های معمولی)، در حالی‌که این میزان برای *floury-2* حدود ۳/۴٪ بود. تنوع ژنتیکی برای ذرت‌هایی که از لحاظ غذایی بهتر از ارقام قبلی هستند، گزارش شده است. در راه افزایش پروتئین مشکلاتی وجود دارد که با وارد کردن ژن‌های *floury-2* و *opaque-2* ظاهر می‌شود:

۱) عملکرد دانه و وزن دانه کاهش می‌یابد

۲) دانه‌های ذرت دارای اندوسپرم نرم و نشاسته‌ای می‌گردد.

---

[1] Zein

۷- ۲) اصلاح برای افزایش روغن بذر

میزان روغن نیز یک صفت کمّی است. پس از ۷۰ دوره گزینش بلال به ردیف در یک رقم ذرت توانسته‌اند درصد روغن را از ۴/۷ به ۱۶/۶ افزایش دهند. از آنجایی‌که قسمت عمده‌ای از روغن دانه ذرت در جنین می‌باشد، گزینش نژادهایی که جنین بزرگ دارند مقدار روغن دانه را افزایش خواهد داد. در مصارف صنعتی (استحصال روغن) و تغذیه مرغ، خوک یا گاوهای شیری درصد روغن اهمیت دارد. افزایش میزان روغن در ذرت با استفاده از روش‌های اصلاحی معمولاً منجر به کاهش عملکرد دانه و کاهش اسیدهای چرب اشباع‌نشده (اسید لینولئیک)، که برای رژیم‌های کم کلسترول مناسب است، می‌گردد.

چون روغن ذرت در جنین می‌باشد دانه‌های دارای جنین بزرگتر، روغن بیشتری دارند. تلاش برای تولید ذرت با روغن بالا ، باعث گردیده که عملکرد و لینولئیک اسید کاهش یابد. می‌دانیم که لینولئیک اسید یک اسید چرب غیر اشباع[1] است که برای رژیم‌های غذایی با کلسترول کم بسیار مطلوب می‌باشد.

[1] Unsaturated fatty acid

فصل سوم
چغندرقند
SUGAR BEET

مقدمه

در بین گیاهان صنعتی، چغندرقند گیاهی است نسبتاً جدید که ساخته دست بشر است. البته در زمان‌های قدیم چغندر وجود داشت، ولی به صورت علوفه‌ای و لبوئی مصرف می‌شده است. اولین بار دانشمندی بنام آندره ماراگراف در سال ۱۷۴۷ کشف کرد که در چغندرقند، مقداری قند شبیه به قند نیشکر وجود دارد. میزان قند چغندرهای آن زمان ۷- ۰/۵ درصد بود. ولی در آن زمان امکان استخراج قند از چغندر وجود نداشت و قند مورد نیاز از نیشکر بدست می‌آمد. ۵۰ سال بعد شخصی بنام آکارد که شاگرد ماراگراف بود، روش استخراج قند از چغندر را در سطح تجاری کشف نمود و اولین کارخانه قند تأسیس شد. وی در رابطه با به‌زراعی و به‌نژادی چغندر نیز کارهایی را انجام داد و رقمی با ریشه سفید با میزان ۱۰- ۷ درصد قند تولید نمود. دانشمند دیگری بنام لوئی ویلمورن کارهای آکارد را دنبال نمود و در زمینه اصلاح چغندرقند فعالیت‌های زیادی انجام داد و همچنین روش‌های سریعی را برای اندازه‌گیری قند ابداع نمود. وی اولین شخصی بود که روش آزمون نتاج را معرفی کرد. به‌عبارت دیگر، این تکنیک برای اولین بار توسط لوئی ویلمورن و در رابطه با چغندرقند بکار رفته است. در اثر عملیات اصلاحی، میزان قند در طی حدود ۲۰۰ سال از ۷- ۵ درصد به ۲۵- ۲۴ درصد نیز رسیده است. ولی تیپ‌هایی که درصد قند بالایی دارند دارای عملکرد ریشه پایینی هستند، بنابراین از آنجایی‌که:

درصد قند × عملکرد = میزان قند در هکتار

معمولاً از تیپ‌های با درصد قند متوسط (۱۸- ۱۳٪) و عملکرد ریشه‌ای بالا استفاده می‌شود.

وضعیت ژنتیکی و گیاه شناسی

چغندرقند بومی مدیترانه و گیاهی است دیپلوئید و دارای ۱۸= $2x$= ۲n کروموزوم می‌باشد که تکامل آن توسط جهش ژنی و مقداری هم از طریق هیبریداسیون بین‌گونه‌ای صورت گرفته است. جنس *Beta* دارای گونه‌های متعددی است که این گونه‌ها را در چهار گروه عمده تقسیم‌بندی می‌کنند. چغندرقند (*Beta vulgaris L*) از گروه *Vulgaris* است. تمامی چغندرهای علوفه‌ای و لبوئی هم از این گروه هستند. چغندرقند از چغندرهای علوفه‌ای و لبوئی مشتق شده است. تمام گونه‌های موجود در این گروه در تلاقی با هم هیبریدهای بارور تولید می‌کنند و اصولاً انتقالات ژنتیکی در داخل این گروه انجام شده است. *B. maritime* احتمالاً جد وحشی چغندر است که یک‌ساله و مقاوم به سرکوسپورا می‌باشد، این مقاومت از این گونه به گونه *B.vulgaris* منتقل شده است.

چغنـدرقند گیاهی دوساله است. یعنی در سال اول رشد رویشی دارد و ریشه می‌دهـد و در سال دوم بـذر تولید می‌نماید. بعضی از گونه‌های وحشی چغندر، یک‌ساله می‌باشند. یک‌ساله بودن با یک ژن غالب کنترل می‌شود و چغندر زراعی در اثر جهش آلل غالب به مغلوب، دوساله شده است.

پدیده بولتینگ[1]

بولتینگ در مفهوم عام یعنی گلدهی چغندر. اگر چغندر سرما ببیند به ساقه می‌رود و گل می‌دهد (این اصطلاح معادل ورنالیزاسیون در گندم است). اما اصطلاح بولتینگ را زمانی به‌کار می‌برند که چغندر در سال اول در اثر سرما دیدن به گل برود. یعنی سرمای دیررس بهاره موجب می‌گردد که چغندر در سال اول، علاوه بر تولید ریشه، گل بدهد. این حالت سبب می‌شود که بین اندام‌های رویشی و زایشی گیاه در ارتباط با استفاده از موادغذایی رقابتی ایجاد شود و در نهایت عملاً حدود ۵۰٪ از عملکرد ریشه کاهش یابد. بنابراین در مناطق سردسیر سعی می‌شود که از ارقام مقاوم به بولتینگ استفاده شود. این صفت یک صفت کمّی است و توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌شود.

خودناسازگاری

سیستم خودناسازگاری در چغندر از نوع گامتوفیتی است. این ناسازگاری توسط ۴ مکان ژنی گامتوفیتیک *Sd,Sc,Sb,Sa* کنترل می‌شود. شرط ناسازگاری، مشابه‌بودن آلل‌های دانه گرده و خامه است.شدت خودناسازگاری در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت است و عده‌ای از ژنوتیپ‌ها شدیداً خودناسازگار می‌باشند. معمولاً برای اینکه سازگاری را بیشتر نمایند چغندر را در ارتفاعات سردسیر می‌کارند و از این طریق برای تولید لاین‌های اینبرد، بذر خود بارور بدست می‌آورند.

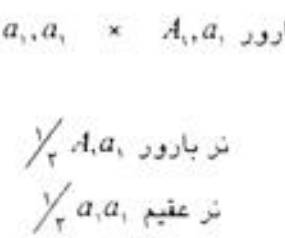
نرعقیمی

هر دو نوع نرعقیمی ژنتیکی و ژنتیکی- سیتوپلاسمی در چغندر دیده شده است:

الف) نرعقیمی ژنتیکی

در چغندر دو مکـان ژنی وجـود دارد که وجود حالت هموزیگوسی مغلوب در هر یک از آنها منجـر به نـرعقیمی می‌گردد. (a_1a_1 و a_2a_2 هر دو نرعقیم هستند). ولی به علت مشکل بودن نگهداری افراد نرعقیم ژنتیکی از این حالت در تولید واریته‌های هیبرید استفاده نمی‌شود. برای نگهداری تیپ نرعقیم ژنتیکی از ایزوژن آن استفاده می‌گردد که نیمی از نتاج حاصل از تلاقی، نرعقیم و نیم دیگر نربارور خواهند شد که تشخیص آنها در مزرعه مشکل است.

[1] Bolting



ب) نرعقیمی ژنتیکی- سیتوپلاسمی (یا هسته‌ای- سیتو پلاسمی یا نوکلئو سیتوپلاسمی)

امروزه از این نوع نرعقیمی استفاده بیشتری می‌شود. در چغندر دو مکان ژنی X و Z به همراه سیتوپلاسم نرعقیم منجر به نرعقیمی می‌شود. به‌طوری‌که *Sxxzz* نرعقیم می‌باشد. در مکان ژنی X غالبیت کامل ولی در مکان ژنی Z غالبیت ناقص وجود دارد. اگر سیتوپلاسم نرمال (N) باشد، تمام حالات بارور خواهند شد. مانند *Nxxzz* و *NXxZz* ولی موقعی که سیتوپلاسم عقیم (S) باشد، حالت‌های نرعقیم، نربارور و حدواسط وجود خواهند داشت.

SXXZZ کاملاً نربارور

SXxZx نیمه نرعقیم- معمولاً مقداری گرده سالم دارد و گاهی تشخیص آن از گیاه بارور مشکل است.

SXxzz معمولاً نیمه نرعقیم

SxxZz معمولاً نیمه نرعقیم

Sxxzz کاملاً نرعقیم

برای تولید واریته‌های هیبرید، سیستم *Sxxzz* را به والد منتقل می‌کنند. تولید واریته‌های هیبرید در چغندر زمانی عملی شد که سیستم نرعقیمی کشف گردید. زیرا اخته‌کردن مکانیکی چغندر مشکل است.

برای انتقال سیستم نرعقیمی *Sxxzz* از یک گیاه نرعقیم به لاین مطلوب مورد نظر، گیاه نرعقیم را با لاین مطلوب تلاقی می‌دهند و پس از چندین نسل بک‌کراس با والد مطلوب، در نهایت لاین مطلوب نرعقیم تولید می‌کنند.

برای تولید و نگهداری لاین *Sxxzz* آنرا با لاین نگهدارنده‌اش، یعنی *Nxxzz* که در حقیقت ایزوژن آن است تلاقی می‌دهند:

$$Sxxzz \times Nxxzz \longrightarrow Sxxzz$$

در چغندرقند، تیپ *Nxxzz* را تیپ O[1] می‌نامند که نتاج حاصل از تلاقی آن با تیپ نرعقیم، همگی نرعقیم می‌باشند. برای نگهداری این لاین ایزوژن، می‌توان آن را خود بارور نمود. ولی در صورتی که خودناسازگاری وجود داشته باشد این کار عملی نخواهد بود. در این حالت از روش‌های زیر استفاده می‌شود:

۱) تکثیر غیرجنسی

[1] O-type

۲) کاشت در ارتفاعات

۳(وارد کردن ژن خودباروری S_f به آن و ایجاد خودسازگاری کاذب (آلل S_f در بیشتر گیاهان در بین آلل‌های خودناسازگاری وجود دارد).

امروزه روش سوم کاربرد بیشتری دارد.

ساختمان گل در چغندرقند

گل‌های چغندر دوجنسه هستند ولی به علت نداشتن گلبرگ ناقص می‌باشند. هر گل دارای ۵ کاسبرگ، ۵ پرچم چسبیده به کاسبرگ و یک مادگی با کلاله سه شاخه هستند. معمولاً چغندر در سال دوم، ساقه گل‌دهنده تولید می‌کند. گل‌ها فاقد دم‌گل هستند و به صورت منفرد یا مجتمع در دستجات ۷- ۲ تایی در انتهای ساقه اصلی و در روی شاخه‌های فرعی تشکیل می‌شوند. هر گاه گل‌ها به صورت منفرد قرار گیرند بذور حاصله تک‌جنینی[1] خواهند شد، ولی در صورتی که گل‌ها به صورت مجتمع باشند، بذور مربوط به این گل‌ها به هم چسبیده و بذور حاصله، چندجنینی[2] خواهند بود. در صورت کشت بذور چندجنینی از هر بذر چندین بوته تشکیل خواهد شد. بنابراین در صورت استفاده از این نوع بذور، زارع باید پس از جوانه‌زنی اقدام به تنک‌کردن نماید که این امر منجر به افزایش هزینه تولید خواهد شد. در مناطقی که خاک غنی نیست و تهیه زمین به‌خوبی صورت نمی‌گیرد، کشت بذرهای چندجنینی بهتر است. زیرا در این حالت تعداد زیادی بوته تشکیل خواهد شد و اگر برخی بوته‌ها از بین بروند اشکالی بوجود نخواهد آمد. ولی در مناطقی که شرایط آب و هوایی و خاک مساعد باشد، از بذور تک‌جنینی استفاده می‌شود. از آنجائی‌که از هر بذر تک‌جنینی یک بوته به‌وجود می‌آید هزینه تنک‌کردن و در نتیجه هزینه تولید کاهش می‌یابد. این موضوع به خصوص در ممالکی که دستمزد کارگران کشاورزی بالاست حائز اهمیت می‌باشد، همچنین مقدار کمتری بذر در زمین کاشته می‌شود. ولی در عوض باید زمین آن خوب تهیه شود، چون در این حالت اندازه بذر کوچک است و نیز بذور به علت تک‌جنینی بودن حساس می‌باشند.

گلدهی و گرده‌افشانی

چغندرقند دارای رشد زایشی نامحدود[3] می‌باشد و از شروع گلدهی تا هنگام رسیدن به طور مداوم گل می‌دهد. چغندر گیاهی است دگر بارور و به علت سبک‌بودن دانه گرده، باد عامل انتقال گرده می‌باشد و حشرات نقش ناچیزی در انتقال آن دارند، بنابراین به هنگام تکثیر بذر با انجام تلاقی، ایزولاسیون در حدود ۲- ۱ را در نظر می‌گیرند. گلدهی معمولاً از قسمت‌های پایین محور گل شروع شده و به طرف بالا ادامه می‌یابد. معمولاً گل‌ها صبح باز می‌شوند ولی این گلدهی می‌تواند تا عصر ادامه یابد.

---

[1] Monogerm
[2] Polygerm or multigerm
[3] Indeterminate

چغندر گیاهی است پروتوژن. مادگی معمولاً حدود ۶ روز قبل از گرده‌افشانی آماده تلقیح می‌باشد و حدود ۱۲ روز بعد از گرده‌افشانی نیز می‌تواند گرده را جذب نماید. مدت زمان تلقیح یعنی از زمان نشستن گرده روی کلاله تا زمان اتحاد گامت‌ها حدود ۲۰ ساعت طول می‌کشد. طول عمر دانه‌گرده در دمای معمولی از چند ساعت تا ۲۰ ساعت می‌باشد. ولی در دمای ۱۰- ۰ درجه سانتیگراد تا ۵ سال هم زنده می‌مانند.

سیستم‌های کنترل گرده‌افشانی

خودباروری

برای انجام خودباروری، یک ساقه گل‌دهنده را به وسیله پاکت می‌پوشانند (معمولاً از پاکت سفید استفاده می‌شود تا درجه‌حرارت زیاد افزایش نیافته و گرده‌ها از بین نروند). اگر بخواهند کل بوته را خودبارور کنند آن را زیر چادر سفید قرار می‌دهند. گاهاً برای جلوگیری از رشد آفات و پاتوژن‌ها، قبل از پاکت‌گذاری اقدام به سمپاشی می‌گردد.

دورگ‌گیری

از آنجائی‌که چغندر دارای گل‌های دوجنسه است، بایستی والد ماده قبل از دورگ‌گیری اخته شود. این کار قبل از باز شدن گل صورت می‌گیرد، یعنی زمانی که پرچم‌ها به رنگ زرد پررنگ درنیامده‌اند و گل حالت گوشتی به خود گرفته و کاملاً باز نشده است. در این هنگام بوسیله پنس نوک تیز، ۵ پرچم را بیرون می‌کشند. چون گلدهی در چغندر ادامه‌دار است، در یک شاخه گل‌دهنده انواع گل‌های ریز، گوشتی و باز وجود دارد. پس در موقع اخته‌کردن گل‌های مناسب را اخته کرده و بقیه را حذف می‌کنند. سپس کل ساقه را با پاکت می‌پوشانند. در موقع اخته‌کردن بایستی دقت نمود که پنس با مادگی برخورد نکند. چون مادگی ۶ روز قبل از گرده‌افشانی آماده است، می‌توان عمل انتقال دانه گرده را بلافاصله بعد از اخته‌کردن تا چند روز بعد (حتی تا ۱۲ روز بعد) هم انجام داد. اما بهترین زمان حدود ۷ روز بعد از اخته‌کردن است. معمولاً دانه‌گرده را یک روز قبل جمع‌آوری نموده و در دمای اتاق یا یخچال نگهداری می‌کنند و روز بعد آن را بوسیله قلم مو روی کلاله قرار می‌دهند.

اگر عمل دورگ‌گیری وسیع باشد با توجه به اینکه چغندر خودناسازگاری دارد عمل اخته‌کردن را انجام نداده و فقط اقدام به انتقال دانه‌گرده می‌نمایند و در نهایت برای شناسایی هیبریدها، از ژن‌های نشانگر استفاده می‌نمایند. از جمله این ژن‌ها می‌توان ژن عامل قرمزی ساقه را نام برد. با کاشت مجاورتی دو گیاه والد خودناسازگار در داخل حصارهای سفید رنگ نیز می‌توان دورگ‌گیری را عملی ساخت.

روش‌های اصلاحی چغندرقند

روش‌های اصلاحی چغندرقند را می‌توان عمدتاً به سه گروه تقسیم نمود:

۱) اصلاح جمعیت‌ها

۲) تولید واریته‌های هیبرید
۳) پلی‌پلوئیدی

اصلاح جمعیت‌ها

قبل از زمان ابداع و استفاده از روش‌های دوم و سوم برای اصلاح چغندرقند از روش‌های اصلاح جمعیت استفاده می‌شد و جمعیت حاصل به صورت یک واریته ناهمگن در اختیار زارع قرار می‌گرفت. ولی امروزه این روش اغلب برای افزایش فراوانی ژن‌های مطلوب در جمعیت جهت استخراج لاین اینبرد به کار می‌رود. از روش‌های اصلاح جمعیت می‌توان روش‌های ذیل را ذکر نمود.

الف) گزینش توده‌ای

این روش از قدیمی‌ترین روش‌های اصلاح چغندرقند می‌باشد. احتمالاً ارقام وحشی با اعمال این روش به صورت زراعی تبدیل شده‌اند. همچنین از این روش برای ایجاد ارقام مقاوم به بیماری لکه‌برگی و پیچیدگی برگ استفاده شده است. در این روش بذور جمعیت اول را در سال اول کشت نموده و در طول فصل رویشی بوته‌ها را از لحاظ صفات ظاهری ارزیابی می‌کنند و در آخر سال در میان ریشه‌های گیاهان انتخابی از لحاظ شکل و اندازه و درصد قند گزینش انجام می‌گیرد.

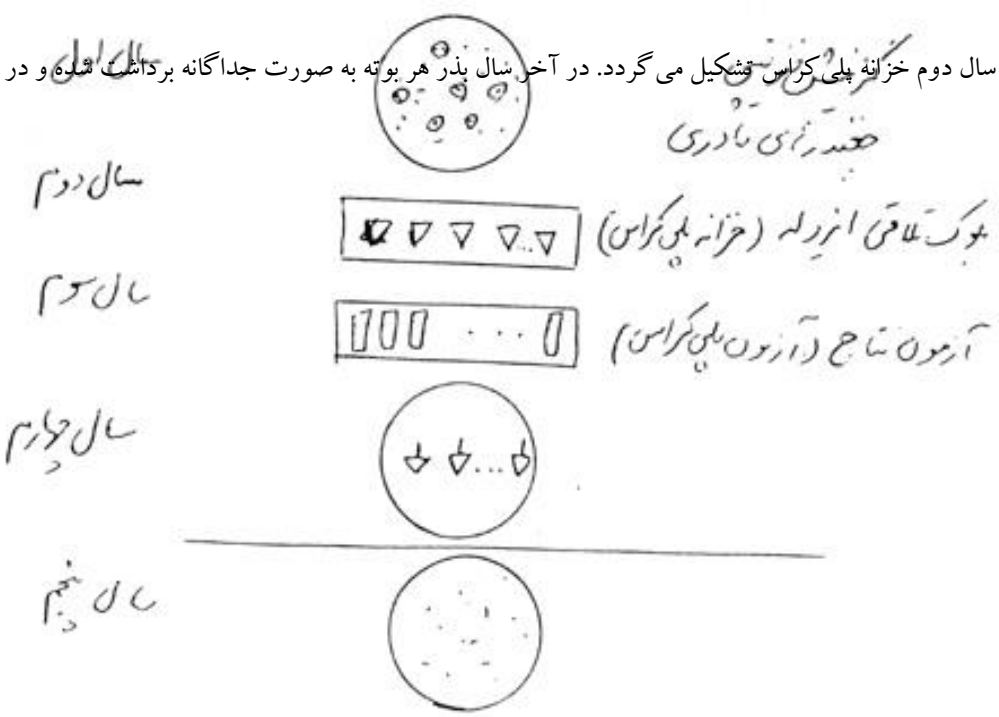
بر عکس گزینش توده‌ای در ذرت، در گزینش توده‌ای چغندقند کنترل والدین کامل است. زیرا در سال دوم بوته‌های مطلوب کاشته می‌شود. بدین ترتیب بهترین بوته‌ها انتخاب شده و در یک بلوک تلاقی ایزوله کاشته می‌شود تا در بین این گیاهان انتخابی گرده‌افشانی تصادفی انجام گیرد. در آخر سال بلوک تلاقی ایزوله به صورت مخلوط برداشت شده و نمونه‌ای از آن در سال دوم برای شروع دوره گزینش بعد کاشته شده و گزینش دوباره انجام می‌شود. در این روش آزمون نتاج انجام نمی‌گیرد و گزینش بر اساس فنوتیپ است ولی برخلاف گزینش توده‌ای در ذرت، گرده‌افشانی کنترل می‌شود و بوته‌های انتخابی با هم تلاقی می‌یابند. پس کارآیی گزینش توده‌ای در چغندر بیش از ذرت است ولی به خاطر دوساله‌بودن چغندر اعمال گزینش توده‌ای در این گیاه دو سال طول می‌کشد و بازده گزینش در چغندر و ذرت برابر است.

ب) گزینش لینه مادر (خانواده‌ای)

این روش از قدیمی‌ترین روش‌های اصلاح چغندرقند است. در قرن نوزده لویی ویلمورن برای اولین بار این روش را برای اصلاح چغندرقند مورد استفاده قرار داد. این روش تقریباً مشابه روش بلال به ردیف در ذرت است.

روش کار بدین صورت است که در سال اول جمعیت مورد نظر کشت شده و بوته‌ها از نظر فرم ریشه، مقاومت به بیماری، درصد قند ریشه و سایر خصوصیات مطلوب مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و تعدادی از چغندرها به نام چغندرهای مادری انتخاب می‌گردند. در سال دوم ریشه‌های این چغندرهای مادری در یک بلوک تلاقی ایزوله کاشته شده و تلاقی تصادفی انجام می‌گیرد. لازم به ذکر است که چغندر گیاهی است دگربارور و گرده‌افشانی آزاد دارد.

در سال دوم خزانه پلی‌کراس تشکیل می‌گردد. در آخر سال بذر هر بوته به صورت جداگانه برداشت شده و در سال سوم در آزمون پلی‌کراس م



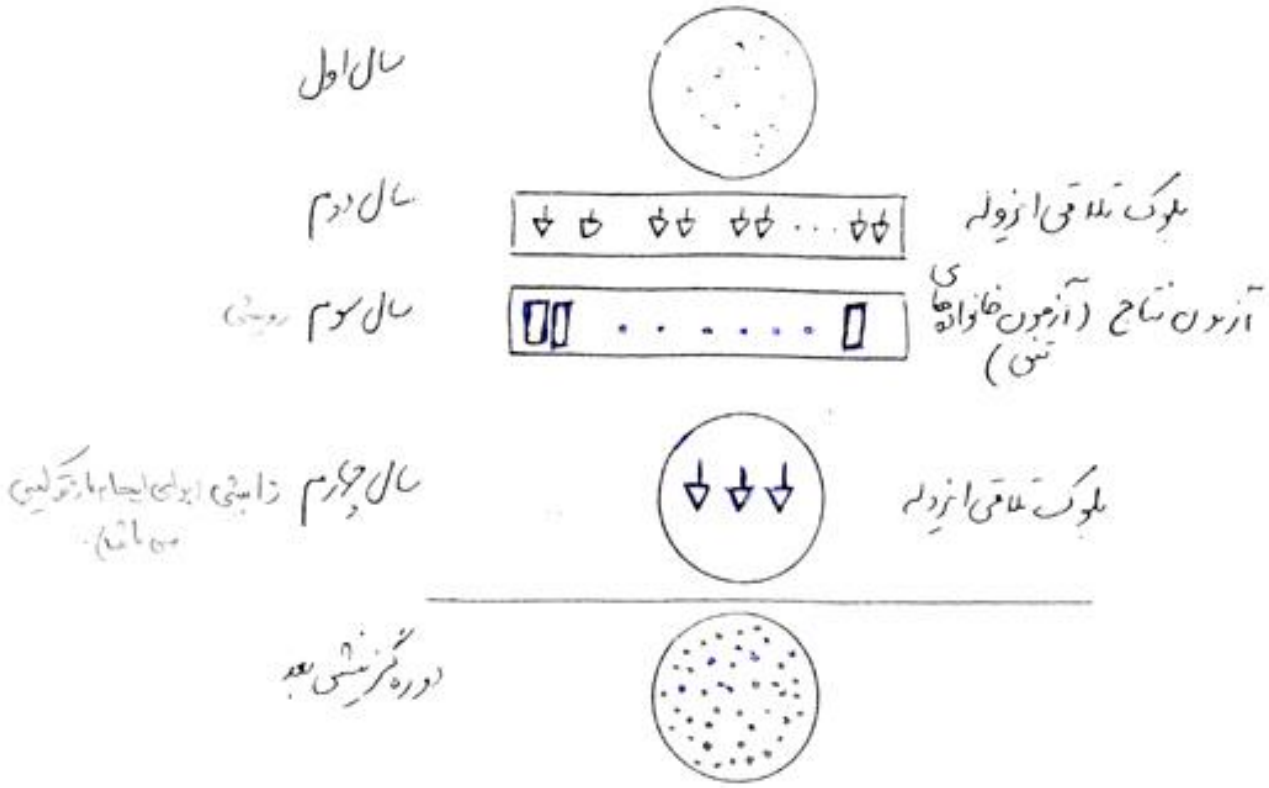
می‌گردد. *بدین ترتیب هر دوره گزینش ۴ سال طول می‌کشد. واحد گزینش خانواده‌های ناتنی (نیمه‌تنی) و واحد ترکیب برادر خواهران ناتنی است و کنترل والدین کامل است.*

تمرین: فرمول پیشرفت ژنتیکی را برای این روش بنویسیدۀ

ج) گزینش دوره‌ای با انجام تلاقی دو به دو

در این روش در سال اول جمعیت کشت شده و بوته‌ها از لحاظ صفات ظاهری، فرم و درصد قند ریشه مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. در آخر سال تعدادی ریشه، انتخاب شده و در سال دوم یک بلوک تلاقی ایزوله به صورت دو به دو تلاقی داده می‌شوند. بذور حاصل که برادر خواهران تنی خواهند بود در سال سوم در آزمون نتاج یا آزمون خانواده‌های تنی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و بهترین نتاج انتخاب شده، ریشه‌های آنها در سال چهارم در یک بلوک تلاقی ایزوله کشت می‌شوند تا تمام تلاقی‌های ممکنه بین آنها انجام شود و در آخر سال کلیه بذور به صورت مخلوط برداشت و نمونه‌ای از آن در سال پنجم کاشته شده و دوره گزینش بعد آغاز می‌شود.

این روش همانند گزینش دوره‌ای متقابل در ذرت است. آزمون نتاج وجود دارد و گرده‌افشانی کنترل می‌شود. واحد گزینش و واحد ترکیب خانواده‌های تنی است. از این روش برای ایجاد مقاومت به پیچیدگی برگ استفاده کرده‌اند.



۱- تولید واریته‌های سینتیک

مزیت این روش این است که کلون کردن آن راحت می باشد. روش تولید واریته‌های سنتیک در چغندرقند مشابه روش دوم در گزینش خانواده‌ای یا لینه مادر است. با این تفاوت که در سال دوم با اینکه گرده‌افشانی آزاد انجام می‌شود از هر بوته گل‌دهنده یک بوته خودبارور می‌شود و اقدام به کلون‌گیری می‌شود. در سال چهارم به جای اینکه از بذور حاصل از تلاقی استفاده شود از کلون یا بذور حاصل از خودباروری نگهداری شده در انبار استفاده می‌شود و ریشه‌های حاصل در سال پنجم در یک بلوک تلاقی ایزوله کشت می‌گردد تا کلیه تلاقی‌ها بین آنها انجام گردد. بذور حاصل یک واریته سنتیک خواهد بود. در این روش چغندرهای مادری از طریق خودگشنی یا تکثیر غیرجنسی نگهداری می‌شود تا در هر زمان که لازم بود بتوان آنها را ترکیب نموده و واریته سینتیک مزبور را مجدداً تولید نمود.

۲- تولید واریته های هیبرید :

اولین روشی که در تولید بذر هیبرید چغندرقند بکار رفته تولید بذر هیبرید از طریق کاشت لاین‌های اینبرد است ولی بذر هیبرید حاصل هتروزیس زیادی نشان نمی‌داد زیرا بذر هیبرید حاصل از تلاقی و خودباروری بود.

به علت اینکه گل‌های چغندرقند کوچک است اخته‌کردن مکانیکی والد ماده در سطح وسیع بسیار مشکل است. بدین جهت امروزه برای تولید بذر هیبرید صفت نرعقیمی را به ردیف‌های ماده منتقل می‌کنند. واریته‌های هیبرید از سال ۱۹۴۵ به بعد تولید شدند زیرا صفت نرعقیمی در این تاریخ کشف شده است. واریته‌های هیبرید چغندر طی سه مرحله تولید می‌شود.

۱) استخراج لاین‌های اینبرد

۲) تولید هیبریدها و تعیین بهترین هیبرید

۳) تولید تجاری هیبریدها

برای لاین‌های اینبرد تعداد زیادی بوته را خودبارور می‌کنند و این کار را تا رسیدن به خلوص ادامه می‌دهند. البته در زمان خودباروری، گزینش از لحاظ صفت ظاهری و درصد قند و غیره نیز انجام می‌گیرد.

بعد از تولید لاین‌های اینبرد، آنها را از لحاظ قابلیت ترکیب پذیری عمومی و خصوصی ارزیابی می‌کنند تا والدین بهترین هیبرید مشخص شود. سپس برای تولید تجارتی این هیبرید، سیستم نرعقیمی را از طریق روش بک‌کراس به والد مادری منتقل می‌کنند و ردیف‌های نر و ماده را در ردیف‌های جداگانه کاشته و بذور هیبرید را از روی ردیف‌های ماده برداشت می‌کنند.

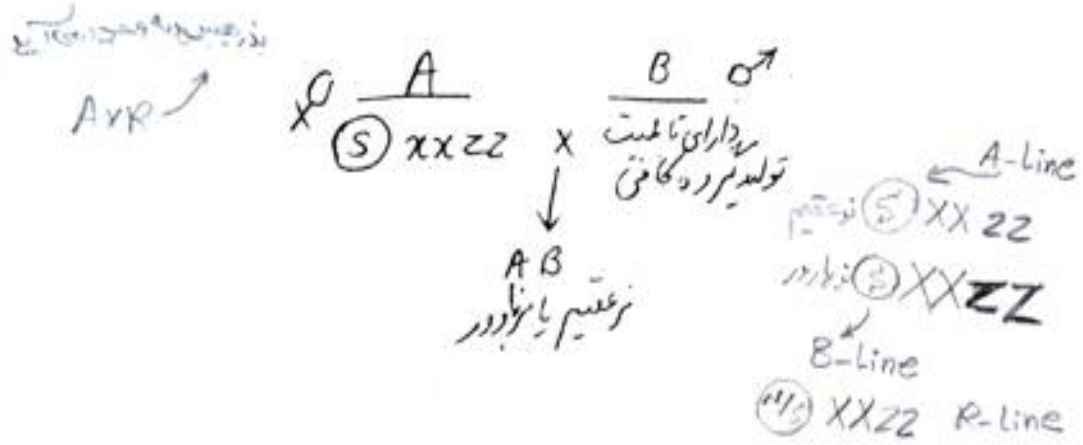
روش دیگر این است که ماده‌های نرعقیم را مونوژرم و نرها را پلی‌ژرم انتخاب می‌کنند و آنها را بطور مخلوط می‌کارند. در آخر فصل دو نوع بذر مونوژرم و پلی‌ژرم بدست می‌آید و چون بوته‌های ماده نرعقیم هستند پس بذور مونوژرم که روی آنها تشکیل می‌شوند حاصل دورگ‌گیری و بذور پلی‌ژرمی که از بوته‌های نر تولید می‌شوند حاصل تلاقی بوته‌های نر هستند که می‌توان این دو نوع بذر را بوسیله غربال کردن از یکدیگر جدا نمود.

امروزه با استفاده از نرعقیمی ژنتیکی و سیتوپلاسمی هیبریدهای مختلفی را در چغندر تولید نموده‌اند. در چغندر بیشتر از هیبریدهای تری‌وی‌کراس استفاده می‌شود. در هیبرید سینگل‌کراس بذر روی پایه مادری اینبرد تشکیل می‌شود و چون در چغندر اینبردهای قوی تولید نشده‌اند در نتیجه میزان بذر تولیدی کم است.

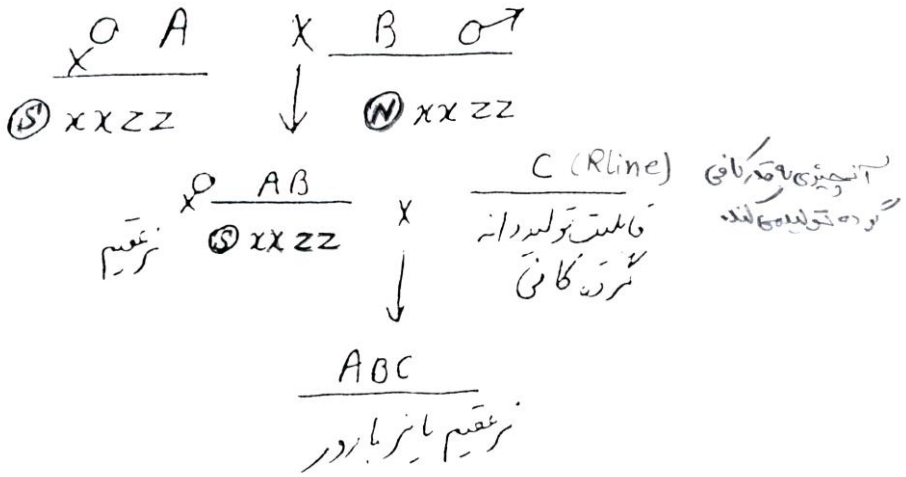
در حالی که در تولید تری‌وی‌کراس بذر زیادی بر روی پایه مادری هیبرید تولید می‌شوند در نتیجه تولید هیبرید تری‌وی‌کراس مقرون به صرفه می‌گردد.

تولید بذر هیبرید سینگل‌کراس

والد نرعقیم ژنتیکی- سیتوپلاسمی با والد نر مناسب که بتواند گرده کافی تولید کند تلاقی داده و بذر هیبرید سینگل‌کراس تولید می‌کنند.



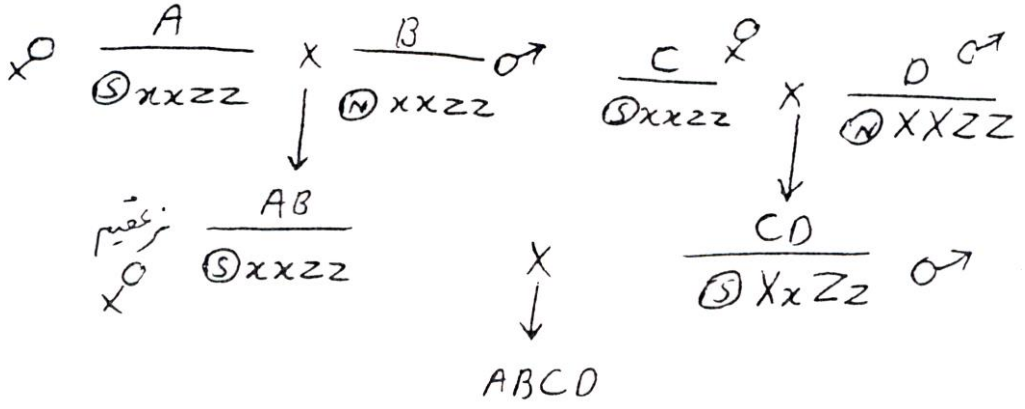
ژنوتیپ والد نر باید به‌گونه‌ای باشد که بتواند دانه گرده کافی تولید کند و اثر آن بر روی ژنوتیپ هیبرید از لحاظ صفت نرعقیمی یا نرباروری مهم تلقی نمی‌شوند زیرا هیبرید سینگل‌کراس مورد نظر برای تولید ریشه کاشته می‌شود نه برای تولید بذر و در نتیجه نرعقیم یا نربارور بودن آن مهم نیست.



تولید هیبرید تری‌وی‌کراس

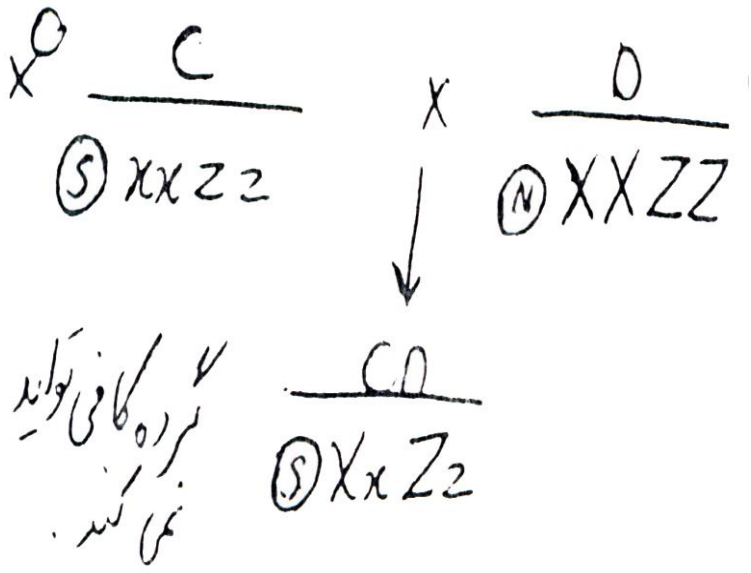
در تولید این هیبرید نیز ژنوتیپ والد نر باید به‌گونه‌ای باشد که بتواند دانه گرده کافی تولید کند و در رابطه با ژنوتیپ هیبرید لازم نیست هیبرید نربارور باشد زیرا هیبرید تری‌وی‌کراس حاصل برای تولید ریشه کشت خواهد شد و نرباروری بودن آن حائز اهمیت نمی‌باشد.

تولید هیبرید دابل کراس



در چغندرقند معمولاً والد نر CD را از طریق نرعقیمی ژنتیکی ایجاد می‌کنند زیرا در حالت نرعقیمی ژنتیکی سیتوپلاسمی آلل Z بزرگ بر آلل z کوچک غالبیت کامل ندارد و در صورتی که والد CD از این طریق بدست آید قادر به تولید دانه گرده نخواهد بود.

در چغندرقند حتماً لزومی ندارد (دابل کراس) بذر هیبرید بدست آمده نربارور باشد چون ما فقط قسمت رویشی گیاه را مصرف می‌کنیم ولی در مورد ذرت حتماً باید نربارور باشد به همین دلیل هزینه تولید بذر هیبرید پایین‌تر از گیاهان دیگر است.



اما آخرین روش در اصلاح چغندرقند:

روش پلی‌پلوئیدی

در روش پلی‌پلوئیدی چغندرقند ثابت شده است که ریشه‌ها بزرگتر شده و عملکرد بالا می‌رود و چون ریشه چغندر مورد استفاده قرار می‌گیرد کم بودن بذر حاصل (به دلیل ناقص بودن در پلی‌پلوئید) هم نامطلوب نمی‌باشد. بهترین حالت پلی‌پلوئیدی در چغندرقند تری‌پلوئیدی است زیرا ریشه‌های آنها بزرگتر است و درصد قند آنها با بزرگتر شدن ریشه کاهش نمی‌یابد. در صورتی که در تترا پلوئید قند کمتری داشته و دیررس‌ترند.

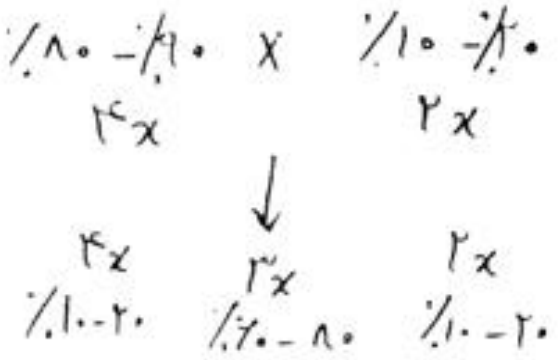
برای تولید چغندرقند تری‌پلوئید از چغندرهای دیپلوئید و تتراپلوئید استفاده می‌شود. برای شروع کار ابتدا باید از دیپلوئیدها، تتراپلوئید تولید شود که برای انجام این کار از کلشی‌سین استفاده می‌کنند. کلشی‌سین مانع تشکیل تارهای دوکی شده و در نتیجه مانع جدا شدن کروموزوم‌های همانندسازی‌شده می‌گردد و در نهایت گیاه تتراپلوئید حاصل می‌گردد.

انواع پلی‌پلوئیدی در چغندرقند:

۱- انیزوپلوئید[1]

[1] Anisopoloid

بذور انیزوپلوئید مخلوطی از ژنوتیپ‌های تریپلوئید، تتراپلوئید و دیپلوئید هستند. برای تولید بذور انیزوپلوئید ۱۰ تا ۲۰ درصد بذر دیپلوئید را با ۸۰ تا ۹۰ درصد بذر تتراپلوئید مخلوط کرده و میکارند نتاج حاصل انیزوپلوئید خواهد بود که مشتمل بر ۶۰ تا ۸۰ درصد تریپلوئید، ۱۰ تا ۲۰ درصد تتراپلوئید و ۱۰ تا ۲۰ درصد دیپلوئید خواهد بود.

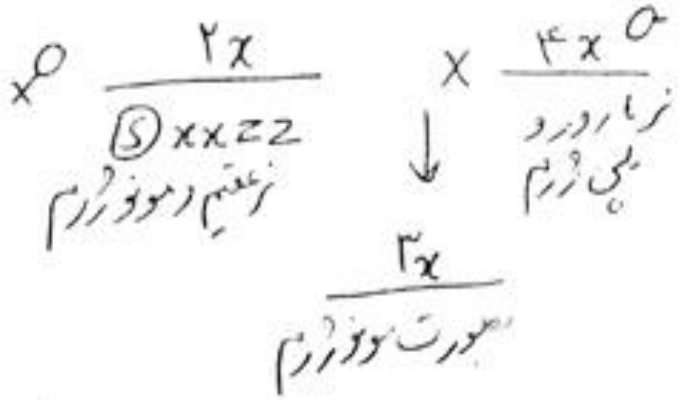


از آنجائی‌که دیپلوئیدها نسبت به تتراپلوئیدها دانه گرده بیشتری تولید می‌کنند ضمناً در یک روز معین دیپلوئیدها زودتر از تتراپلوئیدها گرده‌افشانی می‌کنند در نتیجه بیشتر تتراپلوئیدها بوسیله گرده دیپلوئیدها تلقیح شده و بذور تریپلوئید حاصل می‌گردند. بذور دیپلوئید و تتراپلوئید حاصل نیز در اثر تلقیح خودباروری به وجود می‌آیند. در اثر عدم وجود سیستم نرعقیمی از این روش استفاده می‌شود. در ایران اغلب این نوع از پلی‌پلوئیدی تولید می‌شود.

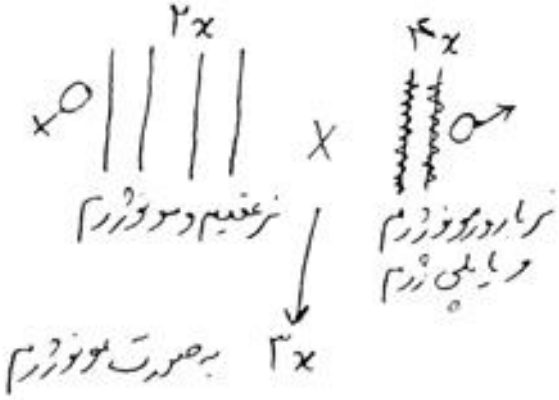
۲- ایزوپلوئید[1]

در اروپا بر روی افزایش درصد تریپلوئیدهای حاصل از تکنیک‌های ویژه‌ای استفاده می‌گردد اگر صددرصد بذور حاصل تریپلوئید باشند آنها را ایزوپلوئید می‌گویند. برای تولید بذور ایزوپلوئید بذور دی‌پلوئید نرعقیم و منوژرم با بذور تتراپلوئید بارور و پلی‌ژرم را مخلوط کرده و می‌کارند دو نوع بذر $3x$ و $4x$ تولید می‌شوند، بذور $3x$که بر روی ردیف‌های ماده دیپلوئید تشکیل می‌شوند به صورت مونوژرم و بذور $4x$ که بر روی بوته‌های ماده تتراپلوئید تشکیل می‌شوند به صورت پلی‌ژرم تشکیل خواهد شد (ژنوتیپ آن ممکن است پلی‌ژرم نباشد.) در نهایت می‌توان این بذر را با الک کردن از هم جدا نمود.

[1] Isoploid



مونوژرم نرعقیم به عنوان ماده در ردیف‌هایی جدا از تتراپلوئیدهای نرباروری و مونوژرم یا پلی‌ژرم و برداشت بذور تریپلوئید از روی ردیف‌های مادری است. معمولاً دیپلوئیدی که به عنوان والد ماده در نظر گرفته می‌شود یک هیبرید سینگل‌کراس است تا بذر بیشتری تولید نماید و والد نر نیز از مضاعف‌کردن کروموزوم‌های یک دیپلوئید اینبرد یا سینگل‌کراس حاصل می‌شود. بطورکلی واریته‌های چغندری که به زارع تحویل داده می‌شود هیبرید در سطح دیپلوئید یا پلی‌پلوئید می‌باشند.



اهداف اصلاحی چغندر

عملکرد قند[1]

یکی از اهداف مهم اصلاح چغندرقند، افزایش میزان عملکرد قند در هکتار می‌باشد. از آنجائیکه

[1] Suger yield

درصد قند ریشه × عملکرد هکتاری = عملکرد قند در هکتار

در اصلاح عملکرد قند باید هر دو جزء آنرا مد نظر قرار داد. زیرا ثابت شده است که همبستگی بین این دو جزء مثبت نیست و با افزایش عملکرد ریشه، درصد قند آن پایین می‌آید. البته فاکتور دیگری بنام خلوص عصاره که به میزان قند قابل استحصال بستگی دارد نیز بر میزان نهایی قند حاصله تأثیر می‌گذارد. چغندرهایی که در حال حاضر در نقاط مختلف جهان کشت می‌گردند، از نظر اندازه و وزن ریشه و درصد قند به چند تیپ تقسیم می‌شوند که عمده‌ترین آنها عبارتند از:

الف) تیپ پرمحصول یا E[1]

که دارای ریشه‌های بزرگ و وزین می‌باشد ولی درصد قند آن پایین است.

ب) تیپ معمولی یا N[2]

ریشه‌های این تیپ نسبت به تیپ E کوچکتر بوده ولی درصد قند آنها بیشتر است (۸- ۱۳٪). بیشترین عملکرد هکتاری قند از این تیپ بدست می‌آید.

ج) تیپ پرقند یا Z[3]

این تیپ دارای ریشه‌های مخروطی کوچک می‌باشد ولی درصد قند آن بیشتر از دو ژنوتیپ قبلی است.

امروزه برای تعیین درصد قند از روش پلاریمتری استفاده می‌شود.

مقاومت به بولتینگ

سرمای دیررس بهاره می‌تواند منجر به تولید ساقه‌های گل‌دهنده در سال اول گردد. بولتینگ می‌تواند موجب کاهش عملکرد حتی تا میزان ۵۰٪ گردد. از اینرو در مناطق نسبتاً گرمسیری که چغندرقند را در پاییز می‌کارند، برای اجتناب از وقوع بولتینگ بایستی از بوته‌های مقاوم استفاده نمود. گزینش توده‌ای و گزینش‌های دوره‌ای که در آنها آزمون نتاج انجام می‌گیرد، روش‌های اصلاحی مؤثری برای ایجاد مقاومت بولتینگ می‌باشند.

تولید بذر تک‌جنینی

در سال ۱۹۵۰ دکتر ساوتیسکی در رقم هیبرید Michigan که در یک مزرعه چغندرقند کشت شده بود، به طور تصادفی تعداد ۵ گیاه تک‌جنینی پیدا کرد که یکی از آنها برای خاصیت مزبور خالص بود و از آن بوته، نژاد *S.L.C.101* به‌دست آمد که منشأ بذرهای تک‌جنینی شد. صفت تک‌جنینی بودن در حالت هموزیگوسی مغلوب (mm) ایجاد می‌گردد. چهار آلل چندجنینی شامل M, M^1, M^{Br} و M^2 درجات مختلفی از غالبیت را بر روی m نشان می‌دهند. گیاهان هموزیگوس mm به‌طور طبیعی تک‌جنینی هستند ولی گاهی اوقات بذور دوجنینی تولید می‌کنند، که این حالت ناشی از اثر ژن‌های

[1] Ertag type
[2] Normal
[3] Zucker

غیرآللی است. وجود این ژن‌های تغییردهنده که غالباً درجات مختلفی از تک‌جنینی نبودن را ایجاد می‌کنند مشکلات اصلاح کولیتوارهای تک‌جنینی مطلوب را افزایش می‌دهد.

بهبود کیفیت انباری ریشه چغندرقند

پس از برداشت چغندرقند و پیش از تحویل آن به کارخانه شاید لازم باشد که آنها را مدتی انبار نمود. در انبار ممکن است درصد قند ریشه‌ها پایین آید و یا اینکه محصول به بیماری‌هایی مبتلا شود. بنابراین برای بالا بردن کیفیت انباری چغندرقند باید واریته‌هایی را تولید نمود که در آنها میزان تنفس ریشه کم باشد (می‌توان از مقدار CO_2 حاصل از تنفس، یا اکسیژن مصرف شده توسط ریشه‌ها، میزان تنفس را مشخص کرد) و همچنین مقاوم به بیماری‌های انباری باشند.

از قارچ‌هایی که می‌توانند سبب پوسیدگی ریشه چغندرقند در انبار شوند می‌توان *Botrytis* و *phoma betae* را نام برد، گزینش برای مقاومت به این قارچ‌ها باعث بهبود کیفیت انباری ریشه می‌گردد.

کیفیت استخراج قند

دو عامل اصلی مؤثر در کیفیت استخراج قند از چغندر عبارتند از درصد قند و خلوص شیره قند. درصد قند عبارت است از درصد قند به وزن کل ریشه تازه چغندرقند و خلوص شیره قند عبارتست از نسبت قند به کل ماده خشک شیره قند.

عوامل ژنتیکی و محیطی متعددی بر قابلیت استخراج و تبلور نهایی ساکارز مؤثر هستند. برخی از مواد غیرقندی حل شده در شیره چغندرقند، باعث اختلال در عمل تبلور ساکارز می‌گردند. سدیم، پتاسیم و ازت از جمله مهم‌ترین مواد غیرقندی موجود در شیره قند می‌باشند. هر کیلوگرم ترکیبات غیرقندی حل شده در شیره قند سبب می‌شود که ۱/۵ تا ۱/۸ کیلوگرم ساکارز، تبلور نشده و از دسترس خارج گردد. این مقدار ساکارز در ملاس باقی می‌ماند. استفاده از کود ازته زیاد موجب کاهش خلوص شیره قند می‌شود. قند رافینوز[1] نیز قندی است که شیرین نبوده و به آسانی قابل تشخیص از ساکارز نمی‌باشد. بنابراین وجود آن موجب می‌شود که در اندازه‌گیری ساکارز و درجه خلوص قند اشتباه رخ دهد.

[1] Raffinose

فصل چهارم

یونجه

ALFALFA

مقدمه

یونجه مهم‌ترین گیاه علوفه‌ای است که به علت دارا بودن ارزش غذایی بالا و محسنات بسیار دیگر به عنوان ملکه نباتات علوفه‌ای و طلای سبز شهرت دارد. جنس *Medicago* دارای گونه‌های زیادی است که مهم‌ترین آنها *Medicago Sativa* است که چندساله و دارای بیشترین تعداد چین بوده و ارزش غذایی بالایی دارد. یونجه بومی ایران، قفقاز و ترکیه است.

وضعیت ژنتیکی یونجه

یونجه معمولی گیاهی است که دارای ۳۲ کروموزوم است هر چند که واریته‌های ۱۶ کروموزومی نیز وجود دارند. برای اولین بار شخصی به نام *Stanford* در دانشگاه کالیفرنیا مطالعه ژنتیکی کاملی انجام داد و اثبات نمود که یونجه گیاهی است اتوتتراپلوئید.

یکی از مطالعات سیتوژنتیکی برای اثبات اتوتتراپلوئید بودن یونجه توسط *Stanford* و *Clement* صورت گرفته است. آنها یک گیاه هاپلوئید یونجه معمولی را مورد مطالعه قرار داده و ملاحظه کردند که در آن کروموزوم‌ها در میوز با هم جفت می‌شوند و عمل میوز بطور طبیعی انجام گرفته و مقداری گرده سالم تولید می‌گردد. اگر یونجه آلوپلوئید باشد در گیاه هاپلوئید آن نباید میوز بطور طبیعی صورت گیرد و نباید کروموزوم‌ها در میوز با هم جفت شوند. این موضوع نشان می‌دهد که یونجه معمولی اتوتتراپلوئید است.

خودناسازگاری

در یونجه درجات مختلفی از خودناسازگاری وجود دارد. بعضی‌ها دارای خودناسازگاری نسبی بوده و بقیه کاملاً خودناسازگار می‌باشند. خودناسازگاری در یونجه می‌تواند در اثر ناتوانی نفوذ لوله‌های گرده در خامه‌های خودی، ناتوانی لوله‌های گرده برای ورود به تخمدان پس از طی خامه یا ناتوانی جنین‌ها برای رشد و نمو و وولید بذرهای حاصل از خودباروری باشد. خودناسازگاری در یونجه در اثر دماهای بالا کاهش می‌یابد.

نرعقیمی

در یونجه نرعقیمی ژنتیکی- سیتوپلاسمی پیدا شده است. در نرعقیمی ژنتیکی سیتوپلاسمی دو مکان ژنی در حالت هموزیگوسی مغلوب به همراه سیتوپلاسم عقیم منجر به نرعقیمی می‌گردند: *(S $rf_1rf_1rf_1rf_1rf_2rf_2rf_2rf_2$)*. اگر چه یک

ژن بازگرداننده باروری نیز در یونجه شناسایی شده است. ولی این ژن مورد نیاز نبوده است زیرا یونجه به منظور علوفه کشت می‌گردد نه تولید بذر.

تکثیر غیرجنسی

در یونجه در سطح محدودی تکثیر غیرجنسی انجام می‌دهند که عمدتاً برای نگهداری ژنوتیپ‌های تشکیل‌دهنده واریته‌های سنتتیک یا برای نگهداری افراد هتروزیگوس به کار می‌رود. برای این کار از ساقه یونجه قلمه تهیه کرده و آن را در ماسه یا آب جاری ۲۵- ۱۸ درجه سانتی‌گراد قرار می‌دهند و پس از ریشه‌زایی آنها را به محل اصلی منتقل می‌کنند. ممکن است جهت تسریع در ریشه‌زایی از هورمون نیز استفاده شود.

ساختمان گل و گرده‌افشانی

گل‌آذین یونجه به صورت خوشه‌ای بوده و در انتهای ساقه قرار گرفته است. تعداد گل‌های هر خوشه در یونجه معمولی ۲۳- ۱۲ عدد است. در هر گل کاسه‌گل از ۵ کاسبرگ به هم چسبیده و جام گل از ۵ گلبرگ غیر مساوی تشکیل شده است. که یکی از همه بزرگتر است به نام درفش یا استاندارد، دو تای کوچکتر به نام بال و دو تا که از همه کوچکترند به نام ناو گفته می‌شوند. پرچم‌ها ۱۰ عدد می‌باشند که ۹ تای آنها به هم چسبیده و لوله‌ای را تشکیل می‌دهند که مادگی را احاطه می‌کند. مجموعه مادگی و پرچم‌ها را ستون جنسی می‌گویند. و همین پرچم به صورت آزاد قرار می‌گیرد. در حالتی که گل به صورت غنچه است ستون جنسی به حالت خمیده بوسیله دو ناو محکم گرفته شده است. موقعی که حشره خرطومش را وارد گل می‌کند تا شهد آن را بمکد در اثر فشار وارده به پایه گل، ناوها باز شده و ستون جنسی به بیرون پرت می‌شود و محکم به درفش یا استاندارد می‌خورد که اصطلاحاً به این امر تریپینگ[1] می‌گویند. گل‌های یونجه معمولاً توسط زنبورها تریپ می‌شوند. هر چند که گاهی این عمل می‌تواند به صورت اتوماتیک توسط باد، باران یا گرما (در حدود ۳۸ درجه سانتی‌گراد) نیز انجام می‌گیرد. به هنگام تریپینگ در اثر برخورد ستون به بدن حشره، دانه‌های گرده به بدن حشره می‌چسبند و دانه‌های گرده‌ای که حشره همراه خود دارد در اثر تماس با کلاله منجر به عمل تلقیح می‌گردد. در جریان تریپینگ کلاله در اثر برخورد با درفش خراش برداشته و عمل تلقیح تسهیل می‌گردد. مدت زمان تلقیح ۲۷- ۲۴ ساعت است.

اغلب یونجه‌ها درجاتی از خودناسازگاری را نشان می‌دهند و به این علت یونجه بطور طبیعی دگرگرده‌افشان بوده و گرده‌افشانی در آن توسط حشرات به ویژه زنبورعسل انجام می‌گیرد. این گیاه نسبت به خودباروری بسیار حساس می‌باشد، به طوری که در سال اول خودباروری حدود ۵۰- ۴۰٪ از عملکرد علوفه و بذر کاسته می‌شود که این ویژگی یک عامل بازدارنده در تولید واریته‌های هیبرید است.

[1] Tripping

خودباروری

برای انجام خودباروری در یونجه، چند خوشه از گل‌های بوته مزبور را توسط پاکت می‌پوشانند تا عمل خودباروری انجام گیرد. ولی لازمه باروری انجام تریپینگ است. روش های متعددی برای انجام تریپینگ مصنوعی اعمال می گردد. مثلاً از ابزارهای نوک تیزی مانند پنس، خلال دندان، پیکان‌های کاغذی و غیره استفاده می شود. بدین صورت که نوک این ابزارها را در پای گل وارد می‌کنند تا عمل تریپینگ انجام شود.گاهی برای حصول کارآیی بیشتر به نوک خلال‌دندان، کاغذ سمباده می‌چسبانند تا به هنگام تریپینگ کلاله را خراش داده موجب سهولت تلقیح گردد. در صورت استفاده از پیکان‌های کاغذی، دانه‌های گرده نیز روی پیکان می‌ریزد که در صورت لزوم می‌توان از آنها جهت انجام دورگ‌گیری استفاده نمود. عمل تریپینگ همچنین می‌تواند با فشار پای ناو بوسیله انگشت‌ها انجام گیرد. عمل خودباروری را می‌توان با کاشت یک کلون مشخص در داخل حصار و رها کردن زنبورها نیز انجام داد.

دورگ‌گیری

برای انجام دورگ‌گیری در گیاهانی که خودناسازگاری کامل دارند، نیاز به اخته‌کردن والد ماده نیست. در صورتی که تعداد تلاقی‌ها هم کم باشد هر دو والد را تریپ کرده و دانه‌های گرده را بوسیله قلم مو یا با پیکان‌های کاغذی از والد نر بر روی مادگی والد ماده منتقل می‌کنند و در صورتی که تعداد تلاقی‌ها زیاد باشد یونجه‌های مورد نظر را در داخل قفس محصور می‌کنند و با رها کردن زنبور در داخل قفس، دانه‌های گرده را منتقل می‌کنند. البته زنبورها قبل از ورود به قفس باید شستشو داده شوند تا دانه‌های گرده شسته شده و یا در اثر جذب آب تندش پیدا کرده و از بین بروند.

اما برای دورگ‌گیری در گیاهانی که مقداری خودسازگاری دارند ابتدا می‌بایست والد ماده را اخته نمود. از آنجائیکه گل‌ها و پرچم‌های یونجه ریز است نمی‌توان آنها را با پنس حذف کرد بلکه از روش‌های دیگری برای این کار استفاده می‌شود که عبارتند از:

۱- استفاده از دستگاه مکش (روش مکانیکی)

این دستگاه دارای یک لوله شیشه‌ای نوک تیز است، در این روش ابتدا گلبرگ درفش را حذف می‌کنند. سپس با فشار نوک پنس یا مداد گل مزبور را تریپ می‌کنند و بعد از آن با قوه مکش پرچم‌ها را حذف می‌کنند. میزان موفقیت در این روش ۶۰٪ است.

۲- استفاده از الکل اتیلیک ۵۷ درجه

بدین ترتیب که گل‌ها را به مدت ۱۱ ثانیه در الکل ۵۷ درجه قرار داده و سپس آنها را با آب می‌شویند تا مادگی‌ها صدمه نبینند. این روش راحت است ولی میزان موفقیت در آن ۲۵٪ می‌باشد.

به دلایل زیر اصلاح یونجه مشکل‌تر از سایر گیاهان زراعی می‌باشد:

۱) اصلاح یونجه مشکل‌تر از گیاهانی مثل ذرت و گندم است. زیرا یونجه دارای گل‌های کوچکی است. بنابراین انجام دورگ‌گیری مشکل است.

۲) خودناسازگاری شدیدی در یونجه وجود دارد که به اینبریدینگ بسیار حساس است. بنابراین تولید لاین‌های اینبرد یونجه بسیار مشکل است.

۳) یونجه گیاهی است چندساله و ارزیابی عملکرد در آن به مدت زیادی نیاز دارد. لذا دوره اصلاحی آن طولانی‌تر است. به علت پلی‌پلوئید بودن یونجه تولید بذر در آن به حد وفور انجام نمی‌گیرد.

۴) به علت تأثیر زیاد محیط بر روی ژنوتیپ، وراثت‌پذیری یونجه کم است.

به خاطر دلایل فوق پیشرفت‌های زیادی در افزایش عملکرد یونجه حاصل نشده است و روی یونجه به مقاومت به آفات و بیماری ها تأکید شده است. یعنی عملکرد را بطور غیر مستقیم افزایش دادند.

روش‌های اصلاح یونجه

۱- گزینش اکوتیپی

از این روش جهت معرفی تیپ‌های سازگار با منطقه و نسبت به شرایط اکولوژیکی استفاده می‌شود. شاخص‌های ویژه عبارتند از مقاومت به آفات، سرما و گرما و غیره.

در این روش خزانه‌های اکوتیپی را تشکیل می‌دهند به این ترتیب که ژنوتیپ‌ها را در ردیف‌های جداگانه می کارند. (فاصله ردیف‌ها ۱ متر و فاصله بوته‌ها ۳۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر است) بنابراین اگر از هر ژنوتیپ بذر زیادی در دست باشد می‌توان آنرا در چند ردیف کاشت.

ارزیابی به مدت سه سال انجام و ژنوتیپ‌ها از لحاظ مقاومت به آفات، گرما، سرما و مورفولوژی خود گیاه مورد گزینش قرار می‌گیرند. مثلاً در مناطق سرد برای مقاومت به سرما و در مناطق گرم برای مقاومت به گرما گزینش انجام می شود. در نهایت اکوتیپ‌های سازگار به هر منطقه انتخاب شده و بعداً در برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این روش اولین قدم در اصلاح یونجه است.

۲- گزینش توده‌ای

طرز انجام گزینش توده‌ای مانند سایر گیاهان است ولی اصولاً در یونجه از گزینش دوره‌ای فنوتیپی استفاده می‌شود (گزینش قبل از گرده‌افشانی و حذف بوته‌های نامطلوب). از این روش بیشتر برای اصلاح صفاتی که وراثت‌پذیری بالایی دارند استفاده می‌شود.

۳- گزینش لینه مادر

این روش بیشتر شبیه روش بلال به ردیف در ذرت است. به این ترتیب که توده‌ای را کاشته و از آن تعدادی بوته انتخاب می‌کنند. بذور آنها را جداگانه برداشت کرده و در سال بعد در ردیف‌های مجزا می‌کارند و ردیف‌ها را مورد ارزیابی قرار داده و بهترین نتاج را انتخاب می‌کنند در نهایت بذور ردیف‌های انتخابی با هم مخلوط شده و جمعیت اصلاح‌شده حاصل می‌گردد که در صورت لزوم می‌تواند کاشته شده و دوره گزینشی بعد روی آن اعمال شود.

۴- گزینش تک‌بوته‌ای (کلونی)

اصولاً این روش برای گزینش بوته‌های مقاوم به بیماری انجام می‌شود. بدین ترتیب که جمعیت مورد نظر را در معرض پاتوژن قرار می‌دهند و بوته‌های مقاوم را شناسایی نموده و سپس از آنها به طریقه غیرجنسی کلون تهیه می‌کنند. بدین ترتیب یک واریته مقاوم ایجاد می‌گردد.

۵- تولید واریته های هیبرید

به علت اینکه در یونجه هتروزیس مشاهده شده است در مواردی که سعی شده است واریته‌های هیبرید تولید شود و از این مزیت استفاده شود وجود نرعقیمی نیز می‌تواند مفید واقع شود. ولی با این حال به علت اینکه مشکلاتی در تولید واریته‌های هیبرید یونجه وجود دارد فعالیت‌های چندانی در این مورد انجام نشده است از جمله این مشکلات می‌توان به ضعیف بودن لاین‌های اینبرد یونجه و عدم تمایل حشرات به والدهای نرعقیم است.

تولید واریته های سنتتیک (ساختگی یا مصنوعی)

در حال حاضر عمدتاً روش اصلاحی در یونجه تولید واریته‌های سنتتیک است. این واریته‌ها از ترکیب چند نژاد یا کلون حاصل می‌شوند که تعداد آنها می‌تواند حدود ۶۰ عدد باشد. اگر این تعداد کمتر از ۱۰ باشد اینبریدینگ موجب پسروی در عملکرد می‌شود و عملکرد واریته سنتتیک پایین می‌آید. پس در تعیین نژادها یا کلون‌ها باید این نکته را در نظر داشت.

واریته‌های سنتتیک یونجه بر دو نوع‌اند:

۱) واریته سنتتیک چند نژادی

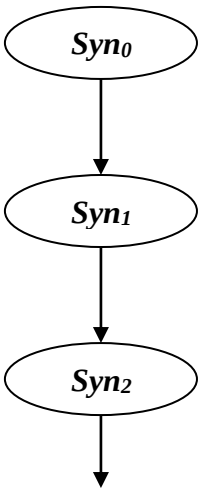
۲) واریته های سنتتیک چند کلونی

۱- واریته سنتتیک چند نژادی

این واریته از ترکیب چند نژاد به وجود می‌آید. این نژادها بر اساس خصوصیات برتر انتخاب می‌شوند که عمده‌ترین آنها عبارتند از: عملکرد خوب، مقاومت به آفات و امراض و استرس‌های محیطی.

این نژادها باید از لحاظ صفات مذکور یکنواخت هم باشند. مثلاً چند نژاد را که از لحاظ مقاومت به سرما با هم تفاوت ندارند مخلوط کرده و در مناطق سرد توصیه نمود. به عنوان مثال رنجر یک واریته آمریکایی است که از ترکیب ۴۵٪

کزاک روسی، ۴۵٪ از نژاد ترکستان و ۱۰٪ از نژاد لاداک هندی که تمام این اجزاء مقاوم به سرما و پوسیدگی باکتریایی می‌باشند حاصل شده است. در مورد رنجر تعداد نژادها کمتر از ۱۰ است.



نحوه تولید واریته‌های سنتتیک چند نژادی به این ترتیب است که چند نژاد برتر را انتخاب کرده و آنها را در یک بلوک ایزوله می‌کارند تا تمام تلاقی‌های تصادفی بین آنها انجام گیرد، برای افزایش امکان تمام تلاقی‌های ممکن می‌توان آنها را در آرایش طرح مربع لاتین کاشت، این بلوک Syu_0 نامیده می‌شود پس از آن Syn_3, Syn_2, Syn_1 تولید شده و Syn_3 به زارع تحویل داده می‌شود. زارع می‌تواند Syn_3 را کاشته و چندین نسل از بذور خود برای کشت بعدی استفاده کند بدون اینکه کاهش چشمگیری در عملکرد ایجاد شود.

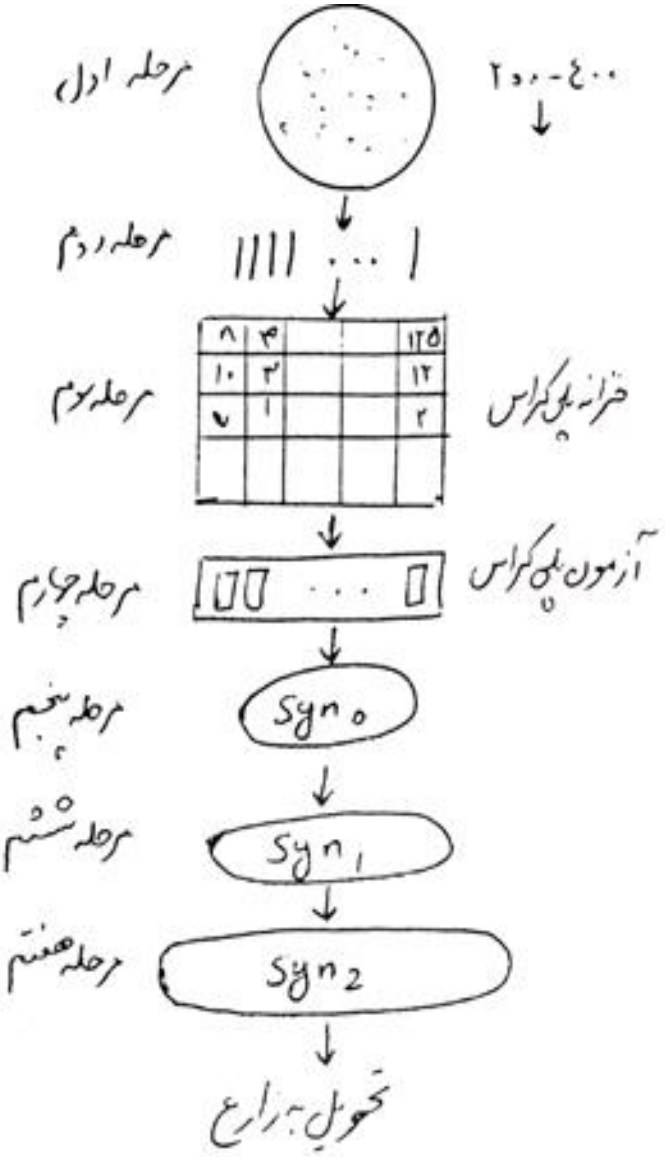
۲- واریته‌های سنتتیک چند کلونی

این واریته‌ها از یک جمعیت مثل یک توده بومی یا نژاد محلی ایجاد می‌گردند. بدین ترتیب که جمعیت را در سال اول می‌کارند و از لحاظ تیپ بوته و مقاومت به آفات و پاتوژن‌ها و غیره حدود ۲۰۰ تا ۴۰۰ بوته را انتخاب نموده و به طریقه غیر جنسی از آنها کلون‌گیری کرده، کلون را انتخاب کرده و آنها را در مرحله سوم به خزانه پلی‌کراس می‌برند. کاشت در خزانه به نحوی انجام می‌گیرد که تمام تلاقی‌ها در آن اتفاق افتد.

در آخر سال بذور به صورت جداگانه برداشت می‌شوند (تکرارهای هر کلون مخلوط می‌شوند). در مرحله بعد به آزمون پلی‌کراس برده می‌شوند. در این تلاقی‌ها تستر عبارت از جمعیت کلون‌ها است و آزمون پلی‌کراس در حقیقت آزمون قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی کلون‌ها است.

با توجه به نتایج این آزمون بهترین کلون‌ها در مزرعه باقی می‌مانند، به عبارت دیگر در مرحله دوم شناسایی کرده و آنها را در مرحله پنجم در بلوک تلاقی ایزوله می‌کارند. (معمولاً در آرایش طرح مربع لاتین) که این مرحله همان Syn_0

است و عملیات تا Syn_3 ادامه یافته و Syn_3 به زارع تحویل داده می‌شود. تولید یک واریته سنتتیک چندکلونی ممکن است ۱۰ تا ۱۵ سال هم طول بکشد.



اهداف اصلاحی یونجه

۱- افزایش عملکرد علوفه

به علت پایین‌بودن وراثت‌پذیری عملکرد علوفه اصلاح آن مشکل است و به کندی صورت می‌گیرد. چندساله‌بودن و تتراپلوئید بودن یونجه نیز این کندی در میزان پیشرفت ژنتیکی را شدت می‌بخشد. از اینرو اصلاحگران با تهیه واریته‌های

مقاوم در مقابل آفات، پاتوژن‌ها، خشکی، سرما و غیره سعی در افزایش غیر مستقیم عملکرد دارند. ضمناً واریته‌هایی که تعداد چین بیشتری تولید نموده و بعد از هر چین رشد و نمو سریع‌تری دارند، مد نظر اصلاحگران خواهند بود.

۲- افزایش عملکرد بذر

از آنجائی‌که برای تولید علوفه، بذر یونجه کاشته می‌شود، افزایش میزان بذر نیز مورد توجه می‌باشد. ولی بین عملکرد علوفه و بذر رابطه منفی وجود دارد. بنابراین اصلاحگران سعی می‌کنند گیاهانی را تولید نمایند که حداکثر علوفه را با میزان مطلوب بذر داشته باشند.

۳- دوام یا پایداری محصول

یونجه گیاهی است چندساله و از اینرو مدت زمانی که می‌تواند در زمین باقی بماند و ضمن رشد کافی مرغوبیت خود را حفظ کند مهم می‌باشد. پایداری محصول به عوامل متعددی بستگی دارد که عبارتند از: مقاومت به آفات، پاتوژن‌ها، خشکی، گرما، سرما، شرایط نامساعد خاک و غیره. ژنوتیپ‌هایی که دارای مقاومت باشند پایداری بیشتری خواهند داشت. با اینحال طولانی‌تر شدن عمر یونجه یا دائمی بودن آن امروزه شاید به لحاظ قرار دادن این گیاه در برنامه‌های تناوب، دیگر اهمیت چندانی نداشته باشند. از اینرو با توجه به تناوب زراعی، یونجه را ۴- ۳ سال در زمین نگه می‌دارند.

۴- مقاومت به آفات و بیماری‌ها

مهم‌ترین آفت یونجه سرخرطومی می‌باشد که معمولاً باعث از بین رفتن چین اول یونجه می‌گردد. هر چند که درجه‌ای از مقاومت نسبت به سرخرطومی یونجه در بعضی شرایط یافت شده است، ولی این درجه برای محافظت یونجه در مقابل اپیدمی‌های شدید کافی نیست. شته خالدار یونجه و شته نخودفرنگی نیز یونجه را مورد حمله قرار می‌دهند ولی واریته‌های مقاوم در برابر آنها ایجاد شده‌اند. نماتدهای ساقه و ریشه نیز به یونجه حمله می‌کنند ولی برای آنها نیز واریته‌های مقاوم وجود دارند. بیماری‌های مهم یونجه عبارتند از بیماری پژمردگی باکتریایی یونجه، بیماری لکه‌برگی یونجه و بیماری ویروسی موزائیک یونجه که در هر مورد واریته‌های مقاوم ایجاد شده‌اند.

۵- بهبود کیفیت علوفه

افزایش درصد پروتئین

یونجه به عنوان یک منبع مهم پروتئین برای حیوانات نشخوارکننده محسوب می‌گردد و این ارزش یکی از دلایل مهم اقتصادی کشت آن می‌باشد. وراثت‌پذیری درصد پروتئین نسبتاً بالاست و از اینرو پیشرفت در اصلاح برای درصدهای بالا مورد انتظار می‌باشد. گزینش برای درصدهای بالای پروتئین اغلب به طور غیر مستقیم سایر اجزای کیفیت علوفه را نیز بهبود می‌بخشد.

افزایش قابلیت هضم علوفه بهترین روش برای ارزیابی قابلیت هضم، عبارتست از خوراندن علوفه به دام و اندازه‌گیری افزایش وزن. ولی در مراحل اولیه اصلاح، اعمال این روش به علت کم‌بودن مقدار علوفه مقدور نیست. در حال حاضر روش‌هایی برای این کار ابداع شده‌اند. مثلاً شیره معده دام را روی یونجه اثر داده و با روش‌هایی قابلیت هضم آن را اندازه‌گیری می‌کنند.

افزایش خوش‌خوراکی

این مورد با توجه به فرم، بو و نرمی برگ قابل بررسی است. اما اندازه‌گیری این شاخص‌ها مشکل است. شاخص بهتر برای اندازه‌گیری خوش‌خوراکی، محاسبه نسبت برگ به ساقه است که هر چه این نسبت بیشتر باشد دام با رغبت بیشتری آن را می‌خورد.

کاهش میزان ساپونین

ساپونین موجود در یونجه می‌تواند موجب نفخ دام‌ها در چراگاه‌ها گردد. این ماده در معده گاو به صورت مایع بوده و در اثر تکان خوردن مثل صابون کف‌کرده، به صورت گاز درآمده و باعث نفخ می‌شود. میزان ساپونین تحت کنترل مواد ژنتیکی بوده و یک صفت کمّی می‌باشد و می‌توان با گزینش دوره‌ای مقدار آن را کاهش داد. البته با حذف ساپونین، حساسیت به آفات و امراض بیشتر می‌شود.

فصل پنجم

پنبه

COTTON

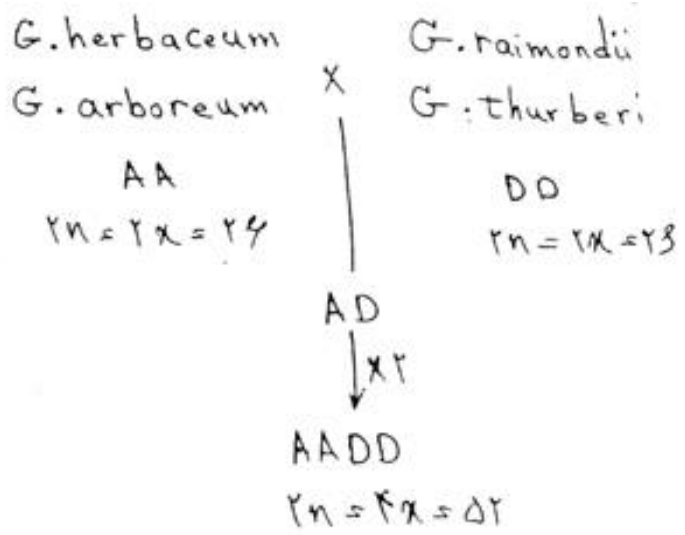
مقدمه

پنبه هم بومی دنیای قدیم (آسیا و آفریقا) است و هم بومی آمریکا. گزارش شده است که حدود ۳۰۰۰ سال پیش در هندوستان از الیاف پنبه برای پوشاک استفاده می‌شد و قبل از کشف قاره آمریکا سرخ‌پوستان در پرو، برزیل و مکزیک از الیاف پنبه استفاده می‌کرده‌اند.

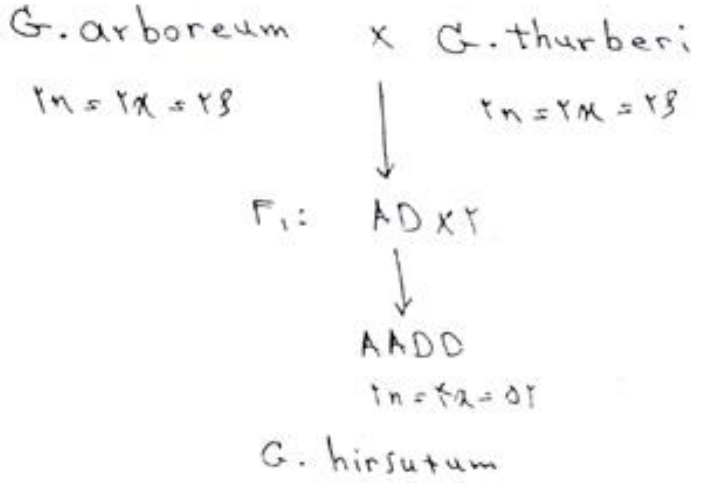
از الیاف پنبه در صنایع نساجی، ریسندگی و بافندگی، به منظور تولید انواع پارچه، فرش، لباس و غیره استفاده می‌شود. پنبه‌دانه نیز جهت تولید روغن بکار می‌رود و کنجاله آن نیز به عنوان خوراک دام‌ها مصرف می‌شود.

منشأ و گونه‌های پنبه

جنس پنبه (*gossypium*) دارای گونه‌های متعددی است که دیپلوئید (۲۶= ۲x =۲n) و یا تتراپلوئید (۵۲= ۴x =۲n) می‌باشند. البته تنها دو گونه دیپلوئید و دو گونه تتراپلوئید زراعی می‌باشند. دانه گونه‌های وحشی لخت است یا کرک‌های کوتاهی دارد ولی دانه گونه‌های زراعی دارای الیاف است. گونه‌های دیپلوئید دارای یکی از ژنوم‌های E,D,C,B,A یا G می‌باشند. گونه‌های دیپلوئید به دو دسته گونه‌های دنیای قدیم و گونه‌های دنیای جدید تقسیم می‌گردند. گونه‌های دنیای جدید دارای ژنوم D می‌باشند که کروموزوم‌های آنها کوچکتر از کروموزوم‌های دیگر ژنوم‌ها است. گونه‌های تتراپلوئید بومی دنیای جدید هستند. این گونه‌ها دارای ترکیب ژنومی $AADD$ می‌باشند و عقیده بر این است که پنبه‌های تتراپلوئید در نتیجه تلاقی دیپلوئیدهای دنیای جدید و دو برابر شدن کروموزوم‌های نتاج حاصل به وجود آمده‌اند.

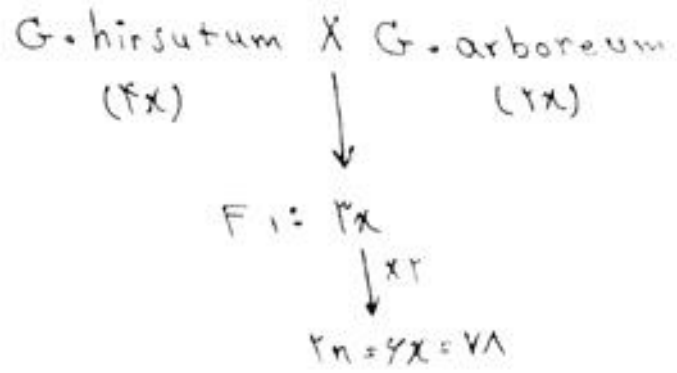


مشاهده کروموزوم‌های پنبه‌های تتراپلوئید نشان می‌دهد که این گونه‌ها دارای ۲۶ کروموزوم بلند و ۲۶ کروموزوم کوتاه می‌باشند. همچنین در ارتباط با اثبات شجره فوق مشاهده نمودند که از تلاقی *G.arboreum* (گونه زراعی دیپلوئید با ژنوم *A*) و *G.thurberi* (گونه وحشی دیپلوئید با ژنوم *D*) و دو برابر کردن کروموزوم‌های هیبرید حاصل، آمفی‌پلوئید مصنوعی تولید می‌شود که نتاج حاصل از تلاقی آن با یک پنبه تتراپلوئید آمریکائی بارور می‌باشند. بنابراین نتیجه گرفته شد که بین کروموزوم‌های آنها قرابت زیادی وجود دارد. از اینرو می‌توان این دو پنبه دیپلوئید را از اجداد پنبه‌های تتراپلوئید به شمار آورد.



البته هدف از این کار تعیین اجداد پنبه نبوده است، بلکه برای تولید پنبه تتراپلوئید *(G.hirsutum)* با الیاف بادوام این روش را اعمال کردند. *G.arboreum* دارای الیاف بی‌دوام ولی قابل ریسندگی است، در حالی که *G.thuberi* دارای الیاف بادوام ولی بدون خاصیت ریسندگی است. پنبه تتراپلوئید مصنوعی حاصل از تلاقی این دو لاین دارای الیاف بادوامی است که قابلیت ریسندگی نیز دارد. در نهایت توانستند با تلاقی این پنبه با پنبه معمولی، دوام الیاف را به پنبه معمولی منتقل کنند.

روش دیگر اثبات گونه‌های اجدادی پنبه‌های تتراپلوئید، انجام آزمایشات سیتوژنتیکی است. بدین ترتیب که پنبه معمولی *(G.hirsutum)* را با *G.arboreum* تلاقی داده و کروموزوم های F_1 حاصل را دو برابر کردند. پنبه مصنوعی حاصل یک هگزاپلوئید بود که بررسی چگونگی جفت شدن کروموزوم‌های آن در متافاز میوز۱، مشخص ساخت که یک سری از کروموزوم‌ها به صورت چندتایی (۹ تایی) قرار می‌گیرند. بنابراین نتیجه گرفته شد که کروموزوم‌های ژنوم *G.arboreum A* با کروموزوم‌های ژنوم A پنبه معمولی *(G.hirsutum)* مشابه می‌باشند:



این نوع تلاقی با *G.thurberi, G.herbaceum* و *G.raimondii* نیز انجام گرفته و کروموزوم‌های چندتایی در تقسیم میوزی مشاهده شد. ولی هنگامیکه تلاقی با پنبه‌های دیگری که دارای ژنوم غیر از A و D هستند انجام گرفت ملاحظه شد که در پنبه‌های هگزاپلوئید حاصل تمام کروموزوم‌ها در تقسیم میوزی به صورت دوتایی جفت می‌شوند. از این آزمایشات نتیجه گرفته شد که پنبه‌های تتراپلوئید زراعی از تلاقی پنبه دیپلوئید دنیای قدیم با ترکیب ژنومی AA با پنبه‌های دیپلوئید دنیای جدید با ترکیب ژنومی DD و دو برابر شدن تعداد کروموزوم‌های هیبرید حاصل بر اثر پاره‌ای از عوامل طبیعی تولید شده‌اند.

قبل از کشف قاره آمریکا، در آفریقا و آسیا از پنبه‌های *G.herbaceum* و *G.arboreum* استفاده می‌شد. ولی در حال حاضر بیشترین سطح زیر کشت پنبه دنیا (۹۰٪) به *G.hirsutum* اختصاص دارد. این گونه ابتدا در مکزیک و آمریکای مرکزی به صورت گیاهی چندساله بوده است ولی امروزه بر اثر عملیات اصلاحی به صورت یک‌ساله درآمده‌است. به پنبه‌های گونه *G.hirsutum* پنبه‌های آپلند *(upland)* نیز گفته می‌شود. چون این نوع پنبه‌ها در آمریکا

در اراضی بالاتر از سطح دریا کشت می‌شدند. ارتفاع بوته پنبه‌های آپلند معمولاً ۱/۵- ۱ متر است. قوزه‌های آن اغلب گرد است. برگ‌ها بریدگی‌های عمیق دارند و گل‌ها درشت و کرمی رنگ هسند. روی گلبرگ‌ها لکه ارغوانی دیده نمی‌شود. طول تارها نسبت به واریته متفاوت است. تارها ظریف و مرغوب هستند و سطح دانه پوشیده از کرک یا لینتر می‌باشد.

G.barbadense

منشأ این گونه نیز آمریکای مرکزی است. از آمریکا به مصر برده شده و در زمین‌های اطراف رود نیل کشت و اصلاح شده است، از اینرو به پنبه مصری نیز معروف است. به این پنبه، پنبه *Pima* نیز گفته می‌شود. گل‌های این گونه درشت و ارتفاع بوته آن بلند است (۲/۷- ۲/۵ متر). برگ‌های آن بزرگ و دارای بریدگی‌های عمیق است. گلبرگ‌های آن دارای لکه ارغوانی می‌باشند. قوزه‌های آن کوچک بوده و الیاف آن طویل و ضعیف می‌باشند. از اینرو دارای الیاف مرغوبی برای صنعت نساجی است. دانه‌های آن فاقد کرک یا لینتر می‌باشند.

نرعقیمی

هر دو نوع نرعقیمی ژنتیکی و ژنتیکی- سیتوپلاسمی در پنبه‌های تتراپلوئید مشاهده شده‌اند. حداقل وجود یک ژن مغلوب نرعقیمی *(ms_2)* منجر به نرعقیمی کامل می‌گردد. بعضی از ژن‌های نرعقیمی، نرعقیمی ناقص ایجاد می‌کنند و بعضی از آنها غالب هستند.

نرعقیمی ژنتیکی- سیتوپلاسمی در پنبه بوسیله انتقال کروموزوم‌های *G.hirsutum* یا *G.barbadense* به سیتوپلاسم *G.harknessii* ایجاد می‌شود. بازگرداندن باروری نیز توسط یک ژن با غالبیت ناقص که از *G.harknessii* منتقل می‌شود، انجام می‌گیرد. در کولیتوارهای تجاری آپلند این ژن در حالت هموزیگوس باروری نسبی را موجب می‌شود، که این موضوع پتانسیل استفاده از سیستم هسته‌ای- سیتوپلاسمی را محدود می‌کند. اما عمل بازگرداندن باروری می‌تواند با انتقال یک ژن غالب تقویت‌کننده *E* از *G.barbadense* اصلاح گردد.

ساختمان گل، گلدهی و گرده‌افشانی

گل پنبه توسط سه اندام برگ مانند به نام براکته (برگچه) احاطه شده است. گل پنبه کامل بوده و دارای ۵کاسبرگ به هم چسبیده و ۵ گلبرگ می‌باشد. طول گلبرگ‌ها از ۲/۵ تا ۹ سانتی‌متر متغیر است. (در *G.arboreum* ۲/۵ سانتی‌متر و در *G.hirsutum* ۹ سانتی‌متر می‌باشد). بعضی از گونه‌ها در قاعده گلبرگ‌هایشان لکه ارغوانی دارند. تعداد پرچم‌ها زیاد بوده و لوله‌ای را تشکیل می‌دهند که خامه را احاطه می‌کند. مادگی پنبه از ۵- ۳ برچه تشکیل شده که در هر برچه ۹- ۷ بذر تشکیل می‌شود. بدین ترتیب در هر قوزه پنبه ۴۵- ۲۱ بذر وجود خواهد داشت. رنگ گلبرگ‌ها در واریته‌های مختلف متفاوت بوده و می‌تواند سفید، کرم، زرد یا ارغوانی باشد. البته بعد از گرده‌افشانی رنگ گلبرگ‌ها تغییر کرده و به صورت قرمز درمی‌آید که این حالت شاخص پایان گرده‌افشانی در آن گل است. در پنبه شاخص شروع گرده‌افشانی نیز عبارت

است از ظهور گلبرگ‌ها از داخل براکته‌ها (یعنی مرحله‌ای که نوک گلبرگ‌ها دیده می‌شود). این حالت یک روز قبل از گرده‌افشانی ایجاد می‌گردد و اخته‌کردن گل نیز باید در این حالت انجام گیرد. دانه‌های گرده مستقیماً روی کلاله همان گل ریخته و موجب خودباروری می‌گردد و یا اینکه توسط حشرات (انواع زنبورها) منتقل شده و باعث دگرباروری می‌شوند (به دلیل سنگین و چسبناک بودن دانه‌های گرده انتقال آنها بوسیله باد بسیار کم است). میزان دگرباروری در پنبه ۳۰- ۵٪ است و حتی در صورت وفور حشرات تا ۶۰- ۵۰٪ هم گزارش شده است. در سال‌های اخیر به علت انجام سمپاشی‌های متعدد از جمعیت حشرات کاسته و در نتیجه میزان دگرباروری کاهش یافته است و به همین دلیل پنبه‌های امروزی خلوص خود را بیشتر حفظ می‌کنند.

تکنیک‌های انجام خودباروری و دورگ‌گیری

جهت انجام خودباروری، کافی است که گل‌ها را پوشانیده تا گرده خارجی وارد نشود. برای این کار یا غنچه‌ها را با پاکت می‌پوشانند و یا اینکه انتهای براکته‌ها را بوسیله نخ می‌بندند (روش اول مطمئن‌تر است). ولی برای انجام دورگ‌گیری می‌بایست هر دو والد را کنترل نمود. والد ماده را باید قبل از شروع گرده‌افشانی اخته کرد. اخته‌کردن یک روز قبل از گرده‌افشانی انجام می‌گردد یعنی موقعی که نوک گلبرگ‌ها از داخل براکته‌ها پدیدار می‌شود. برای اخته‌نمودن والد ماده معمولاً از دو روش استفاده می‌شود:

الف) کندن گلبرگ‌ها توسط انگشت

از آنجائی‌که پرچم‌ها به گلبرگ‌ها متصل هستند با این کار پرچم‌ها نیز کنده می‌شوند. ولی ممکن است به مادگی آسیب وارد شود و از میزان باروری آن کاسته شود.

ب) حذف گلبرگ‌ها بوسیله پنس یا قیچی و سپس حذف پرچم‌ها

(گونه *barbadense* نسبت به حذف گلبرگ‌ها حساس بوده و در نتیجه این عمل از میزان باروری آن کاسته می‌شود. در این گونه می‌بایست گلبرگ‌ها را بوسیله پنس باز کرده و از میان آنها پرچم‌ها را حذف نمود).

پس از اخته‌کردن گل‌ها باید آنها را پوشانید که برای این کار از پاکت استفاده می‌شود، یا از نی‌های کاغذی که یک طرف آن بسته است، این نی‌ها را روی خامه قرار داده و براکته‌ها را به هم می‌بندند.

والد نر نیز یک روز قبل از گرده‌افشانی آماده می‌شود. بدین ترتیب که گل‌های آن را بوسیله پاکت یا بوسیله بستن براکته‌ها می‌پوشانند تا با توجه به اینکه طول عمر دانه گرده در هوای آزاد فقط چند ساعت است، دانه‌های گرده غیر، از بین بروند. روز بعد دانه‌های گرده را بوسیله قلم مو یا پنس یا بوسیله نی‌های کاغذی به روی مادگی والد ماده منتقل می‌کنند و مجدداً آن را می‌پوشانند (در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد می‌توان دانه گرده پنبه را تا ۲۴ ساعت هم نگهداری نمود). میزان تولید بذر از طریق گرده‌افشانی مصنوعی حدود ۷۵٪ گرده‌افشانی طبیعی است.

روش‌های اصلاح پنبه

به علت وجود مقداری دگرگرده‌افشانی در پنبه و اثر آن در ساختار ژنتیکی جمعیت‌های پنبه، روش‌های اصلاحی که در پنبه بکار می‌روند تا حدودی متفاوت از روش‌های اصلاحی در گیاهان خودگرده‌افشان مثل گندم و سویا می‌باشد. وجود مقداری دگرگرده‌افشانی در پنبه مقداری هتروزیس ایجاد می‌کند و پتانسیل عملکردی بالایی را موجب می‌شود. انجام چندین نسل خودباروری در پنبه موجب کاهش عملکرد پنبه‌دانه به میزان ۱۰ تا ۱۵ درصد می‌شود. به طور کلی روش‌های اصلاح این گیاه عبارتند از:

۱) معرفی واریته‌ها و سازگار کردن آنها

۲) گزینش و دورگ‌گیری

ولی هر اصلاح‌گر بر اساس سلیقه خود تغییراتی را در آنها داده‌اند. در پنبه در موقع خودباروری مقداری پ روی ایجاد می‌شود.

معرفی واریته‌ها و سازش دادن آنها

به منظور معرفی گیاهان برای یک منطقه بایستی سازگاری آنها را با منطقه مزبور در نظر داشت. گیاهان معرفی شده می‌توانند به عنوان مواد اولیه برای انجام انواع روش‌های گزینشی یا به عنوان والدین در برنامه‌های دورگ‌گیری مورد استفاده قرار گیرند. واریته‌های پنبه‌ای که از آمریکا به ایران وارد و برتری خود را نسبت به واریته های بومی نشان داده‌اند عبارتند از:

۱) کوکر *Coker*

۲) *Coker toowilt*

۳) *Acala*

۲) گزینش

گزینش در پنبه به دو منظور انجام می‌گیرد.

الف) تولید واریته‌های اصلاح شده جدید

ب) نگهداری خلوص واریته‌های ایجاد شده

روش‌های مختلف گزینش در پنبه را می‌توان به سه دسته تقسیم نمود:

الف) روش‌های گزینش بدون دورگ‌گیری

ب) روش‌های گزینش بعد از دورگ‌گیری

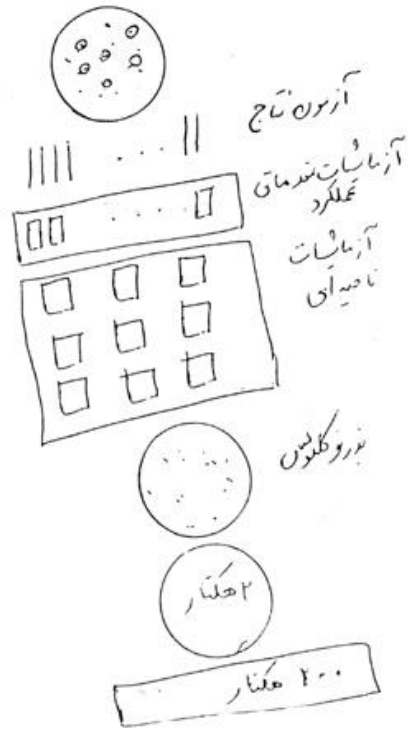
ج) گزینش قبل از دورگ‌گیری

۱) گزینش توده‌ای

گزینش توده‌ای در پنبه به این صورت انجام می‌گیرد که جمعیتی کاشته شده و بوته‌ها از لحاظ صفات ظاهری از قبیل فرم بوته، تعداد و محل قرار گرفتن غوزه‌ها، کیفیت الیاف و مقاومت به آفات و پاتوژن‌ها مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. تعدادی از بوته‌ها انتخاب شده و بذور این بوته‌ها به صورت مخلوط برداشته شده و در سال بعد به عنوان یک جمعیت اصلاح‌شده کاشته می‌شود. این عمل گزینش را چندین دوره انجام می‌دهند تا گیاهان نسبتاً یکنواختی بوجود آیند.

۲) گزینش نتاج

در سال اول جمعیت مورد نظر کشت می‌شود و تعدادی از بوته‌ها بر اساس صفات ظاهری انتخاب شده و در آخر سال بذور آنها به طور جداگانه برداشت شده و در سال بعد در ردیف‌های مجزا کاشته می‌شود.



در صورت زیاد بودن مقدار بذر می‌توان هر بوته را در چند ردیف کاشت. به عبارت دیگر آنها را تکرار کرد. در سال دوم، ارزیابی ردیف‌ها انجام می‌گیرد و از هر یک از ردیف‌های انتخابی بذور بهترین بوته‌ها انتخاب شده، مخلوط شده و به آزمایشات ناحیه‌ای در چند سال و چند مکان برده می‌شود. بر اساس این آزمون تعدادی لاین را که علاوه بر داشتن محصول زیاد، مقاومت به بیماری و کیفیت الیاف مشابه داشته باشند انتخاب شده و بذور آنها به صورت مخلوط در سال بعد

کاشته می‌شود. این مخلوط بذری را بذر نوکلئوس[1] می‌گویند. این بذور را در قطعات بزرگ تکثیر نموده و سپس در اختیار زارعین قرار می‌دهند. این روش مشابه روش گزینش لاین‌های خالص در روش اصلاح گیاهان خودبارور است و تفاوت آنها این است که در این روش بعد از اصلاح، بذور را با هم مخلوط (از لحاظ مشابهت) می‌کنیم و بذر نوکلئوس را ایجاد می‌کنیم.

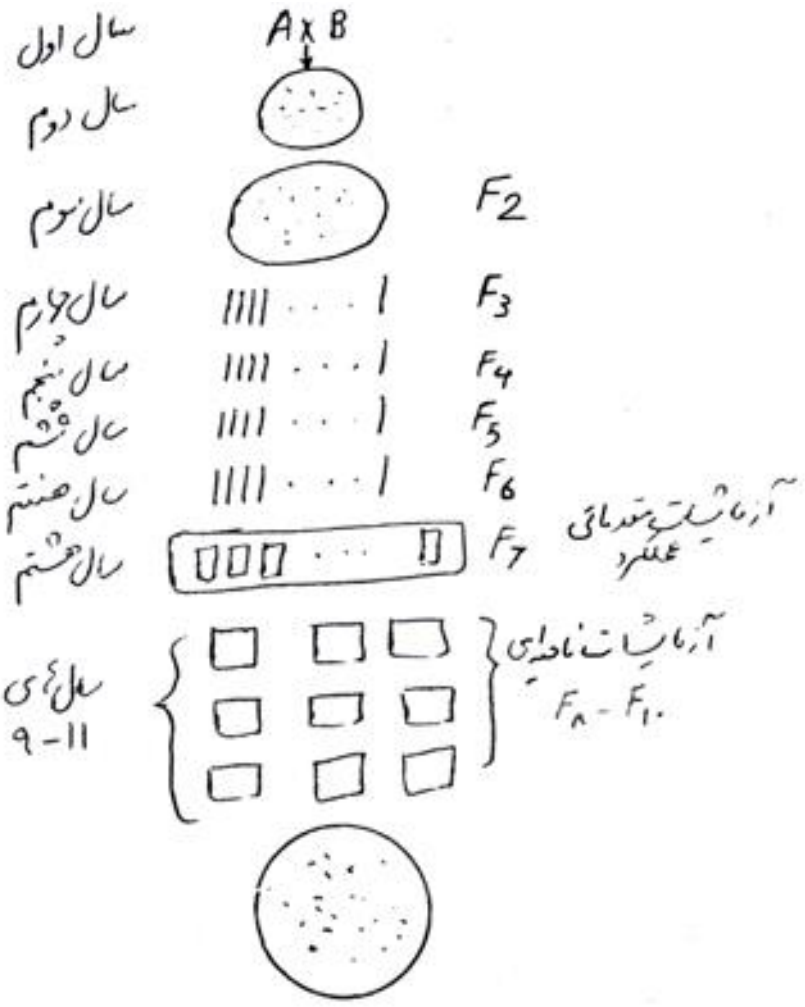
روش‌های بعد از دورگ‌گیری

الف) روش شجره‌ای

این روش عمده‌ترین روش گزینش بعد از دورگ‌گیری در پنبه است و بدین ترتیب است که در سال اول دو یا چند والد با هم تلاقی داده می‌شوند. در سال دوم F_1 و در سال سوم F_2 کاشته می‌شود. تفکیک صفات در F_2 انجام می‌گیرد البته در این سال بوته‌ها را از لحاظ صفات ظاهری ارزیابی و تعدادی بوته انتخاب کرده و بذور آنها را در سال چهارم در ردیف‌های جداگانه می‌کارند، این کار چند سال انجام می‌شود. البته ارزیابی بوته بین ردیف بیشتر از درون ردیف‌ها ارزش پیدا می‌کند. اداره نسل‌ها بعد از نسل F_2 بسته به نظر اصلاحگر متفاوت است. عده‌ای گرده‌افشانی را کنترل می‌کنند و با خودباروری موجب افزایش خلوص می‌شوند ولی عده‌ای گرده‌افشانی را کنترل نمی‌کنند و اجازه می‌دهند گرده‌افشانی به طور طبیعی انجام گیرد که باعث می‌شود به علت مقداری دگرگشنی توسط حشرات، خلوص بوته‌های حاصل به اندازه خلوص گیاهان خودبارور نشود. در سال هشتم بذور بوته‌های F_6 انتخابی که F_7 می‌باشند به آزمون مقدماتی عملکرد برده شده و سال بعد لاین‌های مطلوب انتخابی به آزمایشات ناحیه برده می‌شوند. تعدادی از لاین‌های مطلوب که خصوصیات ظاهری و کیفیت الیاف مشابه دارند با هم مخلوط شده و بذر نوکلئوس را تشکیل می‌دهند که این بذر می‌تواند پس از ..... در اختیار زارعین قرار گیرد.

مانند روش شجره‌ای در گیاهان خودبارور می‌باشد که تنوع صفات از F_2 شروع می‌شود.

[1] Nucleus



ب) روش مخلوط بالک شجره‌ای

در این روش اداره نسل‌ها در دو نسل اول بعد از F_2 به روش بالک انجام می‌گیرد ولی بعد از آن به روش شجره‌ای ادامه می‌یابد (گزینش از F_4).

ج) روش بک‌کراس

این روش عمدتاً برای انتقال صفات کیفی از یک ژنوتیپ به ژنوتیپ مورد نظر انجام می‌گیرد. برای انتقال برخی صفات کمّی نیز از این روش استفاده کرده و به نتیجه هم رسیده‌اند (دوام الیاف).

گزینش دوره‌ای

از گزینش‌های دوره‌ای عمدتاً برای افزایش فراوانی ژن‌های مطلوب در جمعیت‌های پنبه استفاده می‌شود ولی برخی اصلاحگران از طریق گزینش‌های دوره‌ای برخی صفات مانند دوام الیاف، عملکرد الیاف و کیل پنبه را اصلاح کرده‌اند.

برای مثال مراحل تولید پنبه *Acala sj-1*

در سال ۱۹۵۳ رقمی به نام A-51 با رقم دیگری به نام Thef تلاقی داده شد. بعد از تولید F_1 و F_2 عمل گزینش تا سال ۱۹۵۹ که بذور F_6 کاشته شدند به روش شجره‌ای انجام گرفت. در این سال F_6 با رقمی به نام نیومکزیکو ۲۳۰۲ تلاقی داده شد و F_1 حاصل مجدداً با این رقم بک کراس داده شد. تا سال ۱۹۶۲ این گزینش ادامه پیدا کرد و رقمی به نام ۱۲۳۰۲ حاصل گردید. سپس این رقم چندین بار در آزمایشات مقدماتی عملکرد و آزمایشات ناحیه‌ای مورد آزمون قرار گرفت و نتیجه آن در سال ۱۹۶۷ تحت نام *Acalsj-1* نامیده شد که عملکرد مطلوب و سازگاری مناسب داشت. مشکل از بین رفتن خلوص رقم در اثر دگرگشنی بالا در پنبه وجود دارد.

نگهداری خلوص واریته‌های پنبه

از آنجا که در پنبه مقداری دگرباروری وجود دارد، از خلوص واریته‌های اصلاح‌شده کاسته می‌شود. بنابراین باید با اعمال روش‌های خاص خلوص واریته‌های اصلاح‌شده را نگهداری نمود که برای این کار دو روش وجود دارد:

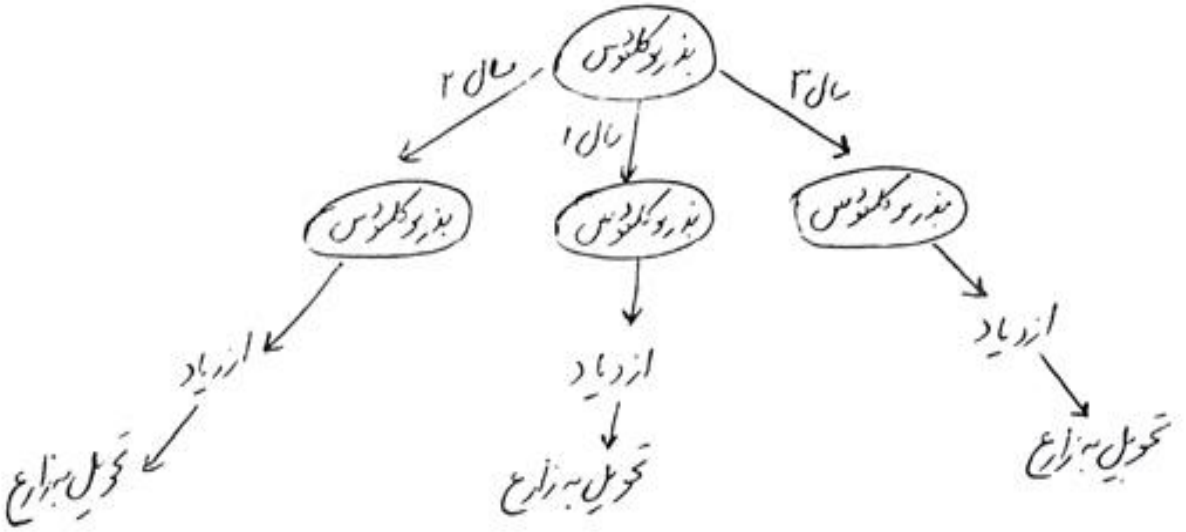
۱) نگهداری خلوص واریته‌های پنبه بدون تغییر ژنتیکی

۲) نگهداری خلوص واریته‌های پنبه همراه با گزینش و اصلاح

نگهداری خلوص واریته‌های پنبه بدون تغییر ژنتیکی[1]

این روش، روش جدیدی است و در کشور ما استفاده نمی‌شود. در این روش از سردخانه استفاده می‌شود. بدین ترتیب که بذر نوکلئوس را به مقدار چندین تن در سردخانه نگهداری کرده و همه ساله به مقدار لازم از این بذور تکثیر کرده و در اختیار زارعین قرار می‌دهند.

[1] Freeze preservation

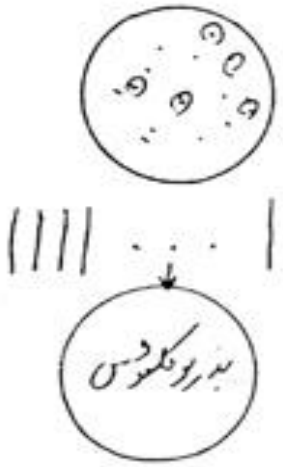


نگهداری خلوص واریته‌های پنبه همراه با گزینش و اصلاح

روش معمول این است که قبل از تولید بذر نوکلئوس آنرا تکثیر کرده و در اختیار زارع قرار دهند. البته مقداری از این بذر را تکثیر و برای تحویل آن به زارع در سال بعد نگهداری می‌کنند این کار دائماً انجام می‌شود. در این جریان به علت حالت حد واسط گرده‌افشانی پنبه، به تدریج از خلوص واریته اولیه کاسته می‌شود که برای خالص‌سازی این واریته‌ها از دو روش گزینش توده‌ای و گزینش نتاج استفاده می‌شود. گزینش نتاج بهتر از گزینش توده‌ای است زیرا ارزیابی یک ردیف بهتر از ارزیابی یک گیاه است. برای خالص‌سازی واریته‌های پنبه با استفاده از روش گزینش نتاج به دو صورت اقدام می‌شود.

۱) روش اول

جمعیت مورد نظر را کاشته و بوته‌های مشابه تیپ واریته اصلاح‌شده اولیه انتخاب شده و بذور آنها در سال دوم در ردیف‌های جداگانه کاشته می‌شود. در این سال ردیف‌ها از لحاظ صفات ظاهری ارزیابی شده و در آخر سال بذور بوته‌های مطلوبی که مشابه تیپ واریته اصلاح‌شده اولیه باشند به صورت مخلوط تحت عنوان بذر نوکلئوس برداشت می‌گردد.



۲) روش دوم: نگهداری خلوص واریته‌های اصلاح‌شده

در این روش بوته‌های مطلوب و مشابه تیپ واریته اصلاح‌شده اولیه شناسایی و در آخر سال بذور بوته‌های انتخابی از هر ردیف بطور جداگانه از ردیف‌های دیگر برداشت شده و به آزمایشات مقدماتی عملکرد و ناحیه‌ای برده می‌شوند. در نهایت بذور بوته‌هایی که علاوه بر داشتن فنوتیپ مشابه با تیپ واریته اصلاح‌شده اولیه دارای عملکرد بالایی نیز هستند برداشت و با هم مخلوط شده و بذر نوکلئوس را تشکیل می‌دهند.

۳) هیبریداسیون

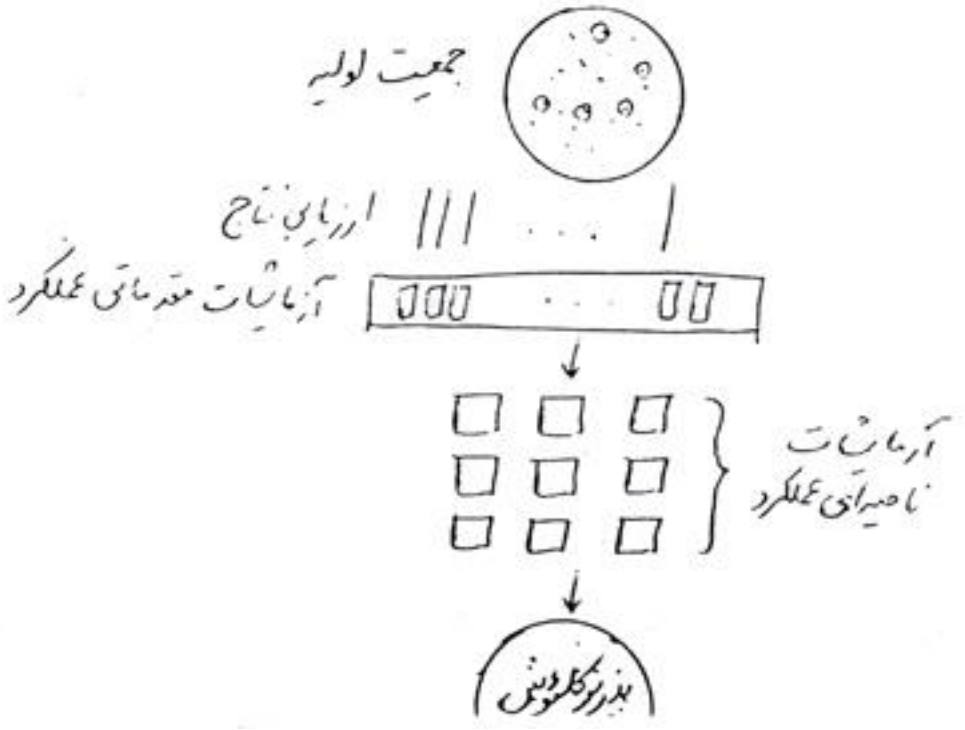
واریته‌های زیادی از پنبه از طریق هیبریداسیون بدست آمده است. در پنبه انواع مختلف هیبریداسیون مورد استفاده قرار می گیرد.

الف- هیبریداسیون بین گونه‌ای :

در پنبه دورگ‌گیری *G.hirsutum* با گونه‌های دیپلوئید به علت اختلاف سطح پلوئیدی در سطح وسیع استفاده نشده است. ولی در یک مورد موفق توانسته‌اند صفت دوام الیاف را از *G.thurberi* (الیاف غیر قابل ریسندگی ولی با دوام) به *G.hirsutum* منتقل کنند. برای رفع اشکال سطح پلوئیدی از *G.arboreum* به عنوان واسطه یا پل استفاده شده است و به این روش، روش پل[1] اطلاق می‌شود. روش عمل به این صورت بوده است که ابتدا *G.thurberi* با *G.arboreum* تلاقی داده می‌شوند، سپس تعداد کروموزوم‌های نتاج حاصل را دو برابر کرده و این پنبه تتراپلوئید مصنوعی را با واریته

[1] Bridging method

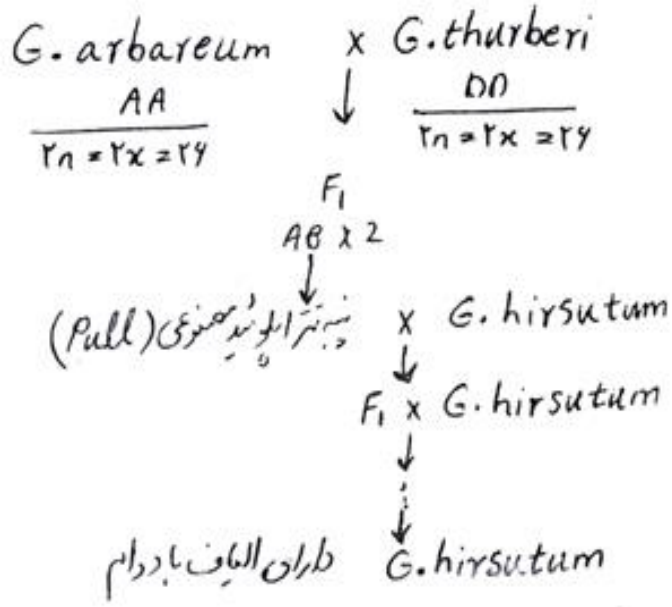
زراعی تلاقی می‌دهند. نتاج حاصل را با والد زراعی بک‌کراس داده و این عمل بک‌کراس را چندین نسل تکرار کرده‌اند تا خصوصیات مطلوب پنبه معمولی به نتاجی که دارای الیاف با دوامی هستند انتقال یابد.



روش پل برای اصلاح کیفیت الیاف در پنبه.

دوام الیاف صفت کمّی است. ولی با این وجود با استفاده از روش بک‌کراس منتقل شده است. انتقال این صفات به راحتی صفات کیفی نیست زیرا در صفات کمّی تعدادی ژن با اثرات کوچک دخیل هستند و تجمّع آنها در طی مراحل بک‌کراس در یک فرد مشکل است و ممکن است تعدادی از ژن‌های مطلوب مورد نظر در طی مراحل بک‌کراس از بین برود. به عنوان مثالی دیگر از هیبریداسیون بین‌گونه‌ای می‌توان تلاقی *G.hirsutum* با *G.barbadense* را ذکر نمود. امروزه سعی می شود که با هیبریداسیون بین این دو گونه ارقام بهتری تولید شود. هر دو رقم زراعی و تتراپلوئید هستند. آزمایشات نشان داده‌اند که هیبریدهای بین این دو گونه هتروزیس نشان می‌دهند. در نتاج برای عملکرد دانه ۴۲ تا ۴۸ درصد و برای عملکرد الیاف ۲۶ تا ۳۳ درصد هتروزیس مشاهده شده است. در مورد کیفیت الیاف نیز در ظرافت و طول الیاف هتروزیس دیده شده است ولی دوام الیاف هتروزیس نشان نداده است. با این حال هتروزیس در مورد عملکرد پنبه‌دانه و الیاف گزارش شده است زیرا در این صفات علاوه بر اثرات افزایشی، اثرات غالبیت نیز وجود دارد ولی صفات مربوط به الیاف بیشتر به صورت اثرات افزایشی هستند و به این دلیل هتروزیس کمتری در این صفات ملاحظه می‌شود.

مشکل عمده در هیبریداسیون بین این دو گونه، دیررسی گونه باربادنس است همچنین رشد رویشی و ارتفاع بیشتری دارد که این صفات نیز به نتاج منتقل می‌شود. البته امروزه در اثر عملیات اصلاحی، گونه‌های زودرس و پاکوتاه باربادنس تولید شده‌اند که در نتیجه، این محدودیت‌ها در تولید هیبریدهای بین دو گونه *barbadense* و *hirsutum* از بین خواهند رفت.



ب- هیبریداسیون درون‌گونه‌ای

میزان هتروزیس گزارش شده در هیبریدهای درون‌گونه‌ای *G.hirsutum* برای عملکرد الیاف از ۱۷٪ تا ۱۳۸٪ متغیر است. امروزه بر تولید واریته‌های هیبرید پنبه تأکید می‌شود. یکی از مشکلات عمده در تولید واریته‌های هیبرید، اخته‌کردن والد مادری است. بدین جهت واریته‌های هیبرید پنبه از قدیم در هندوستان به خاطر ارزانی کارگر تولید می‌شدند که در آنجا ردیف‌های ماده بطور مکانیکی اخته می‌شوند. ولی در سایر کشورها برای تولید واریته‌های هیبرید از سیستم نرعقیمی و به ویژه نرعقیمی ژنتیکی سیتوپلاسمی استفاده می‌شود.

مشکل دیگر در تولید واریته‌های هیبرید انتقال دانه‌های گرده از ردیف‌های نر به ردیف‌های ماده است. می‌دانیم که در پنبه حشرات عمده‌ترین نقش را در انتقال دانه‌گرده دارند. بنابراین برای تولید هیبرید به صورت طبیعی می‌بایست از سمپاشی و کنترل حشرات در منطقه جلوگیری نمود. ولی مشکل دیگری نیز وجود دارد که حشرات به ردیف‌های نرعقیم (ماده) تمایل زیادی نشان نمی‌دهند.

اهداف اصلاحی پنبه

عملکرد الیاف

افزایش عملکرد الیاف تولیدی، هدف اصلی در اصلاح پنبه به شمار می‌رود. بهترین شاخص ارزیابی، اندازه‌گیری عملکرد است، ولی جهت انجام این کار به بوته‌های زیادی نیاز داریم و از آنجائیکه در مراحل اولیه اصلاح، تعداد بوته کم است، از اجزای متشکله عملکرد الیاف در امر گزینش استفاده می‌شود که عبارتند از:

۱) تعداد قوزه

۲) اندازه قوزه

۳) کیل پنبه (درصد وزن الیاف نسبت به وش).

ولی بین این اجزاء رابطه منفی وجود دارد، یعنی مثلاً اگر تعداد قوزه افزایش یابد اندازه قوزه کوچکتر می‌شود. بنابراین اصلاحگران می‌بایست هر سه جزء را با هم در نظر بگیرند. مقدار بذر نیز در میزان عملکرد الیاف اهمیت دارد. زیرا الیاف در روی بذرها قرار دارند. تراکم الیاف روی بذر نیز از عوامل مؤثر در میزان عملکرد الیاف است که این خاصیت را می‌توان در واریته‌های پنبه اصلاح نمود. واریته‌هایی که بذر درشت دارند درصد کیل کمتری دارند. اندازه بذر و اندازه قوزه همبستگی مثبت دارند واریته‌هایی که در قوزه خود ۵ خانه دارند پرمحصول‌تر از واریته‌هایی هستند که قوزه آنها ۴ خانه‌ای است. در حال حاضر، اصلاحگران اندازه قوزه و کیل پنبه را به حد مطلوب رسانده‌اند و روی تعداد قوزه تأکید می‌کنند.

اصلاح تیپ بوته برای برداشت ماشینی

برای میسر ساختن برداشت ماشینی، تیپ بوته را طوری اصلاح می‌کنند که برای این نوع برداشت مناسب باشد برای این منظور سعی می‌شود واریته‌هایی اصلاح شوند که پاکوتاه بوده و در آنها قوزه‌ها به صورت پراکنده نبوده و بیشتر روی محور اصلی قرار داشته و از زمین فاصله کافی داشته باشند. همچنین قوزه‌ها به صورت یکنواخت برسند و در زمان رسیدن قوزه‌ها، برگ‌های گیاه بریزند یا اینکه به سهولت بتوان با مواد شیمیایی آنها را ریخت. علاوه بر این، برگ‌ها کرک کمی داشته و یا اصلاً کرک نداشته باشند تا زحمت تمیز کردن پنبه برداشت شده کمتر شود. در ایران پنبه اولتان که توسط آقای مهندس لامعی اصلاح شده است برای برداشت ماشینی مناسب می‌باشد.

زودرسی

تولید واریته‌های زودرس در مناطقی که آب آبیاری کم است یا آفات و پاتوژن ها، در آخر فصل به گیاه حمله می‌کنند حائز اهمیت می‌باشد. واریته‌های زودرس با خطر باران، و سرما مواجه نمی‌شوند. بعلاوه واریته‌های زودرسی که در هوای گرم و خشک رسیده‌اند نسبت به واریته‌های دیررس‌تر، الیاف محکمتری دارند. واریته‌های زودرس به سهولت با ماشین برداشت می‌شوند. معیارهایی که برای تعیین زودرسی پنبه بکار می‌روند عبارتند از:

الف) زمان شروع گلدهی گیاه

ب) دوره گل کردن گیاه

ج) مدت رسیدن قوزه‌ها

این معیارها نسبت به واریته و محیط تفاوت نشان می‌دهند.

صفاتی که با زودرسی ارتباط دارند عبارتند از: کوچکی گیاه، کوچکی بذر و قوزه و نزدیک بودن قوزه‌ها به سطح زمین. بهترین روش تعیین زودرسی در پنبه، محاسبه نسبت وش حاصل از چین‌های اول و دوم به کل وش تولید شده است.

مقاومت نسبت به استرس‌های محیطی

در پنبه مقاومت در مقابل کم آبی، گرما و شوری حائز اهمیت می‌باشد که در رابطه با هر یک از آنها تنوع ژنتیکی وجود دارد و با کاشت گیاهان در این شرایط می‌توان ارقام مقاوم را گزینش نمود.

کیفیت الیاف

در روی بذر پنبه دو نوع الیاف وجود دارد. یک نوع از الیاف کوتاه بوده و برای ریسندگی مناسب نمی‌باشد و لینتر نامیده می شوند و نوع دیگری که بلند بوده و قابلیت ریسندگی دارند لینت گفته می‌شوند. پنبه‌های وحشی فاقد لینت هستند. هر تار پنبه، سلولی است که از رشد یک سلول اپیدرمی ایجاد می‌شود. این سلول ابتدا تو خالی بوده و دیواره نازکی دارد ولی به تدریج تا مرحله ریسندگی در اثر تجمع سلولز، پر شده و ضخامت دیواره آن بیشتر می‌شود. رشد طولی هر تار ۲۰- ۱۳ روز طول می‌کشد و پس از اینکه رشد طولی تار متوقف شد، ضخامت دیواره آن زیاد می‌شود که این عمل ۴۰- ۲۵ روز بطول می‌انجامد. لینترها پس از کامل شدن رشد لینت‌ها، بوجود می‌آیند. در اصلاح پنبه شاخص‌هایی را برای کیفیت الیاف در نظر می‌گیرند که عبارتند از:

الف) طول الیاف

از لحاظ طول الیاف، درون کالتیوارها و حتی در درون قوزه‌های پنبه تنوع وجود دارد. برای اندازه‌گیری طول الیاف می‌توان از خط‌کش یا دستگاه فیبروگراف استفاده کرد.

ب) یکنواختی طول الیاف

هرچه طول الیاف تولید شده یکنواخت‌تر باشد همانقدر کیفیت پنبه بالاتر است. طول ۵۰٪ عبارت است از طولی که ۵۰٪ الیاف نمونه، طولی برابر یا بیش از آن دارند و طول ۲/۵٪ عبارت است از طولی که ۲/۵٪ الیاف نمونه، طولی برابر یا بیش از آن دارند. هر دوی این طول‌ها توسط دستگاه فیبروگراف قابل اندازه‌گیری هستند. هر چه این نسبت بیشتر باشد نشانگر یکنواختی بیشتر خواهد بود.

ج) استحکام الیاف

از آنجائی‌که پنبه باید بتواند با الیاف مصنوعی رقابت کند این صفت اهمیت زیادی پیدا می‌کند. این عامل در ریسندگی پنبه و مرغوبیت نخ حاصل از آن مؤثر است. برای اندازه‌گیری دوام الیاف از دستگاه استلومتر یا پرسلی استفاده می‌شود. این دستگاه‌ها مقدار نیروی لازم برای پاره‌کردن مقدار مشخصی از الیاف را اندازه‌گیری می‌کنند. مسلماً هر چند مقدار نیروی لازم بیشتر باشد، نشانگر دوام بیشتر الیاف خواهد بود. واریته‌های *Acala* و *Pima* الیاف محکمی دارند. میزان استحکام الیاف بین ۶۰۰۰- ۵۰۰۰ کیلوگرم در سانتی‌متر مربع است. بدست آوردن الیاف محکمتر از ۶۰۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع با کاهش عملکرد همراه است.

د) ظرافت الیاف

ظرافت الیاف بستگی به قطر تارها و همچنین ضخامت دیواره آن دارد. هر قدر الیاف پنبه نازکتر و ظریف‌تر باشد کیفیت مطلوب‌تری خواهند داشت. ظرافت الیاف توسط دستگاهی به نام میکرونر[1] اندازه‌گیری می‌شود. در این دستگاه نیروی لازم برای عبور دادن جریان هوا از میان الیاف اندازه‌گیری می‌شود. هر قدر ظرافت الیاف بیشتر باشد، نیروی لازم برای عبور دادن جریان هوا از میان آنها بیشتر است. الیاف پنبه‌های مصری ظریف‌تر از الیاف پنبه‌های آپلند هستند.

کیفیت پنبه‌دانه

از پنبه‌دانه، روغن استحصال کرده و از کنجاله آن برای تغذیه دام‌ها استفاده می‌شود. پنبه‌های معمولی دارای غدد سیاه رنگی در برگ‌ها، ساقه‌ها و بذور خود هستند که خال[2] نامیده می‌شوند. خال‌ها حاوی ماده‌ای سمّی به نام گوسیپول[3] می‌باشند که در طیور و دام‌های غیرنشخوارکننده باعث مسمومیت می‌شود، همچنین مقدار لیزین قابل دسترس را کاهش می‌دهد و نیز موجب بی‌رنگ‌شدن روغن حاصله شده و کیفیت آن را پایین می‌آورد.

صفت بی‌خال بودن توسط دو ژن مغلوب gl_2 و gl_3 کنترل می‌شود، بنابراین یک صفت کیفی در کالیتوارهای تجاری برای اصلاح کیفیت بذر می‌باشد، ولی پنبه‌های بی‌خال بیشتر مورد حمله آفات قرار می‌گیرند.

[1] Micronaire
[2] Gland
[3] Gossypol

منابع

۱. یزدی صمدی، ب. عیدمیشانی، س. اصلاح نباتات زراعی، مرکز نشر دانشگاهی، ۲۸۳ صفحه.

۲. ارزانی، ا. اصلاح گیاهان زراعی (ترجمه). مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان. ۶۰۶ صفحه.

3. Singh, P. Essential of plant breeding. Kalyani publishers. 414 pp.
4. Stoskopf N. C., Tomes D. T. and Christie B. R.. Plant Breeding: Theory and Practice. Westview Press. 531 pp.
5. Hayward M. D., Romagosa I. and Bosemark N. O. Plant Breeding: Principles and Prospects. Chapman & Hall Publisher. 550 pp.
6. Hayes H. K. Methods of Plant Breeding. READ BOOKS, Publisher. 448 pp.
7. Bos Z. and Caligari P. Selection Methods in Plant Breeding. Springer Publisher. 461 pp.