

بهنرادی برنج

مقدمه

برنج پس از گندم مهمترین محصول زراعی جهان به شمار می رود و از لحاظ تولید دانه رتبه دوم را دارد. تقریباً تمام برنجی که تولید می شود به مصرف غذای انسان می رسد و غذای یک سوم مردم جهان را تشکیل می دهد. بیش از ۹۰٪ برنج جهان در آسیا تولید می شود. گفته می شود منشأ این گیاه آسیای جنوب شرقی است.

برخلاف گندم که محصول فصل سرد است و در مناطق معتدل و نیمه گرمسیری تولید می شود، برنج محصول فصل گرم و عمده ترین زراعت نواحی گرمسیری است. در مناطقی که فصلهای متناوب خشک و پر باران دارند، تولید برنج محدود به فصلهای پر باران است. در مناطق معتدل و مرتفع، برنج در فصلهای بدون یخبندان کشت می شود.

برنج سفید (بدون پوسته سبوس) که به مصرف انسان می رسد، حاوی ۹۰ تا ۹۴٪ نشاسته و ۶ تا ۱۰٪ پروتئین است. قابلیت هضم برنج بسیار بیش از نان گندم، سیب زمینی، شیر و سایر محصولات غذایی است و ارزش غذایی و کالری آن از اکثر مواد غذایی انسان برتر است. البته

مصرف مداوم برنج بدون غذاهای مکمل به دلیل کمبود ویتامین ب-۱ در انسان سبب بیماری بری‌بری می‌شود.

برنج از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی و حداقل ۸۰۰۰ سال است که در چین و هند کشت می‌شود. این گیاه از آسیای جنوب شرقی به چین و سپس به آسیای صغیر، آفریقا و اروپا راه یافته است. سابقه کشت برنج در ایران به حدود ۲۰۰۰ سال پیش می‌رسد.

براساس گزارش اداره کل آمار و اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی، در سال زراعی ۸۳-۸۴ سطح زیرکشت برنج در ایران ۶۲۸ هزار هکتار، میزان تولید آن ۲۷۴ میلیون تن و متوسط عملکرد آن ۴۳۵۷ کیلوگرم شلتوک در هکتار بوده است (دانه قهوه‌ای رنگ برنج که هنوز پوسته از آن جدا نشده است، شلتوک نامیده می‌شود). در ایران استانهای مازندران و گیلان به ترتیب با ۳۲۱۳ و ۳۱۶۹ درصد، بیشترین سطح زیر کشت برنج را دارند. برنج در چند استان دیگر، حتی در استانهای گرمسیر مانند خوزستان و سردسیر مانند اردبیل نیز کشت می‌شود.

واریت‌های برنج

واریت‌های برنج از لحاظ طول و شکل دانه به سه گروه تقسیم می‌شود:

گروه اول، دانه بلند. واریت‌های برنج این گروه، که مرغوب‌ترین برنج به‌شمار می‌رود، دانه‌های طویل (۶۶ تا ۷۵ میلی‌متر) دارند و مقطع دانه آنها معمولاً شیشه‌ای است.

گروه دوم، دانه متوسط. دانه‌های این گروه از لحاظ اندازه متوسط (۵ تا ۶۶ میلی‌متر) است. گروه سوم، دانه کوتاه. در این واریت‌ها، دانه‌ها کوتاه (۵ میلی‌متر یا کمتر) و مقطع آنها نشاسته‌ای است. گروه دانه کوتاه ارزان‌ترین برنج است.

سازمان جهانی خواروبار و کشاورزی (فائو^۱)، واریت‌های برنج را از لحاظ طول دانه به چهار گروه زیر تقسیم‌بندی کرده است: گروه دانه بسیار بلند، بیشتر از ۷ میلی‌متر؛ گروه دانه بلند، بین ۶ و ۷ میلی‌متر؛ گروه دانه متوسط، بین ۵ و ۵٫۹۹ میلی‌متر؛ گروه دانه کوتاه، کمتر از ۵ میلی‌متر. گروه زراعت و بهنژادی گیاهان دانشگاه تهران براساس خواص تجاری، گیاه‌شناسی و زراعی از جمله طول و ضخامت دانه، رنگ پوشه، ریشک‌دار یا بی‌ریشک بودن، زودرسی و دیررسی، برنج‌های ایران را به سه گروه بزرگ صدری، چمپا و گرده تقسیم کرده است:

گروه برنج‌های صدری. در این گروه طول دانه بیش از ۷ میلی‌متر و نسبت طول به قطر بیشتر از ۳ برابر است. این گروه شامل برنج سالاری، صدری دم‌سیاه، صدری معمولی، برنج میری، برنج اربابی و بسیاری از ارقام دیگر برنج است.

1. FAO

گروه چمپا. در این گروه طول دانه در برنجهای زودرس به ۷ میلی‌متر می‌رسد، در صورتی که در واریته‌های دیررس بین ۵ تا ۶ میلی‌متر است. این گروه شامل برنج رسمی، چمپای سیاه، چمپای سفید، آگوله، بینام، چمپا کلفت، سرخه چمپا، چمپا نازک، چمپا کوتاه، چمپا خمیده و شاهک است. گروه برنجهای گرده. طول دانه برنجهای این گروه کمتر از ۵ میلی‌متر است. این گروه شامل گرده رشت، مولایی خوزستان، گرده لنجان، گرده شیراز، گرده میانه، و گرده کلات است.

عملکرد و مقاومت برنجهای صدری به آفات و کم‌آبی کمتر از برنجهای چمپا و گرده است، اما کیفیت و ارزش تجاری آنها بالاترست. سازگاری برنجهای چمپا در برابر آفات و کم‌آبی بیشتر است. برنجهای گرده، مانند چمپا، در برابر آفات و کم‌آبی سازگاری زیاد دارند و عملکرد آنها بیشتر از دو گروه صدری و چمپاست، اما ارزش تجاری آنها پایین است.

برنامه‌های بهنژادی برنج ایران در مؤسسه تحقیقات برنج در ایستگاههای آمل و رشت اجرا می‌شود. این برنامه‌ها شامل وارد کردن واریته‌ها، گزینش و دورگ‌گیری بین واریته‌های داخلی و خارجی است. نتایج این برنامه‌ها، تهیه واریته‌های پرمحصول و نسبتاً مقاوم به بیماری بلاست و شناسایی واریته‌های مقاوم به آفت کرم ساقه‌خوار بوده است. برخی از این واریته‌ها عبارت‌اند از آمل ۱ (دارای عملکرد بالا)، آمل ۲، آمل ۳، فوجی مینوری، گیل ۱، گیل ۲، گیل ۳، گیل ۴، هراز، خزر، ندا، نعمت و کادوس.

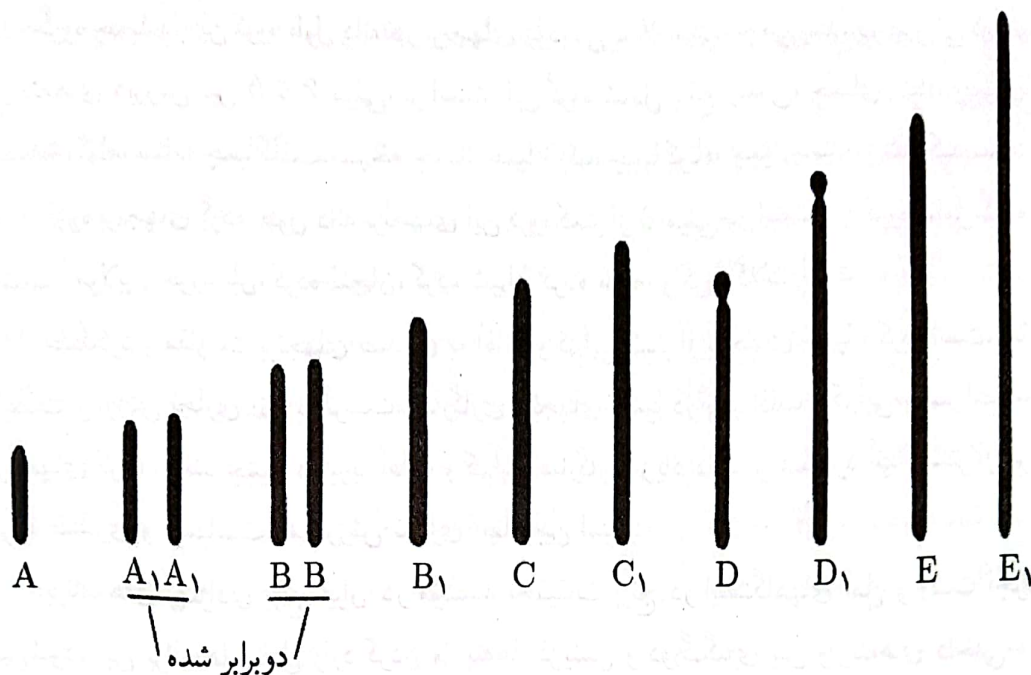
گیاه‌شناسی و ژنتیک برنج

برنج از تیره گندمیان و جنس اوریزا^۱ است. گونه زراعی آن اوریزا ساتیوا^۲ نام دارد که در آسیا، اروپا، و امریکا کشت می‌شود. در جنوب آفریقا گونه دیگری به نام اوریزا گلابریما^۳ می‌روید. گونه‌های وحشی زیادی از اوریزا در جهان وجود دارد. ارتباط بین گونه زراعی با گونه‌های وحشی هنوز مشخص نشده است.

گونه اوریزا ساتیوا ۲۴ کروموزوم دارد ($2n = 24$). گونه‌های چهارلاد آن با ۴۸ کروموزوم ($2n = 48$) نیز موجود است. برنج معمولی (اوریزا ساتیوا)، از لحاظ ژنتیکی شبیه گونه‌های دولاد است، اما اطلاعات ژنتیکی و سیتولوژیکی نشان می‌دهد که این گونه در اصل چندلاد و شماره کروموزومی پایه آن ۵ است ($x = 5$). فرمول کروموزومی زیر برای برنج پیشنهاد شده است (شکل ۱.۳).

AA_۱, B, C, D, E

A_۱, B_۱, B, C_۱, D_۱, E_۱



شکل ۱.۳ کروموزومهای تک‌لاد برنج اوریزا ساتیوا (برگرفته از پولمن، ۱۹۸۷).

فرض بر این است که گونه‌ای با $x = 5$ کروموزوم (A, B, C, D, E) با گونه دیگری که ۵ کروموزوم داشته است (A_1, B_1, C_1, D_1, E_1)، ترکیب شده و آمفی‌پلوئید حاصل بر اثر اختلاطی که در میوز آن انجام شده، گیاهی با ۱۲ کروموزوم تولید کرده است (۵ تا از هر والد به‌اضافه یک کروموزوم A_1 و یک کروموزوم B).

باید توجه داشت که تاکنون برنجی با $x = 5$ در جهان شناسایی نشده است. احتمال می‌رود این گونه از بین رفته باشد.

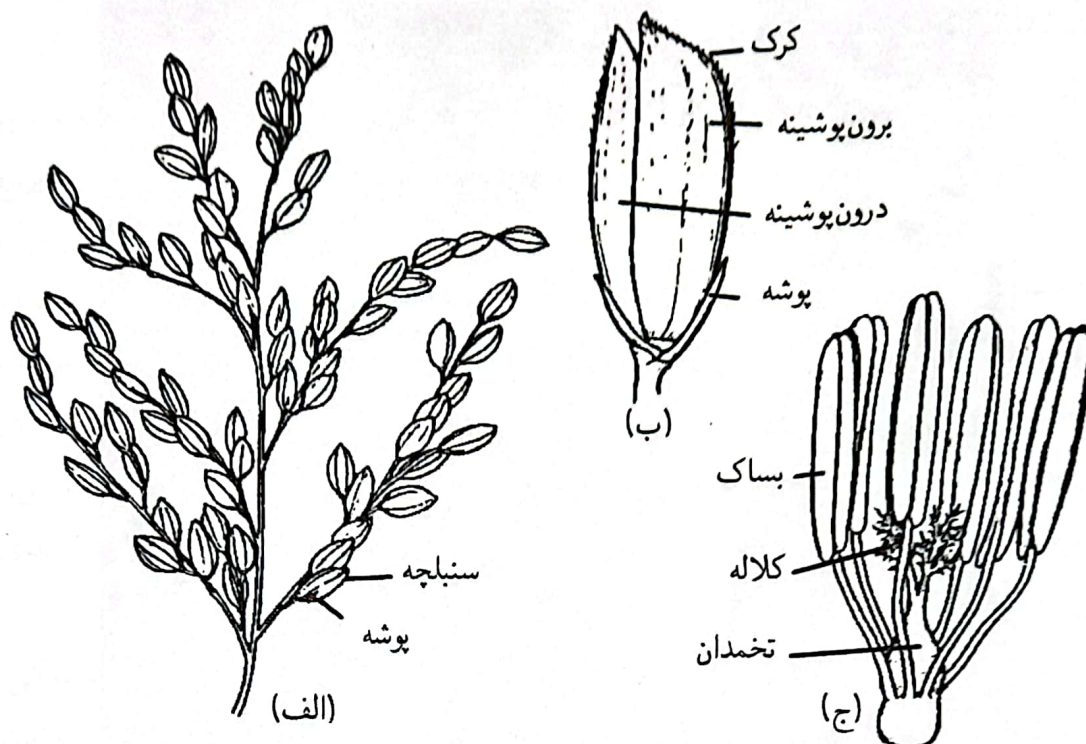
واریته‌های اوریزا ساتیوا به دو نژاد جغرافیایی تقسیم می‌شوند. نژاد هندی (ایندیکا)^۱ که در هند، هندوچین، و فیلیپین کشت می‌شود. نژاد ژاپنی (جاپونیکا)^۲ که در ژاپن، کره، و شمال چین کشت می‌شود. دورگهای بین این دو نژاد از لحاظ درجه عقیمی تفاوت دارند. بعضی کاملاً سالم و برخی از آنها کاملاً یا تا حدی عقیم‌اند.

ساختار گل

در برنج، آرایش گل به شکل خوشه گلی است که گلهای منفرد دارد (شکل ۲.۳). تفاوت گل برنج با گل سایر غلات در این است که گل برنج به جای سه پرچم شش پرچم دارد.

پوشه‌ها کوچک و کوتاه‌اند و پوشینه‌ها به شکل پوسته‌هایی دانه برنج را دربر می‌گیرند. دانه

1. Indica 2. Japonica



شکل ۲.۳ الف) قسمتی از خوشه گل برنج؛ ب) سنبلیچه برنج؛ ج) گل برنج با ۶ پرچم (برگرفته از اسلپر و پولمن، ۲۰۰۶).

برنج همراه با پوشینه شلتوک نامیده می‌شود. گلهای برنج روز هنگام و از ساعت ۸ صبح تا ۴ بعدازظهر، و بیشترین گلهای پیش از نیمروز یا در نزدیکیهای نیمروز (۱۰ تا ۱۲ صبح) باز می‌شود. ۷ تا ۱۰ روز طول می‌کشد تا تمام گلهای یک خوشه برسد، اما بیشتر آنها طی ۴ تا ۵ روز می‌رسند.

درصد دگرگشتی در برنج، برحسب واریته و محیط متفاوت و ممکن است از صفر تا ۳٪ متغیر باشد.

اخته کردن و دورگیری مصنوعی برنج

برای اخته کردن گلهای برنج از دو روش استفاده می‌شود:

۱. روش مکانیکی. این روش شبیه است به آنچه درباره گندم گفته شد؛ یعنی حدود ۱۰ تا ۲۰ سنبلیچه نگهداری می‌شود و سپس قسمت فوقانی گل، یعنی بالای پوشینه‌ها چیده و پرچمها با پنس خارج می‌شوند. می‌توان نوک پوشینه‌ها را افقی چید و بعد با نیروی مکش پرچمها را خارج کرد (شکل ۳.۳).



شکل ۳.۳ خارج کردن پرچم برنج از طریق مکش.

۲. روش آب گرم. این روش به اندازه روش اول استفاده می‌شود. خوشه گل برنج ده دقیقه در آبی که دمای آن 40°C تا 44°C است، فرو برده می‌شود (می‌توان آب را در فلاسک آب گرم ریخت). در روش آب گرم خوشه‌هایی انتخاب می‌شود که در روز سوم یا چهارم گلدهی هستند. یعنی حدود $\frac{1}{4}$ گل‌های آنها از غلاف خارج شده‌اند. در این حالت، حداکثر گل‌های قابل تلاقی به دست می‌آید. گل‌های خیلی جوان یا تلقیح شده باید حذف شود. یک ساعت قبل از باز شدن گل‌ها، ساقه برنج خم و خوشه گل را در آب گرم قرار داده می‌شود. چند دقیقه بعد از بیرون آوردن خوشه از آب، گلدهی آغاز می‌شود که در این حالت، پرچمها جدا و دور ریخته می‌شود. با این روش، گل‌ها به طور معمولی باز و خسارت کمتری به آنها وارد می‌شود. انتقال گرده به پایه‌های مادری (گرده‌افشانی)، یک روز پس از اخته کردن انجام می‌شود. برای گرفتن گرده باید از گل‌هایی که نزدیک باز شدن هستند استفاده کرد و پرچم آنها را درآورد و روی کلاله گل‌های اخته شده قرار داد. پس از گرده‌افشانی، خوشه به مدت یک هفته با پاکت سلوفان پوشانده می‌شود. در هر جفت‌گیری معمولاً 20 خوشه به کار می‌رود که حدود 200 بذر تولید می‌کنند. موفقیت دورگ‌گیری در برنج از گندم و جو کمتر است.

مطالعات ژنتیکی در برنج

مطالعات ژنتیکی و سیتوژنتیکی وسیعی روی برنج انجام شده است. برنج پس از گیاه آرابیدوپسیس تالیانا، دومین گیاهی است که ژن نامه آن به طور کامل توالی یابی شده است (توالی ژن نامه برنج به صورت برخط (آنلاین) در پایگاههای اینترنتی مانند ncbi در دسترس است). در سالهای قبل، مطالعات ژنتیکی اغلب روی صفات ظاهری مانند رنگ دانه، برگ و نظایر آن انجام می شد. اما در سالهای اخیر، ژنتیک صفات مهم زراعی مانند ارتفاع گیاه، حساسیت به طول روز، زمان رسیدن، مقاومت به بیماریها و آفات، کیفیت و ژنهای بازگرداننده باروری مورد توجه قرار گرفته است. در حال حاضر مطالعات در زمینه ژنتیک مولکولی صفات مهم از طریق ژنومیکس^۲ (ژن نامه شناسی)، پروتئومیکس^۳ (پروتئین نامه شناسی)، ترنسکریپتومیکس^۴ (رونوشت نامه شناسی) و سایر فناوریهای نوین انجام می شود.

ارتفاع بوته از صفاتی است که به دلیل اهمیت آن در تهیه ارقام پاکوتاه و مقاوم به خوابیدگی، مطالعات ژنتیکی بسیاری روی آن انجام شده است. برای این صفت هم وراثت کمتی و هم وراثت کیفی گزارش شده است. ژنهای پاکوتاهی مغلوب d_1 ، d_2 و... به طور القایی در برنج ایجاد و برخی نیز در ژرم پلاسما طبیعی شناسایی شده اند؛ اما هیچ یک از آنها در بهنژادی برنج سودمند نبوده اند زیرا این ژنها علاوه بر کاهش دادن فاصله میان گرهها سبب کاهش عملکرد دانه و اندازه دانه می شدند. استفاده از ژن مغلوب Sd_1 در تهیه ارقام نیمه پاکوتاه (حدود ۱ متر) پرمحصول و مقاوم به خوابیدگی مفید بوده است. ژن Sd_1 یک جهش یافته طبیعی است که در رقم نیمه پاکوتاه دی-ژو-وو-جن^۵ که در تایوان کشت می شد، شناسایی شد. در ارقام دارای ژن نیمه پاکوتاهی Sd_1 علاوه بر فراوانی تولید پنجه و عملکرد بالا، اندازه دانه طبیعی است. بروز این ژن تحت تأثیر ژنهای تغییردهنده متعدد قرار دارد. پژوهشگران امریکایی توانسته اند همدیف Sd_1 را از طریق پرتوتابی در یک رقم کالیفرنایی به نام کارلوس^۶ نیز القا کنند. از این ژن در بهنژادی ارقام پاکوتاه کالیفرنایی استفاده شده است. رقم امریکایی سنچری پاتنا^۷ که ارتفاع آن مانند ارقام دارای Sd_1 است، بدون استفاده از ژنهای پرائر پاکوتاهی و تنها با تجمع ژنهای پاکوتاهی اندک، تولید شده است.

وارته های چهارلاد برنج نیز با استفاده از کلشیسین به روش مصنوعی تولید شده اند که خوشه طویلتر و دانه های بلندتر دارند، اما به دلیل اشکالهایی از قبیل پنجه زنی اندک و عقیمی نسبی، چندان مورد استفاده قرار نگرفته اند.

1. *Arabidopsis thaliana* 2. genomics 3. proteomics 4. transcriptomics
5. Dee-geo-woo-gen 6. Carlose 7. Century Patna 231

خبرنامه ژنتیک برنج^۱ علایم ژنی، نقشه‌های پیوستگی و سایر اطلاعات ژنتیکی برنج را روزآمد منتشر می‌کند. این مجله خبری در پایگاه www.gramene.org/newsletters/ricegenetics/ در دسترس علاقه‌مندان است.

تنوع ژنتیکی برنج

برنج از گیاهانی است که تنوع ژنتیکی گسترده‌ای در آن دیده می‌شود. جهشهای طبیعی که با فراوانی نسبتاً بالا در برنج رخ می‌دهد، سازش‌پذیری آن را با طیف گسترده‌ای از اقلیمها امکان‌پذیر کرده است. دهها هزار واریته بومی برنج در مناطق مختلف جهان وجود داشته و صدها واریته نیز از طریق بهنژادی ایجاد شده است. علاوه بر این، ۱۸ گونه وحشی و سایر جنسهای خویشاوند، مجموعه‌ای غنی از ژنهای مفید در اختیار بهنژادگران قرار می‌دهد.

تعداد نمونه‌های ژنتیکی جمع‌آوری‌شده برنج بیش از هر گونه زراعی دیگر است. مؤسسه بین‌المللی تحقیقات برنج (ایری)^۲ در فیلیپین با بیش از ۱۰۰۰۰۰ نمونه، دارای بزرگترین مجموعه ذخایر ژنتیکی برنج است. مجموعه وزارت کشاورزی امریکا نیز ۲۲۰۰۰ نمونه دارد. ژرم‌پلاس طبیعی برنج در جهان، زمانی به بیش از ۱۲۰۰۰۰ نمونه می‌رسید، اما با جایگزینی ارقام اصلاح‌شده پرمحصول به جای واریته‌های بومی، این رقم بسیار کاهش یافته است. کاشت گسترده ارقام نیمه پاکوتاه دارای ژنهای Sd۱ که بسیاری از آنها سیتوپلاسم یکسان نیز دارند، خطر آسیب‌پذیری ژنتیکی ارقام کنونی برنج را در برابر بیماریها و آفات بسیار بالا برده است.

روشهای بهنژادی برنج

روشهای بهنژادی برنج همان روشهایی است که در گندم به‌کار می‌رود؛ یعنی وارد کردن ارقام جدید، گزینش، دورگ‌گیری، تهیه رقم دورگ و فناوری زیستی، که باید بهنژادی از طریق جهش را نیز به آنها افزود. برخلاف گندم، جهش در برنج بسیار کاربرد داشته و از آن برای ایجاد ارقام پاکوتاه، ارقام زودرس و ارقام دارای آندوسپرم مومی استفاده شده است.

وارد کردن ارقام جدید

این روش نقش مهمی در توزیع ژرم‌پلاس برنج از مرکز تنوع برنج، یعنی آسیا، به سایر کشورهای جهان داشته است. مؤسسه بین‌المللی تحقیقات برنج (ایری) هر سال ارقام و رگه‌های بهنژادی‌شده بسیاری را تهیه و در میان کشورهای مختلف توزیع می‌کند. انواع مختلفی از این واریته‌ها که برای صفاتی مانند کودپذیری، مقاومت به بیماری بلاست و آفت کرم ساقه‌خوار بهنژادی شده به ایران

1. Rice Genetic News letter 2. International Rice Research Institute (IRRI)

وارد و مورد آزمایش قرار گرفته است. البته کیفیت پخت این برنجها اغلب پایین و برای ذائقه ایرانیها نامطلوب است. از این ارقام در برنامه های دورگ گیری با برنجهای ایرانی کیفیت دار استفاده می شود.

گزینش

هر دو نوع گزینش توده ای و انفرادی (رگه های خالص) در برنج قابل کاربردند. اما در برنج نیز مانند گندم، گزینش انفرادی نقش بسیار مهمتری در اصلاح جمعیت های بومی برنج داشته است. در ایران نیز همین روال حاکم بوده است. از گزینش توده ای می توان در واریته های ایری برای حذف جوهره های نامطلوب و همگن کردن آنها بهره برداری کرد. از گزینش انفرادی نیز برای اصلاح توده های ایرانی که مخلوطی از رگه های نسبتاً شبیه هستند استفاده شده و رگه های پرمحصولی ایجاد شده است.

دورگ گیری

گزینش شجره ای مهمترین روش بهنژادی برنج به شمار می رود. زیرا می توان بوته های برنج را با فاصله کافی کاشت و تک تک بوته ها را مشاهده و ارزیابی کرد. گزینش دسته جمعی، تلاقی برگشتی و سایر روشهای مبتنی بر دورگ گیری را نیز می توان در برنج به کار برد. تلاقی برگشتی برای انتقال صفت نیمه پاکوتاهی به ژنوتیپهای سازگار، موفقیت آمیز بوده است. از سال ۱۹۴۰ تاکنون اغلب ارقام برنج در امریکا از طریق دورگ گیری به دست آمده اند. در نواحی گرمسیری معمولاً بذرها در خزانه رویانده و در مزرعه نشا می شود. در این مناطق به مدد مساعدت هوا می توان تا سه نسل در سال برنج کاشت و برداشت کرد.

در ایران از برنامه دورگ گیری برای حذف عیبهای واریته های ایرانی استفاده می شود. محصول کم، عدم مقاومت به خوابیدگی (خوابیدگی ناشی از کاربرد زیاد کودهای شیمیایی نیتروژنی) و حساسیت به بیماری بلاست عیبهای واریته های ایرانی است. از طرف دیگر، واریته های ایرانی از لحاظ کیفیت پخت، طعم و عطر بسیار مطلوب اند و واریته های خارجی در این مورد اغلب نمی توانند با واریته های ایران رقابت کنند.

در ایران، برای مدیریت جمعیت حاصل از دورگ گیری از روش شجره ای استفاده می شود. در کشورهای دیگر از دو روش شجره ای و دسته جمعی بیشتر استفاده می شود. ژاپنی ها بیشتر از روش دسته جمعی و کاشت نتاج دورگ گیری در گلخانه استفاده می کنند. روش ژاپنی ها به عنوان یک مثال موفق در اینجا شرح داده می شود.

برنامه بهنژادی برنج برای عملکرد در ژاپن

در ژاپن از سال ۱۹۵۱، بیشتر از روش دسته‌جمعی همراه با کوتاه کردن زمان بهنژادی به‌وسیله کاشت در گلخانه استفاده می‌شود زیرا اثرگزینش در نسل‌های اولیه برای صفات کمی مانند عملکرد، و بخصوص در مورد انتخاب تک‌بوته، بسیار کم است. بنابراین به‌نظر می‌رسد روش گزینش در نسل‌های پیشرفته برای عملکرد مفیدتر است تا روش شجره‌ای. علاوه بر این، روشی که برای کوتاه‌کردن دوره بهنژادی در گلخانه عملی به‌نظر می‌رسد، روش دسته‌جمعی است. تحت شرایط طبیعی مزارع ژاپن، برنج را نمی‌توان دو بار در سال برداشت کرد. بنابراین، برای کوتاه کردن دوره بهنژادی یا از گلخانه استفاده می‌شود یا آزمایشها در مناطقی انجام می‌شود که زمستان ملایم دارد.

در اینجا روش مورد استفاده در مرکز تحقیقات کشاورزی چوگوگو^۱ ژاپن برای تهیه واریته‌های پرمحصول شرح داده می‌شود. این روش شامل کاشت F_1 تا F_4 در گلخانه و گزینش رگه‌ها در نسل F_5 تحت شرایط مزرعه است. هر رگه شامل ۵ گیاه در نسل F_5 است که از خوشه یک گیاه F_4 ، که بسیار متراکم (2×2 ر۵) سانتی‌متر) کاشته شده است به‌دست می‌آید. تمام رگه‌های F_5 از گیاهان مختلف نسل F_4 به‌وجود آمده‌اند (اوکاب^۲، ۱۹۷۲). ویژگی‌های این روش عبارت‌اند از:

۱. به دلیل محدود بودن تعداد گیاهان در هر رگه (۵ بوته به‌طور متوسط)، تعداد رگه‌هایی که

در نسل F_5 می‌توان کاشت و در میان آنها گزینش انجام داد، زیاد است.

۲. برای انتقال مواد بهنژادی به نسل‌های آینده، از نتاج حاصل از تک‌دانه از نسل F_2 تا F_4 استفاده می‌شود.

۳. گزینش براساس رگه در نسل‌های میانی، و نه براساس تک‌بوته در نسل‌های آینده، سبب می‌شود سودمندی گزینش و اطلاعات اولیه در مورد خلوص هر رگه افزایش یابد.

۴. دوره بهنژادی سه سال کوتاه‌تر می‌شود.

برای استفاده از بذرها برای کاشت در گلخانه، باید دوره خواب آنها را با گرما از بین برد. صفاتی که در این مرکز در نظر گرفته می‌شود، عبارت است از مقاومت به خوابیدگی، ریخت خوشه، وزن خوشه، وضعیت گیاهان در مزرعه کشاورزان، باروری زیاد خوشه و درستی دانه.

ارزیابی نتاج در نسل‌های اولیه (F_2 - F_5) معمولاً براساس وضع ظاهری توده انجام می‌شود و عواملی مانند خسارت بیماری بلاست، ارتفاع بوته، کیفیت ساقه، رنگ گیاه، شکل برگ و گیاه، کیفیت دانه، طول مدت رشد و خسارت دمای پایین در نظر گرفته می‌شود. در این مرحله، به عملکرد چندان توجه نمی‌شود.

گزینش رگه‌های نتاج در نسل‌های میانی و آخر، معمولاً براساس صفات زیر خواهد بود:

۱. طول ساقه، نزدیک‌تر بودن زاویه برگ با ساقه به زاویه قائمه و قوی بودن گیاه جوان.

۲. تاریخ خوشه‌دهی و یکنواختی آن.
۳. وضع ظاهری گیاه شامل طول شالی، طول خوشه، تعداد و یکنواختی آن در گیاهان.
۴. مقاومت به خوابیدگی.
۵. وضع خوشه و وضع رسیدن دانه.
۶. وضع ریشکها.
۷. چگونگی ریزش دانه.
۸. مقاومت به بیماریها و آفات.
۹. تحمل دمای پایین.
۱۰. کیفیت دانه و خواص مربوط به آن مانند رنگ برنج در موقع رسیدن، اندازه و شکل ظاهری بذر.
۱۱. دوره خواب بذر.

بعضی از این خواص قابل اندازه‌گیری و بعضی دیگر تقریبی و مشاهده‌ای است. برتری هر رگه براساس این خصوصیات تعیین می‌شود. معمولاً از واریته‌های شاهد نیز استفاده می‌شود.

تهیه رقم دورگ

یکی از جدیدترین پیشرفتهای چینی‌ها در بهنژادی برنج، تهیه برنج دورگ است. برای تهیه برنج دورگ، مانند آنچه در فصل گندم گفته شد، نیازمند رگه آ، رگه ب و رگه آر هستیم. مشکلاتی که برای تهیه دورگ گندم گفته شد، در اینجا نیز وجود دارد. در چین با بهره‌گیری از نیروی کار وسیع و ارزان مسئله اندک بودن تشکیل بذر تا حدی حل شده است. در کشورهای پیشرفته مانند امریکا، هزینه کارگری تهیه دورگ کماکان بیش از درآمد حاصل از افزایش عملکرد ارقام دورگ است. به علاوه، اهمیت کیفیت برنج برای مردم کشورهای پیشرفته، دستیابی به رگه‌های والد دارای حداکثر هتروزیس را محدود کرده است.

موضوع تهیه ارقام دورگ برنج از زمان کشف نرعقیمی سیتوپلاسمی در زیرگونه وحشی اسپونتانا^۱ در سال ۱۹۷۰ در جزیره هاینان^۲ چین آغاز شد. ژنهای بازگرداننده باروری در ارقام هندی شناسایی شد. در همین سال بذر دورگ برنج در چین توزیع شد و در کمتر از ده سال میلیونها هکتار از اراضی چین زیر کشت ارقام دورگ برنج رفت. عملکرد این ارقام ۱۵٪ بیش از بهترین ارقام اصلاح‌شده معمولی بود. افزایش ۲۰ درصدی عملکرد نیز نسبت به ارقام متداول گزارش شده است. بعدها انواع دیگری از نرعقیمی سیتوپلاسمی نیز در برنج شناسایی شد، اما هیچ یک

1. *Oriza sativa* f. *spontanea* 2. Hainan

پایداری سامانه اولیه را نداشت. در این برنامه‌ها، باروری توسط دو ژن غالب هسته‌ای با اثر افزایشی به سیتوپلاسم عقیم بازگردانده می‌شود.

برای تکثیر رگه آ، یک خط از رگه پدری ب در کنارشش خط رگه آ کشت می‌شود. در تولید بذر دورگ، به ازای هر یک خط از رگه آرگرده افشان، ۸ خط از رگه آ کاشته می‌شود، به طوری که فاصله خطها ۱۰ سانتی‌متر باشد. در روش چینی‌ها، تشکیل بذر روی رگه آ بین ۱۵٪ تا ۵۰٪ است. برای افزایش دگرگرده افشانی در چین، کارگران هر روز با طناب یا میله در طول مزرعه حرکت می‌کنند و بوته‌ها را تکان می‌دهند. همچنین، به منظور بالا بردن میزان گلدهی و تسهیل رسیدن گرده به گلها، برگ پرچم بوته‌های مادری را نیز قطع می‌کنند. این روشها به کارگر زیاد نیاز دارد. عدم همزمانی گلدهی والدهای پدری و مادری نیز از مشکلات تهیه دورگ برنج بود که در ابتدا با کشت در تاریخهای متفاوت و سپس با تهیه رگه‌های زودرس‌تر رفع شد. در ایران نیز تحقیقات و تولید رقم دورگ برنج آغاز شده است.

فناوری زیستی

کشت بافت علاوه بر مهندسی ژنتیک برنج، برای تولید تک‌لادهای مضاعف نیز به‌کار می‌رود. برای تهیه تک‌لاد مضاعف برنج از کشت بساک استفاده می‌شود. در چین از این طریق رقمهای جدیدی اصلاح شده است و در سطح میلیونها هکتار کشت می‌شود.

نشانگرهای مولکولی در تهیه نقشه‌های پیوستگی و همچنین در شناسایی نشانگرهای پیوسته با صفات مهم زراعی مانند مقاومت به بیماری بلاست، بلاست باکتریایی، مقاومت به آفات، معطر بودن و... کاربرد زیادی داشته‌اند. از این نشانگرها در گزینش به کمک نشانگر، به‌ویژه در تلاقیهای برگشتی، استفاده می‌شود.

برنج تنها محصول زراعی است که توالی ژن‌نامه آن در سال ۲۰۰۰ تکمیل شد. این توالیها را در سایر غلات نیز می‌توان استفاده کرد، زیرا شباهت زیادی بین ژن‌نامه غلات وجود دارد. دسترسی به توالی کامل ژن‌نامه فرصتی استثنایی در اختیار پژوهشگران قرار داده است تا بتوانند ژنها، مسیرهای بیوشیمیایی و پروتئینهای مؤثر در عملکرد، مقاومت به بیماریها و آفات، کیفیت و سایر صفات مهم بهنژادی را تعیین کنند.

یکی از دستاوردهای مهندسی ژنتیک، تولید برنج طلایی (گلدن رایس^۱) بوده است (په^۲ و همکاران، ۲۰۰۰). برنج طلایی، برنج تراریختی است که ژنهای تولیدکننده بتاکاروتن (پیش‌ویتامین آ) دارد. رنگ این برنج مانند هویج است. کمبود ویتامین آ هر سال سبب نابینایی ۵۰۰-۲۵۰ هزار کودک در کشورهای فقیر و مرگ نیمی از آنها می‌شود. دانشمندان امیدوارند از طریق برنج طلایی

1. Golden rice 2. Ye

بتوانند تا حدودی به رفع این معضل کمک کنند. اخیراً بهنژادگران موفق شده‌اند برنج طلایی ۲ را تولید کنند که میزان بتاکاروتن آن ۳۷ میکروگرم در گرم است، در حالی که این مقدار در برنج طلایی اولیه ۱۶ میکروگرم در گرم بوده است.

ژنهای Cry1A و Cry1B که افزایش مقاومت به کرمهای ساقه‌خوار را به همراه داشته نیز با موفقیت به برنج منتقل شده است. یکی از پژوهشگران مؤسسه بیوتکنولوژی کشاورزی ایران در هنگام گذراندن دوره دکتری در ایری، ژن Cry1Ab را از باکتری باسیلوس تورینجینسیس^۱ به برنج طارم مولایی انتقال داده است. برنج تراریخت (برنج بی. تی^۲) با تولید توکسین در قسمتهای سبز به انواع آفات پروانه‌ای بخصوص به کرم ساقه‌خوار مقاومت نشان می‌دهد. ژن مقاومت از طریق تلاقی برگشتی به سایر ارقام ایرانی مانند نعمت، ندا و خزر نیز منتقل شده است.

برای انتقال سایر ژنهای مفید به برنج، پژوهش در کشورهای جهان ادامه دارد. ژنهای بی. تی. در فصل بهنژادی ذرت با جزئیات بیشتر شرح داده شده است.

جهش

برنج یکی از گیاهانی است که در بهنژادی آن از جهش استفاده شده است. بهنژادگران برای القای پاکوتاهی، زودرسی و آندوسپرم مومی به برنج، از جهش استفاده کرده‌اند. پژوهشگران ایستگاه آزمایشهای کشاورزی کالیفرنیا از پرتوتابی به بذرهایی رقم کالروز^۳ با پرتوی گاما (حاصل از ایزوتوپ کبالت رادیواکتیو)، رقم کالروز ۷۶ را ایجاد کردند که ژن مغلوب پاکوتاهی Sd۱ در آن القا شده بود. این اولین رقم نیمه پاکوتاهی بود که در سال ۱۹۷۶ در امریکا توزیع شد. ارتفاع ارقام دارای ژن Sd۱ در پس‌زمینه برنج ژاپونیکا به‌طور متوسط ۹۰ سانتی‌متر است، در حالی که ارقام پابلند آن ۱۲۰ تا ۱۳۰ سانتی‌متر ارتفاع دارند.

برنامه بهنژادی برنج در ایران

فعالیت‌های بهنژادی برنج در ایران با جمع‌آوری و ارزیابی ارقام بومی در سال ۱۳۳۹ در گیلان و در ۱۳۴۲ در مازندران در قالب مؤسسه تحقیقات برنج آغاز شد و با ورود ارقام خارجی در ۱۳۴۲ و شروع دورگ‌گیری ادامه یافت. روشهای بهنژادی که در مؤسسه تحقیقات برنج به‌کار گرفته شده عبارت‌اند از وارد کردن ارقام خارجی، گزینش انفرادی، روش شجره‌ای و تهیه رقم دورگ.

ارقام تجاری مانند ساحل، شفق و کادوس واریته‌هایی‌اند که از مؤسسه ایری وارد و پس از بررسی پایداری و سازش‌پذیری، به‌عنوان ارقام جدید معرفی شده‌اند. رقم آمل ۲ و آمل ۳ به ترتیب از طریق گزینش انفرادی در توده‌های خارجی آی. آر ۲۸^۴ و سونا^۵ به‌دست آمده‌اند. رقم نعمت از

1. *Bacillus thuringiensis* 2. B. T 3. Calrose 4. IR 28 5. Sona

دورگ‌گیری رقم پرمحصول آمل ۳ و رقم بومی مرغوب سنگ طارم، رقم سپیدرود از دورگ‌گیری رقم بومی صدری گرم و رقم آی.آر. ۲۸؛ و رقم دشت از تلاقی رقم پرمحصول آمل ۱ و آی.آر. ۲۹ و اداره جمعیت حاصل به روش شجره‌ای به دست آمده‌اند.

رقم دورگ پرمحصول جی.آر.اچ ۱-۱۲۱۰۴ نیز از ارقامی است که والد‌های آن از مؤسسه ایری وارد شده است و در ایران تولید می‌شود. یکی از برنامه‌های وزارت کشاورزی برای خودکفایی برنج، توسعه سطح زیرکشت این محصول است (زمانی و علیزاده، ۱۳۸۶). پژوهشگران مؤسسه تحقیقات برنج اعلام کرده‌اند که رقم دورگ جدیدی به نام بهار نیز تولید کرده‌اند که مراحل نهایی معرفی را می‌گذرانند.

همان طور که گفته شد، ارقام پرمحصول به دلیل پایین بودن کیفیت آنها بازار خوبی در ایران ندارند، به همین دلیل قسمت اعظم سطح زیرکشت برنج در ایران (حدود ۷۰٪) به ارقام بومی اختصاص دارد. در ایستگاه‌های تحقیقات برنج ایران، خصوصیتی که در رگه‌های مورد آزمایش یادداشت می‌شود، عبارت‌اند از (۱) طول شالی و خوشه؛ (۲) تعداد پنجه؛ (۳) وزن خوشه؛ (۴) وضع ریشه؛ (۵) درصد عقیم بودن؛ (۶) آلودگی به بیماری بلاست؛ (۷) تاریخ شروع و خاتمه خوشه‌دهی.

در مورد واریته‌ها، خصوصیتی که یادداشت می‌شود، عبارت است از: (۱) بلندی نشای ۲۵ روزه و حالت رشد آن؛ (۲) حالت رشد ساقه‌ها در بوته ۷۰ روزه؛ (۳) مقاومت به بیماری بلاست؛ (۴) خصوصیات برگ مانند طول، عرض، و زاویه برگ با ساقه، وجود کرک، و رنگ برگ؛ (۵) رنگ ساقه؛ (۶) مقاومت ساقه؛ (۷) طول ساقه؛ (۸) تاریخ ظهور خوشه؛ (۹) تاریخ رسیدن دانه؛ (۱۰) وضع خوشه؛ (۱۱) چگونگی ریزش دانه؛ (۱۲) طول خوشه؛ (۱۳) خصوصیات دانه.

ویژگی‌های کیفیت رگه‌ها و واریته‌ها، که در بخش هدف‌های بهنژادی شرح داده خواهد شد، نیز مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

هدف‌های بهنژادی برنج

هدف‌های بهنژادی برنج به طور کلی عبارت است از عملکرد، دوره رویش مناسب در هر منطقه، مقاومت به خوابیدگی، مقاومت به ریزش دانه، ویژگی‌های مناسب برای زراعت مکانیزه، مقاومت به بیماری‌ها، کیفیت مناسب برای آسیاب شدن و پخت.

عملکرد و پایداری آن

برنج گیاهی است که می‌تواند محصول زیاد تولید کند. دانشمندی امریکایی به نام گرافیوس^۲ (۱۹۵۶) مقدار عملکرد را چنین تشریح می‌کند: «اگر عملکرد به شکل یک چندوجهی نشان داده

1. JRH1-2104 2. Grafius

شود، حجم این چندوجهی به ابعاد سه‌گانه آن بستگی دارد. این ابعاد در حقیقت عواملی‌اند که عملکرد را به‌وجود می‌آورند و عبارت‌اند از متوسط تعداد خوشه در واحد سطح، متوسط تعداد دانه در خوشه و وزن متوسط دانه. روشن است که هر یک از ابعاد سه‌گانه که زیاد باشد، حجم چندوجهی و در نتیجه عملکرد محصول بیشتر می‌شود.»

در برنج، برای افزایش محصول می‌توان واریته‌هایی تولید کرد که تعداد کمتری گل‌های عقیم، و در نتیجه تعداد بیشتری دانه در خوشه داشته باشند. همچنین می‌توان واریته‌هایی انتخاب کرد که وزن دانه آنها بیشتر باشد. پس از انتخاب چنین واریته‌هایی، باید توجه داشت آنهایی که به خوابیدگی مقاوم‌اند تولید شوند تا بتوانند سنگینی خوشه برنج را تحمل کنند. همچنین، واریته‌های مقاوم به بیماری‌ها و واریته‌هایی که بتوانند به‌موقع به مرحله بلوغ برسند به افزایش عملکرد کمک می‌کنند. خصوصیتی مانند ارتفاع کوتاه، پنجه‌دهی زیاد، ساقه‌های محکم و سنبله‌های متراکم که گیاه را ایستاده نگه می‌دارد و نیز ویژگی‌هایی مانند داشتن برگ‌های افراشته که از میزان سایه‌دهی می‌کاهد و نور کافی برای تمام گیاه فراهم می‌کند و سنبله‌های پر و سنگین، خصوصیات ظاهری مؤثر در عملکرد هستند.

دوره رویش مناسب در هر منطقه

واریته‌های برنج را می‌توان به سه گروه زودرس، متوسط رس، و دیررس تقسیم کرد. در مناطقی که طول دوره رشد گیاهان کوتاه است، باید از واریته‌های زودرس استفاده شود تا گیاه قبل از سرما به بلوغ برسد. در مناطقی که طول دوره رشد طولانی است، واریته‌های دیررس ممکن است محصول بیشتری بدهد. واریته‌های زودرس در مدت ۱۳۰ تا ۱۴۵ روز، متوسط رس در ۱۵۰ تا ۱۶۰ روز، و دیررس در ۱۷۰ تا ۱۸۰ روز می‌رسند.

تفاوت‌های ویژگی رسیدن برنج، بر اثر تفاوت طول روز است. برنج گیاهی روز کوتاه است، اما واریته‌های مختلف آن از این لحاظ با هم تفاوت دارند. تاریخ کاشت نیز در زودرسی و دیررسی مؤثر است. در هر ناحیه بهتر است واریته‌هایی انتخاب شود که هم زودرس باشد و هم پرمحصول. مطالعات ژنتیکی نشان داده است که رسیدن برنج با چند ژن کنترل می‌شود. واریته‌های زودرس و دیررس از راه تفرق برتر از والدین پیدا شده‌اند. زودرسی در بیشتر موارد غالب است، اما در بعضی آزمایش‌ها دیررسی غالب بوده است. یکی از عوامل مؤثر در رسیدن برنج، دمای هوا و آب آبیاری است. وقتی متوسط دما بالاست، برنج ممکن است زودتر برسد. کاربرد آب سرد برای آبیاری رسیدن برنج را به تعویق می‌اندازد. مقاومت واریته‌های مختلف نسبت به آب سرد متفاوت است و باید در اصلاح برنج به این نکته توجه داشت.

مقاومت به خوابیدگی

خوابیدگی ساقه در برنج موجب کاهش محصول می‌شود. دلیل این کاهش، پر نشدن کامل دانه و افزایش بیماری در گیاهان خوابیده و همچنین عدم امکان دروی کامل محصول با کمباین است. کیفیت محصول بوته‌های خوابیده نیز پایین‌تر از کیفیت محصول بوته‌های سالم است. مقاومت به خوابیدگی به عوامل زیر بستگی دارد:

۱. وضعیت و توسعه ریشه.
۲. اندازه ساقه و ضخامت دیواره آن.
۳. ضخامت و قدرت غلاف.
۴. فاصله بین گره‌ها.
۵. ارتفاع بوته.

یکی از هدفهای مهم بهنژادی برنج، ایجاد واریته‌های کوتاه است تا بر اثر کاربرد کود دچار خوابیدگی نشوند. درو کردن این واریته‌ها با وسایل مکانیکی نیز آسان‌تر است. مقاومت به پوسیدگی ریشه و ساقه نیز از عوامل مهم در جلوگیری از خوابیدگی است.

زنهای پاکوتاهی نقش زیادی در بهنژادی برنج و افزایش عملکرد آن داشته‌اند. زن پاکوتاهی sd۱ جهش یافته‌ای طبیعی است که اولین بار در تایوان در رقم دی-ژو-وو-جن تایوانی شناسایی و به رقم پرمحصول تایچونگ نیتیو-۱^۱ منتقل شد. رقمی که به دست آمد در تایوان و هند افزایش عملکرد بالایی نشان داد. با تلاقی رقم تایچونگ نیتیو-۱ و رقم پتا^۲ در مؤسسه بین‌المللی تحقیقات برنج فیلیپین در سال ۱۹۶۶، رقم آی.ار. ۳۸ تولید شد که سبب افزایش ۴۲ درصدی عملکرد برنج و انقلاب سبز در مناطق برنج‌کاری گرمسیری شد. دکتر تی.تی. چانگ^۴، رئیس مرکز ذخایر توارثی مؤسسه بین‌المللی تحقیقات برنج، در بهنژادی و ایجاد ارقام نیمه پاکوتاه و انقلاب سبز برنج نقش عمده‌ای ایفا کرد. رقم آی.ار. ۲۸ و رقم آی.ار. ۵۲۴ در مناطق گرمسیری تولید برنج عملکرد را بسیار افزایش داده است، به طوری که تولید سالانه برنج فیلیپین در طول دو دهه از ۳۷ به ۷۷ میلیون تن رسید و این کشور برای اولین بار صادرکننده برنج شد.

در ایالات متحد نیز ارقام نیمه پاکوتاه به دلیل عملکرد بالا و مقاومت به خوابیدگی به فراوانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. شکل ۴.۳ ارقام پابلند و پاکوتاه برنج را نشان می‌دهد.



شکل ۴.۳ ارقام پابلند و پاکوتاه برنج (برگرفته از پولمن، ۱۹۹۵).

مقاومت به ریزش دانه

مقاومت به ریزش دانه از هدفهایی است که باید مورد توجه قرار گیرد. دانه معمولاً باید به سهولت از خوشه جدا شود، اما قبل از درو نریزد. ریزش دانه به زمان و کیفیت پیدایش لایه جداگر بستگی دارد. لایه چوب‌پنبه‌ای در قسمت دنباله دانه تولید می‌شود و مقاومت دانه بر اثر آن کم می‌شود و دانه می‌افتد. گونه‌های وحشی به ریزش مقاومت ندارند. به‌طور کلی، واریته‌های دانه کوتاه کمتر از واریته‌های دانه بلند ریزش دارند.

ویژگیهای مناسب برای زراعت مکانیزه

ویژگیهایی که برای زراعت مکانیزه باید مورد توجه قرار گیرد عبارت است از مقاومت به خوابیدگی، سهولت کنده شدن دانه‌ها، پاکوتاهی و بی‌کرک بودن دانه (زیرا کرک‌دار بودن سبب ایجاد غبار در هنگام درو می‌شود).

مقاومت به بیماریها

اصول مقاومت به بیماریها در برنج و سایر گیاهان یکی است. در برنج نیز باید واریته‌های مقاوم را یافت و سپس عامل مقاومت را به واریته‌های مورد نظر منتقل کرد. تعدادی از بیماریهایی که تاکنون مورد مطالعه قرار گرفته به شرح زیر است:

بیماری پوسیدگی ساقه. عامل بیماری، لپتوسفریا سالوینی^۱ است. این بیماری، سبب خوابیدگی می‌شود و واریته‌های خیلی مقاوم به آن وجود ندارد. واریته‌های دانه کوتاه و زودرس به این بیماری مقاوم‌ترند تا واریته‌های دانه بلند و دیررس. این بیماری در ایران مشاهده نشده است.

بیماری لکه قهوه‌ای برنج. عامل بیماری هلمینتوسپوریوم اوریزا^۲ نام دارد و سبب پیدایش لکه‌هایی روی برگها و دانه می‌شود و برگها بر اثر آن خشک خواهد شد. در برابر این بیماری نیز واریته‌های خیلی مقاوم تجاری وجود ندارد. در ایران این بیماری وجود دارد، ولی از میزان خسارت و اهمیت آن اطلاع دقیقی در دست نیست.

بیماری لکه قهوه‌ای برگ برنج. عامل بیماری، سرکوسپورا اوریزا^۳، روی برگ برنج لکه‌های دراز قهوه‌ای ایجاد می‌کند. واریته‌های مقاوم به این بیماری موجود است. گفته می‌شود مقاومت به وسیله یک ژن غالب کنترل می‌شود. این بیماری در ایران مشاهده نشده است، اما احتمال وجود آن هست.

بیماری لکه آبی یا بیماری بلاست برنج. عامل این بیماری، پیریکولاریا اوریزا^۴ تشخیص داده شده است. این نیز نوعی بیماری قارچی است که سبب شکسته شدن خوشه‌ها و پیدایش لکه‌هایی روی برگها و دانه‌ها می‌شود. واریته‌های مقاوم به این بیماری پیدا شده است. میزان خسارت آن در بعضی سالها و در بعضی از مزارع حدود ۳۰٪ تا ۴۰٪ است. بلاست مهمترین بیماری برنج است. سیاهک برنج. عامل بیماری تیلتیا هوریدا^۵ است. این سیاهک نوعی سیاهک پنهان است و از خارج دانه دیده نمی‌شود. واریته‌های مختلف برنج نسبت به این بیماری درجات متفاوتی از مقاومت دارند. این بیماری در ایران دیده نشده است.

بیماری لکه برگ برنج. عامل بیماری اپیکوکوم نگلکتوم^۶ است. این بیماری در ایران هست، اما اهمیت چندانی ندارد. اطلاعات زیادی نیز در مورد مقاومت به آن موجود نیست.

پوسیدگی طوقه ریشه. عامل بیماری جیبرلا فوجیکوروی^۷ است. در مورد مقاومت به آن اطلاع چندانی در دست نیست.

- | | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| 1. <i>Leptosphaeria salvinii</i> | 2. <i>Helminthosporium oryzae</i> | 3. <i>Cercospora oryzae</i> |
| 4. <i>Pyricularia oryzae</i> | 5. <i>Tilletia horrida</i> | 6. <i>Epicoccum neglectum</i> |
| 7. <i>Gibberella fujikuroi</i> | | |

مقاومت به آفات

کرم ساقه‌خوار آفت شماره یک مزارع برنج آسیا و ایران به‌شمار می‌رود. برای گونه‌های بیست‌گانه این حشره هم وراثت ساده گزارش شده است و هم وراثت کمتی. گونه چیلو سوپرسالیس^۱ نخستین بار در سال ۱۳۵۱ در مزارع تنکابن و رامسر طغیان کرد و خسارت شدیدی به بار آورد. مبارزه بیولوژیکی با این آفت با استفاده از زنبور تریگوگراما امکان‌پذیر است. مقاومت به کرم ساقه‌خوار از صفاتی است که در بهنژادی برنج در ایران مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

کیفیت برنج

عواملی را که در کیفیت برنج مؤثرند می‌توان به چهار دسته تقسیم کرد: کیفیت آسیاب شدن، کیفیت بازاریابی، کیفیت پخت و ارزش غذایی. این خواص در واریته‌های مختلف برنج متفاوت است، اما شرایط محیطی از قبیل وضعیت آب‌وهوا، خاک، بیماری و حتی چگونگی درو و خشک کردن برنج بر آنها تأثیر می‌گذارد.

برای آسیاب کردن برنج، ابتدا پوسته شلتوک برداشته می‌شود و برنج با پوسته قهوه‌ای (برنج سفیدنشده) به‌دست می‌آید. بعد سبوس قهوه‌ای رنگ نیز برداشته می‌شود و برنج معمولی (برنج سفید) به‌دست می‌آید. ارزش برنج به کیفیت آسیاب شدن آن بستگی دارد. برنجی خوب است که هنگام آسیاب شدن کمتر بشکند. از طرفی، دانه برنج وقتی دراز و باریک است، بیشتر در هنگام آسیاب شدن می‌شکند. در آزمایشگاه می‌توان به کیفیت آسیاب شدن برنج به‌وسیله آسیابهای کوچک پی برد. پس از آسیاب کردن برنج، واریته‌های دانه بلند که رنگ روشن دارند، بیشتر مورد پسندند تا آنها که دانه کوتاه و مات دارند.

کیفیت بازاریابی به مجموعه خصوصیات ظاهری و فیزیکی دانه برنج گفته می‌شود. اهمیت و چگونگی این خصوصیات از دید مصرف‌کننده‌های مختلف متفاوت است. اغلب جوامع، برنجهای دانه بلند و قلمی و شفاف را ترجیح می‌دهند. برنجهای شفاف، تراکم نشاسته بیشتر دارد و در فرایند آسیاب شدن خرده برنج کمتر تولید می‌کند.

از لحاظ خاصیت پخت، دو نوع برنج وجود دارد؛ برنج خشک و برنج چسبنده. برنج دانه بلند معمولاً پس از پختن به هم نمی‌چسبد و شکل خود را حفظ می‌کند. برنج خوب برنجی است که پس از پختن به هم نچسبد و دانه‌های آن نشکند.

مقدار آمیلوز، دمای ژلاتینی شدن نشاسته، جذب آب توسط نشاسته، قوام ژل نشاسته، طول دانه، عطر و طعم برنج از مؤلفه‌های کیفیت پخت به‌شمار می‌رود. مقدار آمیلوز در برنجهای غیربومی بین ۳۰ تا ۳۳۰ mg/g تغییر می‌کند. این نوع برنج را می‌توان برحسب مقدار آمیلوز آن به سه گروه

1. *Chilo suppressalis*

تقسیم کرد. گروه اول با آمیلوز کم (کمتر از 200 mg/g)، گروه دوم با آمیلوز متوسط (200 تا 250 mg/g) و گروه سوم با آمیلوز بالا (بیشتر از 250 mg/g) است.

دانه‌های وارسته‌هایی که آمیلوز کم دارد، در پخت به هم می‌چسبند و زود می‌شکنند. دانه‌های وارسته‌های دارای آمیلوز زیاد، در پخت به هم نمی‌چسبند و خوب قد می‌کشند و پس از سرد شدن نیز دانه‌ها شکننده نیست. در برنج‌های غیر چسبنده، دمای ژلاتینی شدن متوسط و میزان جذب آب آنها متوسط تا کم است. غلظت خمیر برنج پخته شده، وقتی که تا 50°C سرد می‌شود، زیاد است. دستگاه آمیلوگراف^۱، درجه ژلاتینی شدن نشاسته و مقدار غلظت را محاسبه و به شکل منحنی رسم می‌کند. قد کشیدن یا به اصطلاح ری کردن برنج از ویژگی‌هایی است که در ارقام مختلف متفاوت است و طولی شدن دانه بر اثر پخت بدون افزایش قطر یک صفت مطلوب در ارقام دارای کیفیت عالی به‌شمار می‌رود.

معطر بودن برنج نیز از صفاتی است که ایرانها اهمیت ویژه‌ای برای آن قائل‌اند. مهمترین عامل معطر بودن برنج ماده ۲-استیل ۱-پیرولین است. برنج هندی باسماتی^۲ از لحاظ عطر آن مشهور است و به‌عنوان والد در دورگ‌گیریها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در میان گیاهان تأمین‌کننده کربوهیدرات، برنج ارزش غذایی بالایی دارد. برنج منبع اصلی پروتئین و کالری برای حدود 40% مردم جهان است. متوسط مقدار پروتئین در برنج قهوه‌ای 8% و در برنج سفید مورد مصرف انسان 7% است. اگرچه میزان پروتئین برنج در مقایسه با سایر غلات نسبتاً کم است، ارزش غذایی پروتئین آن به دلیل مقدار زیاد لایسین آن زیاد است. میزان پروتئین با مقدار لایسین و همچنین عملکرد دانه همبستگی منفی نشان می‌دهد.