مطالعه و کاربرد تناسخ در اصلاح نباتات

پوهنیار محمدطایب صافی[۲۰]
تقریظ‌دهنده: پوهنوال گل‌محمد آژیر

مجلهٔ علمی-تحقیقی حوزهٔ علوم طبیعی پوهنتون کابل، ۲ (٤) ۱٤۰۰

چکیده

هر تغییر ناگهانی را تناسخ گویند که در موادجنیتکی (DNA) یک موجود زنده رخ می‌دهد. برخلاف دورگه‌سازی و انتخاب، تناسخ دارای مزایایی بیشتر در اصلاح خصوصیت نامطلوب نباتات می‌باشد، بدون این‌که خصوصیات اگرانومیکی و کیفی آن‌ها تغیر یابد. یکی از راه‌های آسان اصلاح نباتات فاقد تخم، اصلاح به‌روش تناسخ می‌باشد. تناسخ در موجودات زنده می‌تواند به‌قسم طبیعی و یا به‌طور مصنوعی به‌وجود آید. به‌طور کلی دو عامل فزیکی و کیمیاوی در ایجاد تناسخ دخالت دارند: میوتاجین‌های فزیکی (اشعهٔ ایکس، گاما، نیوترون و اشعه ماورای بنفش) می‌باشد. اکثراً اصلاح‌گران به این میوتاجین‌ها دسترسی ندارند، لذا عمدتاً از مواد کیمیاوی استفاده می‌کنند. هدف اصلی تناسخ ایجاد تنوع جنیتکی، به‌وجودآوردن ورایتی‌های نباتات با حاصل زیاد، جسامت تخم، کوتاه‌بودن زمان گل‌دهی و پخته‌شدن حاصل، مقاوم مقابل تنش‌های زنده و غیرزنده محیطی می‌باشد.

اصطلاحات کلیدی: تناسخ؛ میوتاجین‌های فزیکی و کیمیاوی؛ میوتانت؛ تناسخ خودبه‌خودی؛ تناسخ مصنوعی

Study and Application of Mutation in Crop Improvement

Jr. Teaching Asstt. Mohammad Taheb Safi

Abstract

Mutagenesis is the process whereby sudden heritable changes occur in the genetic information of an organism not caused by genetic segregation or genetic recombination, but induced by chemical, physical or biological agents. Mutation breeding is the purposeful application of mutations for crop improvement. Unlike hybridization and selection, mutation breeding has the advantage of improving a defect in an otherwise elite cultivar, without losing its agronomic and quality characteristics. Mutation is the only straightforward alternative for improving seedless crops. Mutation naturally occurs in all animals and plants. Unless, in induced mutation we use x-ray and chemicals. Mutation assisted plant breeding plays a crucial role in the generation of genetic diversity, high yielding verities, decrees flowering and harvesting period, increase biotic and abiotic stress.

Keywords**:** Mutation; Chemical and physical mutagens; Mutant; Spontaneous mutation; Induced mutation

ارجاع

صافی، طایب. (۱٤۰۰). مطالعه و کاربرد تناسخ در اصلاح نباتات. مجلهٔ علمی- تحقیقی حوزهٔ علوم طبیعی پوهنتون کابل، شماره ۲ (٤)، صص ۲۳۷ – ۲۵۱.

---

[۲۰] استاد پوهنځی زراعت، پوهنتون کابل

مقدمه

تناسخ عبارت از هر تغییر بزرگ یا کوچک است که در میکانیزم جنیتکی (DNA) یک موجود زنده رخ داده و مربوط به میکانیزم جداشـــدن مندلی و ترکیب مجدد جین‌ها نمی‌باشـــد (۷). کاربرد روش‌های تناسخ بااستفاده از مواد مختلف تناسخ‌زای فزیکی و کیمیاوی باعث ایجاد تنوع جنیتکی گردیده و نقش عمده را در نســل‌گیری نباتی معاصر و بررســی وراثت ایفا کرده اســت (۸). تناســخ باایجاد تنوع در موجودات ســبب ســازگاری آن‌ها به شرایط ایکولوژیکی مختلف می‌گردد (۹،۱۰). برای اصلاح هرنوع خصوصیت در نباتات زراعتی تنوع‌جنیتکی لازم است. تناسخ‌های که خودبخود اتفاق می‌افتد و یا به‌صــورت مصــنوعی ایجاد می‌شــود، منابع مهمی برای تنوع‌جنیتکی محســوب می‌شوند (۱). خلق و ایجاد تناسخ‌ها و استفاده از آن‌ها برای تولید ورایتی‌های جدید نباتات زراعتی بنام اصلاح تناسخی نباتات (plant mutation breeding) یادمی‌گردد (۲). اکتشافات مهم توسط Muller و Stadler حدود ۸۰ سال قبل یعنی تطبیق تکنیک‌های تناسخ با استفاده از مواد مختلف فزیکی و کیمیاوی باعث ایجاد تنوع بزرگ جینتکی شــد و نقش عمده را در اصــلاح نباتات و تحقیقات جینتکی ایفا کرد (۸). اســتعمال انواع تناســخ‌های مصــنوعی در پنج دهه‌ی گذشــته نقش اســاســی در انشــکاف ورایتی‌های نباتات مزروعی در جهان داشــته اســت. بکارگیری گســترده‌ی میوتانت‌های مصنوعی در پروگرام‌های نسل‌گیری نباتی، سبب انکشاف ۳۲۲۲ ورایتی جهش‌یافته‌ی نباتی از ۱۷۰ نوع مختلف نباتی در بیشتر از ٦۰ کشور در سراسر دنیا شده است. همچو ورایتی‌های انکشاف‌یافته از یک طرف تنوع نباتی را افزایش داده و از طرف دیگر مواد برای نسل‌گیری عنعنوی را فراهم ســاخته که به‌طور مســتقیم در تحفظ و بهره‌برداری منابع جنیتکی کمک می‌کند (۱۱). منبع اصلی تغییر جنیتکی نباتات مزروعی، تناسخ مصنوعی به‌شمار می‌رود. ایجاد همچو تغییرات جنیتکی بااستفاده از روش امتزاج و دیگر روش‌های نسل‌گیری کار دشوار است. بنابرین، درجریان چند سال گذشــته محققین مختلف مواد گوناگون تناســخ‌زا را به منظور ایجاد تنوع‌جنیتکی در نباتات مختلف مزروعی استعمال کردند (۱۲). در سال ۱۹۴۷، Mike و در سال ۱۹۸۳، Sigurbjornsson ورایتی را که از طریق تناسخ اصلاح شده بودند مورد بررسی قرارداند. نباتات زراعتی و تزئینی مورد بحث آن‌ها شامل گندم‌نان، گندم‌دیورم، جو، یولاف، برنج، سویابین، لوبیاسبز، نخود، شبدر، مرچ‌سبز، ریگراس ایتالیایی، کاهو، کچالو، پیاز، پالک، شــلغم، بادنجان رومی، پنبه، گیلاس، زردآلو و گل‌داودی بود. صفات که دراین ورایتی‌های زراعتی اصلاح شده اند، شامل حاصل بلند، مقاومت مقابل ویروس، مقاومت مقابل بیماری، زودرسی، ارتفاع ساقه، ارزش غذایی، مقاومت مقابل سردی، مقدار پروتین، سهولت برداشت محصول، مارفولوژی، رنگ دانه، وزن دانه و مقاومت مقابل خشکی

می‌باشد. در اوایل سال ۱۹۴۲ اولین میوتانت مقاوم مقابل مرض در نبات جو گزارش داده شد که سبب کار بیشتر در امر جهش‌زایی نباتات گردید و سرانجام باعث ایجاد میوتانت‌های زیادی در نباتات مختلف شد. در میان این ورایتی‌ها، ۱٤٦۸ آن‌ها غلات و ۳۷۰ آن‌ها لیگیوم‌ها بودند. در غلات بیشترین آن‌ها را نبات برنج (٤۳٤)، ورایتی جو (۲٦۹) و گندم (۱۹۷) ورایتی را تشکیل می‌داد. استفاده از مواد تناسخ‌زا در اصلاح نباتات به‌حیث یک روش باالقوه پس از کشف مؤثریت ایکسری به‌حیث مواد تناسخ‌زا شناخته شد (۱۳). Muller در سال ۱۹۲۷ نشان داد که بااستفاده از شعاع ایکسری بالای مگس drosophila می‌توان مؤثریت تناسخ را افزایش داد و Stadler در سال ۱۹۲۸ بعد از استعمال شعاع ایکسری یک‌جا با رادیوم، تنوع و ظهور نباتات قوی در جو و عقامت مذکور را در تاج جواری (سیستم گلی مذکر نبات جواری) به اثبات رساند (۸). در جریان جنگ دوم جهانی، روش‌های جهش‌زا رادیواکتیف در تلفیق با مواد کیمیاوی جهش‌زا مورد استفاده قرار گرفت که درجه تخریب کم، قابل دست‌رس و کاربرد آسان داشتند. مواد کیمیاوی جهش‌زا به‌خاطر طرق استعمال آسان و درجه‌ی بلند جهش، رایج گردیدند. مواد کیمیاوی جهش‌زا در مقایسه با رادیواکتیف، گرایش در ایجاد تناسخ جینی و تناسخ نکلیوتایدی دارند، نسبت ایجاد تناسخ کروموزمی. در میان مواد جهش‌زا کیمیاوی، EMS یا ایتایل میتاین سلفونیت بیشترین کاربرد را دارد (۱٤). اصلاح‌گران نباتی کشت نسج در شرایط لابراتواری به‌منظور تکثیر سریع، روش‌های مالیکولی جهت انتخاب جینوتایپ‌های دل‌خواه، جهش‌زایی بخاطر افزایش تنوع و شرایط مختلف محیطی به‌منظور اصلاح خصوصیات نبات را موفقانه به‌کار بردند (۸). تناسخ علاوه برحجرات جسمی، هم‌چنان در حجرات جنسی نیز به‌وقوع می‌پیوندد، در تناسخ‌های جسمی (سوماتیک موتاسیون) تنها حجرات جسمی شامل می‌باشد که از نقطه‌نظر تکامل حائز اهمیت نمی‌باشند، اما تناسخ‌های‌که صرف در حجرات جنسی رخ می‌دهد قابل توارث اند و از لحاظ تکامل دارای اهمیت می‌باشند (۲). هدف اصلی تناسخ ایجاد تنوع جنیتکی، به‌وجودآوردن ورایتی‌های نباتی با حاصل بلند، بهبود خصوصیات مرتبط به حاصل، جسامت تخم، کوتاه‌کردن زمان گل‌دهی و پخته شدن حاصل، مقاومت مقابل تنش‌های زنده و غیرزنده محیطی می‌باشد (۱۵).

حالات وقوع تناسخ

۱. تناسخ یا تغییر در سطح جین (Intragenic mutation).

۲. تناسخ یا تغییر در سطح قطعات کروموزوم یا انحراف کروموزمی (Chromosomal mutation).

۳. هیتروپلوئید یا تناسخ جینومی (Heteroploidy mutation).

تناسخ‌های جینی

جین‌ها نماینده‌گی از واحدهای ارثی می‌نمایند، که در کروموزوم‌ها قرار دارند. در یک اورگانیزم ممکن است هزاران جین وجود داشته باشد و صفات مشخصه آن اورگانیزم به‌وسیله‌ی عمل و تأثیر متقابل جین‌های مختلف کنترل و اداره می‌گردد. جین‌ها ثابت و مغلق (Complex and stable) اند. مالیکول‌های پروتین با (DNA) پیوستگی دارد، هر یک ساختمان و تشکیلی از خود می‌داشته باشد. از این‌رو یک جین از جین دیگر فرق دارد، در اثنای انقسام حجروی هر جین عین کاپی (Replica) خود را می‌سازد. بعداً این کاپی‌ها بدو حجره‌ی دختری می‌روند که بنام تولیدمثل جین (Gene reproduction) یادمی‌گردد. اگر چه جین‌ها عین کاپی خود را تولید می‌نمایند. بعضی اوقات نظربه بعضی علل یا بعضی عوامل دیگر تولید مثل به‌طور مطلق کامل نمی‌باشد. زیرا جین جدیدی‌که ساخته شده عین فوتوستیت کاپی (Photostat copy) که از آن تولید گردیده است، نمی‌داشته باشد. این فرق در تولید مثل جین به‌حیث تناسخ جین شناخته می‌شود، جین جدید بنام جین تناسخ‌یافته (Mutant gene) یادمی‌گردد (۱، ۳، ۱٦).

تناسخ‌های کروموزومی

کروموزوم نشان‌دهنده‌ی ناقل ذرات ارثی یا جین‌ها می‌باشد که به ترتیب خطی (Linear) تنظیم یافته اند ودر هسته‌ی تمام حجرات زنده موجود اند. تمام انواع حیوانات و نباتات یک تعداد کروموزوم‌های ثابت ومعین را در تمام حجرات بدن خویش دارند که به‌شکل جوره واقع گردیده اند، موجودات یادشده این کروموزوم‌ها را از یک والد و کروموزوم دیگر را از والد دیگر خود دریافت می‌دارند. موقعیت و تعداد جین‌ها در یک کروموزوم معمولاً ثابت و معین می‌باشند. اما این ثبات به‌کلی حفظ و ادامه نمی‌یابد. بعضی اوقات ممکن است یک تغییر در یک یا چند کروموزوم یا در موقعیت یک جین، بدون این‌که کدام تغییری در تمام کروموزوم‌ها رخ دهد اتفاق می‌افتد. این پدیده به‌نام‌های مختلف مانند تناسخ‌های کروموزومی، انحرافات کروموزومی، ترتیب مجدد کروموزومی وغیره یاد می‌گردد. این چنین تغییرات اکثراً منتج به تولید تغییرات قابل دید در فینوتایپ (ظاهر) موجود می‌گردند (۲، ۱۷).

هیتروپلوییدی (تناسخ‌های جینومی)

در تمام موجودات زنده سیت‌های از کروموزوم‌ها وجود دارد و تعداد شان همیشه در یک نوع موجود زنده ثابت می‌باشد، به‌طورمثال در نبات گندم ۲۱ جوره، در نبات مشنگ ۷ جوره، در جواری ۱۰ جوره و در انسان ۲۳ جوره وجود دارد. تعداد کروموزوم‌هایی‌که سیت اساسی را برای هر نوع

حیوان یا نبات تشکیل می‌دهند اصولاً بحیث هپلوئید (N) شناخته می‌شوند. تمام جین‌هائی‌که در یک هپلویید مستقر اند به صفت جینوم دانسته می‌شود. هرگمیت یک اورگانیزم این هپلویید نمبر را داراست. زمانی‌که دو سیت گمیت هپلویید باهم یک‌جا می‌گردند زایگوت را تشکیل می‌دهند، به‌خاطر این‌که تعداد کروموزوم‌ها دیپلویید (۲n) شوند. بنابراین، زایگوت حاصله دارای دو جینوم می‌باشد تمام حجرات جسمی یک فردی‌که از زایگوت ناشی می‌گردند، این تعداد کروموزوم‌ها را دارا می‌باشند. لیکن به عوض دیپلویید نمبر نورمال، اختلافات در تعداد کروموزوم‌های چندین حیوان و نبات به‌مشاهده رسیده است، مثلاً گاهی نبات گندم بجای ۴۲ کروموزم، دارای ۴۱ یا ۴۳ کروموزم می‌باشد. اصطلاح هیتروپلویید یا تناسخ جینومی به مفهوم وسیع آن دلالت به‌وقوع این چنین اختلافات در تعداد کروموزوم‌های دیپلویید نورمال در حیوانات و نباتات می‌نماید (۲، ۱۸).

منشاء تناسخ

از نظر منشأ دو نوع تناسخ وجود دارد، تناسخ خودبخودی (Spontaneous mutation) و تناسخ القایی/ مصنوعی (Induced mutation). تناسخ خودبخودی به‌صورت خودکار در طبیعت اتفاق می‌افتد و عوامل به‌وجودآورنده آن: رعد وبرق، تشعشعات اتمی، صدمات ناشی از آفات و امراض، درجه حرارت و غیره می‌باشند (جدول ۱) (۷).

تناسخ خودبخودی تقریباً به تعداد 10^{5} الی 10^{6} تناسخ در طبیعت اتفاق می‌افتد از این مقدار فیصدی بسیار کمی از تغییرات حاصله مورد استفاده اصلاح‌کنندگان نباتات واقع می‌شود لذا اصلاح‌کنندگان نمی‌توانند متکی به تغییرات حاصله بر اثرعوامل طبیعی باشند و از این طریق با انتخاب جینوتایپ‌های برتر ضرورت غذایی جوامع بشری را برآورده سازند. بنابرین، آن‌ها به فکراستفاده از عوامل دیگری جهت ایجاد تناسخ بوده اند. ماهیت تناسخ خودبخودی و تناسخ القایی هردو یکی است، به‌خاطری‌که هردو در ساختمان جین و کروموزوم تغییر ایجاد می‌کنند (۴، ۵).

عوامل ایجاد تناسخ

در عصرحاضر با استفاده از عوامل خاص می‌توان تغییرات دل‌خواه را در نبات ایجاد کرد، بدون این‌که احتیاج به دورگه‌سازی و عملیات بعد از دورگه‌سازی باشد. عوامل زیادی می‌تواند باعث ایجاد تناسخ در نباتات گردند که این عوامل بنام مواد تولیدکننده تناسخ یا Mutagen یاد می‌گردند. بعضی از آن‌ها در طبعیت وجود دارند که سبب تناسخ خودبخودی می‌گردند. تعداد کم از میوتاجین‌های شناخته‌شده برای ایجاد تناسخ در نباتات به‌کار رفته اند. معمولاً میوتاجین‌ها به‌دو دسته تقسیم می‌شوند (۳، ۷).

الف. میوتاجین‌های فیزیکی

میوتاجین‌های فیزیکی انواع مختلف و معروف اشعه‌ها می‌باشند اصلاح‌کنندگان نباتات غالباً از اشعه‌ی الفا، گاما، بیتا (ذرات منفی)، اشعه‌ی ماوراءبنفش واشعه نیوترون به عنوان میوتاجین استفاده می‌کنند (جدول ۱). ولی تأثیرات نسبی بیولوژیکی نیوترون سریع و بیشتر از اشعه‌های X و گاما است. اشعه‌های X و گاما ترجیحاً برای اشعه دادن تخم‌ها یا انساج نموی نبات استفاده می‌شوند، اشعه گاما طول موج کوتاه‌تر ولی انرژی بیشتر نظر به اشعه X دارد. از اشعه گاما اکثراً در گل‌خانه‌ها، اتاقک‌های رشد و مزرعه برای اشعه‌دادن به یک نبات کامل استفاده می‌شود. زمانی‌که اشعه X از داخل انساج نبات عبور می‌کند اتم‌ها را توسط جداکردن الکترون‌ها آیونایز می‌کند. برخورد تشعشعات آیونیزه با انساج نبات به شکستن کروموزوم و یا تغییر در جین منجر می‌گردد.

اشعه X نیز باعث تغییرات کیمیاوی در محیط اطراف کروموزوم‌ها می‌شود. از نور ماورای بنفش بیشتر به عنوان عامل میوتاجین در مقابل گرده (pollen) استفاده شده و این نور توسط چراغ‌های مخصوص تولید می‌گردد (۷).

جدول ۱: وضعیت میوتاجین‌های فیزیکی برای استفاده در اصلاح نباتات (۷).

شماره	میوتاجین	منبع	خصوصیات	نفوذ در انساج	ذرات ایونایزکننده	موارد استفاده
۱	اشعه X	دستگاه تولید اشعه X	الکترومقناطیس و آیونایزکننده	از کم تا چندین سانتی‌متر	الکترون	تخم، بوته و قلمه کوچک
۲	اشعه گاما	رادیوایزوتوپ‌ها	//	زیاد (به سانتی‌متر)	الکترون	تخم، بوته و قلمه کوچک یا نبات
۳	اشعه نیوترون (تند، آرام وحرارتی)	یاکتورهای اتمی	خنثی و آیونایزکننده	زیاد	پروتون	بذر، قلمه
٤	اشعه بیتا	رادیوایزوتوپ	الکترومقناطیس و آیونایزکننده قوی	خیلی کم	الکترون	تخم و نبات
۵	اشعه الفا	رادیوایزوتوپ	هسته هلیوم	خیلی کم	-	تخم
٦	اشعه ماورای بنفش	اشعه‌ماورای بنفش	الکترومقناطیس غیرآیونایزکننده	خیلی کم	-	دانهٔ گرده و اسپورها

ب. میوتاجین‌های کیمیاوی

اکثر اصلاح‌کنندگان نباتات به منابع اشعه مؤثر و مفید دست‌رسی ندارند، مگر مواد میوتاجین کیمیاوی به آسانی در اختیار اصلاح‌کنندگان نباتی قرار گرفته و علاوه برآن مؤثریت‌شان نظر به تشعشعات بیشتر است، هم‌چنان میوتاجین‌های کیمیاوی نسبت به منابع تولید اشعه کم‌خطر می‌باشد، لذا استفاده از این مواد بیشتر معمول است (۱۳). از جمله ۳۰ تا ۴۰ میوتاجین کیمیاوی، میوتاجین‌های ذیل قویتر و مناسب‌تر هستند:

1. Ethyl - methane – sulphonat (EMS)
2. Diethyl sulfure (DES)
3. Ethylenimine (EL)
4. N - nitrose - N - Methyl urethane (NMUT)
5. N - nitrose - N - methyl urea (NMU)
6. N - nitrose - N - ethyl urethane (NEUT)
7. N - Nitrose - N - ethyl urea (NEU)
8. Sodium azide NaN3 (Az)
9. Methylnitrosourea MNU (MNH)

از این‌که مواد فوق‌الذکر جزء ترکیبات سرطان‌زا شناخته شده اند، نهایت دقت در استفاده از آن‌ها توصیه می‌شود (۲، ۳).

قسمت‌ها و اعضای نباتی که تحت تأثیر مواد میوتاجین قرار می‌گیرند

قسمت‌های که می‌توانند تحت تأثیر مواد میوتاجین قرارگیرند، عبارتند از تخم، نهال، قلمه، دانهءگرده.

تخم: تخم مسن نسبت به تخم جوان بهتر و بیشتر تحت تأثیر مواد میوتاجین قرار می‌گیرد. بهتر است مقدار رطوبت تخم درحد نورمال باشد و تخم نباید زیاد مسن و یا تازه جمع‌آوری شده باشد.

جوانه یا نهال: نبات در هر مرحله از نمو می‌تواند تحت تأثیر مواد میوتاجین قرار گیرد اما نهال و انتقال جوانه‌ها از مزرعه بداخل گلدان‌ها و یا برعکس از گلدان‌ها به مزرعه آسان می‌باشد. نبات بالغ حساسیت کم‌تر نسبت به مواد میوتاجین دارد، از جانب دیگر انتقال نبات به محل تشعشعات و یا انتقال منبع تشعشعات به محل نبات مشکل است. فقط با استفاده از بعضی مواد کیمیاوی می‌توان نبات بالغ را تحت تأثیر قرارداد.

قلمه: در گل‌ها و درختان میوه که از طریق تکثیر غیرجنسی تولید مثل می‌کنند می‌توان قلمه‌های مناسب را تحت تأثیر میوتاجین قرارداد.

دانه گرده: زمانی‌که بخواهیم در گمیت‌ها تناسخ را تولید کنیم، بهتر است که تقسیمات میوسیز (Meiosis) را تحت تأثیر قرار دهیم زیراکه دانه‌گرده در این مرحله بسیار حساس هستند (۱).

این‌که اصلاح‌گر چه قسمت‌های از نبات را باید تحت تأثیر میوتاجین قراردهد وابسته به ساختمان جنیتکی نبات و حساسیت آن به میوتاجین است. بعضی از نباتات نسبت به تشعشعات زیاد مقاوم هستند ولی تعداد دیگر به همان میزان (Dosage) ممکن است خیلی حساس باشند. اکثر دانش‌مندان نسل‌گیری به این نظر اند که نباتات که تعداد کروموزوم شان بیشتر است به مواد میوتاجین حساس‌تر اند. ضمناً مشخص شده است که در هتروزایگوت‌ها فیصدی تناسخ نسبت به لاین خالص بیش‌تر است. بنابرین، براساس تجارب به‌دست‌آمده توصیه می‌شود که مواد هایبرید (نباتات هایبرید نسل اولیه) را در معرض میوتاجین‌های گوناگون قرار دهیم تا نباتات میوتانت (Mutant) بیشتر را به‌دست آوریم. برای موفقیت کار باید اصلاح‌کننده از ساختارجنیتکی نبات و حساسیت نبات به مقدار استعمال میوتاجین معلومات کافی داشته باشد (۱، ۲).

طرق استعمال میوتاجین‌ها

۱. عوامل فزیکی: تمام نبات یا قسمت از آن‌را می‌توان تحت تابش اشعه قرار داد. البته برای اشعه‌دادن تمام نبات و یا اعضای بزرگ نبات ضرورت به تجهیزات مخصوص می‌باشد. برای اشعه‌دادن اعضای نمویی مانند ساقه‌های جانبی درختان میوه استفاده از لابراتوارها با منابع مؤلد گاما همراه با کنترل شرایط محیطی مناسب است. جهت اشعه‌دادن گرده نیز از تابش‌های آیونایزکننده و اشعه‌ی ماورای بنفش استفاده می‌شود. اشعه‌دادن تخم نسبت به سایر قسمت‌های نبات نظر بدلایل ذیل بیشتر استفاده شده است (۲).

الف. تابش اشعه به تخم آسان بوده و نگهداری این‌گونه تخم‌ها نیز به آسانی صورت گرفته می‌تواند.

ب. تخم‌ها را می‌توان به آسانی مرطوب و خشک نمود یا در معرض گرما یا سرما قرارداد.

ج. تخم‌ها را می‌توان به‌مدت طولانی‌تر در قسمت خلاء تقریباً عاری از آکسیجن و یا تحت فشار زیاد آکسیجن و یا سایر گازها قرارداد.

د. تخم خشک از لحاظ بیولوژیکی دچار خساره نمی‌شود (۲).

شعاع‌دادن غله جات باعث کشتن حشرات، پرازیت‌ها و تخم‌های آنها، مانع تخم‌گذاری، تولیدمثل و حمله حشرات می‌گردد. از ضایع‌شدن غله‌جات و از شیوع و پخش امراض توسط حشرات و جوندگان می‌شود. شعاع‌دادن نظر به استعمال ادویه دودزا (fumigants) و ضد حشره ارزان‌تر، با مصرف کم‌تر و اطمنیانی‌تر می‌باشد (٦).

۲. عوامل کیمیاوی: از میوتاجین‌های کیمیاوی عمدتاً برای تخم استفاده شده و خیلی به ندرت جوانه و قلمه با استفاده از این روش و این مواد دچار تناسخ می‌شوند.

تخم نبات چه به حالت خشک وچه در حالت جوانه‌زدن در میوتاجین‌های‌کیمیاوی غوطه‌ور شده می‌تواند. هم‌چنین می‌توان موادکیمیاوی را در تماس با سایر اعضای نبات مانند ساقه، برگ و یا گل قرار داد. بنابر حساس‌بودن ریشه به مواد میوتاجین، مواد یادشده را نباید به محیط کشت مصنوعی ا ضافه کرد (۲). دانه‌گرده را نیز ممکن در معرض بخار عوامل میوتاجین قرارداد و بعضی از عوامل کیمیاوی میوتاجین می‌توانند تناسخ‌های بیشتر را نسبت به اشعه ایجاد کنند. اما نتایج مطلوب زمانی به‌دست می‌آید که عملیه استعمال میوتاجین‌های کیمیاوی به دقت و توجه کافی صورت گیرد، مواد کیمیاوی به غلظت مناسب استعمال گردد. مدت زمان قرارگرفتن اعضای نبات در معرض مواد کیمیاوی، درجه حرارت، pH محلول میوتاجین و مقدار رطوبت به‌صورت درست عیار گردد. سایر عوامل مؤثر بالای مواد کیمیاوی میوتاجین شامل نوع نبات و میوتاجین مورد استفاده می‌باشد (۲).

جدول ۲: تفاوت بین میوتاجین‌های کیمیاوی و فزیکی و استعمال آن‌ها در اصلاح نباتات (۲، ۱۹).

شماره	میوتاجین‌های فزیکی	میوتاجین‌های کیمیاوی
۱	در نباتاتی‌که تکثیر جسمی دارند بسیارمفید می‌باشد	در نباتات که از طریق تخم تکثیر می‌شوند، مفیداند
۲	تهیه وسایل وتجهیزات آن بسیار گران است	ارزان واقتصادی است
۳	بی‌خطراند مگرآن‌دسته از اشعه‌های‌که به وسیله ایزوتوپ‌ها تولید می‌شوند	خطرناک بوده واکثر آن‌ها سرطان‌زا می‌باشد
٤	استعمال آن‌ها آسان است	استفاده از آن‌ها مشکل بوده حتی در بعضی موارد غیر ممکن می‌باشد.
٥	به‌طور تصادفی باعث شکستن کروموزوم می‌گردد	محل خاص از کروموزوم‌ها را قطع می‌نماید.
٦	کم‌تر باعث شکستن کروموزوم‌ها شده بیشتر نوترکیب می‌نماید	بیشتر باعث شکستن کروموزوم و کم‌تر نوترکیب می‌دهند
۷	باعث تغییرات بین کروموزوم‌ها می‌شود (ترانس‌لوکیشن)	تغییرات در درون یک کروموزوم ایجاد می‌نماید مثل تناسخ جینی، مضاعف شدن و نقص کروموزومی
۸	نفوذ آن‌ها در انساج به استثنای اشعه‌های ماورای‌بنفش خیلی زیاد است	نفوذ آن‌ها در انساج خیلی کم می‌باشد.
۹	استفاده از آن‌ها بجز ایزوتوپ‌ها اثرات سوء بعدی ندارد	باقی‌ماندن مواد کیمیاوی در انساج ممکن است اثرات سؤ در آینده داشته باشد

زمان و طرق بذر تخم‌های معامله شده با میوتاجین‌ها

ذخیره نمودن تخم‌های‌که با میوتاجین معامله شده، باعث صدمه دیدن تخم وکاهش فیصدی جوانه زدن در تخم می‌شود. بنابرین، بهتر است که تخم‌ها را بلافاصله بعد از معامله نمودن در مزرعه کشت نمود و اطراف آن‌ها را با کشت نبات عادی احاطه نمود به این ترتیب نسل اول به‌دست می‌آید. هدف از کشت نباتات عادی در اطراف نباتات معامله‌شده با مواد تناسخ‌زا (نباتات جهش‌دیده را میوتانت گویند) این است که نباتات متذکره را از سایر نباتات مزروعی جدا سازند و مشاهده تناسخ نیز آسان گردد. ثانیاً می‌توانیم نباتات میوتانت را با مواد اولیه مقایسه کنیم و میوتانت‌ها را به آسانی تشخیص نمایم (۲).

بعد از تاثیر میوتاجین‌ها در نسل اول چهار نوع اثر ذیل ممکن است مشاهده گردد:

۱. مرگ نبات؛

۲. کاهش نمو وانکشاف؛

۳. اختلالات ظاهری نمویی و

٤. تغییرات جنیتکی

در حالت اول نباتات می‌میرند؛ بنابرین، نباتی برای انتخاب باقی نمی‌ماند در حالت دوم و سوم ممکن است نبات تغییرات جنیتکی را متحمل شده و یا نشده باشد. تغییرات جنیتکی حقیقی گرچه کم هستند اما برای اصلاح نباتات بسیار مفید می‌باشد. تناسخ ممکن است جینی، سایتوپلازمی و یا کروموزومی باشد. هم‌چنان ممکن تناسخ از سمت الیل غالب به الیل مغلوب و یا از سمت مغلوب به غالب باشد که سمت مغلوب آن معمول‌تر است و زمانی ظاهر می‌شود که در یک مکان جینی هردو الیل مغلوب باشد (۲).

در نسل اول تخم همه نباتات را که احساس می‌شود تغییر درآن‌ها صورت گرفته و یا همه جمعیت را که تخم تولید می‌کنند، به‌صورت جداگانه برداشت کرده و برای تحقیقات بعدی به‌طور جداگانه نگهداری می‌گردد و در نسل بعدی به‌شکل قطار کشت می‌شود و عمل انتخاب صورت می‌گیرد. انتخاب چندین بار تکرار می‌شود تا نباتات مطلوب به‌دست‌آید (۲).

نام‌گذاری نسل‌های حاصل از تناسخ

جهت تمایز نسل‌های به‌دست‌آمده از تناسخ با نسل‌های حاصل از دورگه‌سازی، نسل‌های تناسخی را با M1، M2 و M3 نشان می‌دهند. نسل M1 با جوانه‌زدن تخم معامله‌شده با میوتاجین شروع می‌شود. در نسل M1 فقط تناسخ‌های غالب ظاهر می‌شوند.

نباتات M1 برای جین‌های تناسخ‌یافته، هتروزایگس می‌باشد که درنسل M2 به فینوتایپ‌های تناسخ‌یافته و تناسخ‌نیافته تفکیک می‌گردند. تناسخ‌های مغلوب در نسل M2 بعد از گرده‌افشانی‌خودی (Self-pollination) نباتات M1 ظاهر می‌شوند. برای تشخیص و مجزاکردن نباتات میوتانت در نباتات با القاح‌غیرخودی (Cross-pollinated) در زمان تولید نسل M2 ضرورت به کنترل گرده‌افشانی می‌باشد.

بعضی میوتاجین‌ها سبب کاهش قابل ملاحظه جوانه‌زدن، نموی بطی جوانه‌ها وکاهش باروری نباتات M1 می‌گردند. بنابرین، با در نظرداشت این مو ضوع لازم است که تاحد ممکن نباتات M1 بارور زیاد را تولید کرد تا بدان وسیله بتوان جمعیت نباتی M2 را به اندازه بیشتر به‌دست‌آورد تا انتخاب جهت تناسخ‌های مفید، مؤثر واقع‌گردد.

موفقیت در کشف جینوتایپ‌های میوتانت در نسل M2 ونسل‌های بعدی نه تنها منجر به موفقیت در عملی نمودن صحیح معامله تخم نبات با میوتاجین وسایر عوامل فوق می‌شود بلکه برنحوه‌ی نمونه‌برداری وسمپل‌گیری از نباتات M1 نیز بستگی دارد (۲).

روش‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد که بیشتر به روش انتخاب و نمونه‌ی جنیتکی نوع نبات بستگی دارد. ولی در عمل اکثراً انتخاب روش اصلاحی با توجه به امکانات موجود مانند فضا (محیط)، ماشین‌آلات، کارگر و وقت انجام می‌گیرد. در این رابطه روش‌های متفاوت وجود دارد: در روش اول می‌توان نباتات مطلوب نسل M1 را جمع‌آوری کرد.

در روش دیگر نباتات مطلوب نسل M1 را انتخاب کرد. روش که بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد عبارت از انتخاب اولین خوشه‌ها از نباتات M1 می‌باشد ومعمولاً بیشتر تعداد میوتانت را نتیجه می‌دهد. جهت یافتن بیشترین تعداد میوتانت مطلوب در M2 ضرورت به استفاده از جمعیت بزرگ در M1 و خانواده‌های کوچک M2 می‌باشد. موفقیت در تشخیص میوتانت‌ها در جمعیت M2 و M3 بستگی به روش تعین میوتانت دارد.

اگر جمعیت‌های درحال تفکیک را به عوامل امراض یا آفات مواجه سازیم انتخاب بعدی ما خوب‌تر خواهد بود. به‌هرحال، موفقیت کار وابسته به انتخاب مؤثر و حذف مواد نامطلوب می‌باشد. مطالعات عملی و اساسی در ایجاد تناسخ در نباتات عالی نشان می‌دهد که هیچ‌کدام از جنبه‌های مورفلوژیکی یا فزیولوژیکی نباتات از عوامل میوتاجین مصوون و ایمن نیستند، زیرا از نظر اصولی امکان القای

تناسخ در هرجینی وجود دارد و می‌توان تناسخ‌های ایجادکرد که تا اکنون در طبیعت اتفاق نه‌افتاده و یا این‌که رخ‌داده و در جمعیت فعلی از بین رفته است (۳).

نمونه‌های از کارهای انجام شده بااستفاده از تناسخ

تناسخ در گندم: در گندم اهداف اصلاح تناسخی شامل افزایش محصول، مقاومت مقابل تنش‌های زنده و غیر زنده (مقاومت مقابل امراض خصوصاً سرخی، خشکی، نمکی، حشره کفشک)، کوتاه‌بودن ساقه، ضخامت ساقه، مقاومت در مقابل چپه‌شدن، زودرس‌بودن و غیره می‌باشد که نمونه‌ی بارز آن اصلاح ورایتی (capuli) است (۲). Capuli نوع از گندم دیورم است که جهت ساختن مکرونی وآش در بسیاری از کشورها استفاده می‌شود (۲).

تناسخ در جو: در این تناسخ افزایش محصول و مقامت مقابل آفات و امراض از اهداف عمده‌ی اصلاحی آن بوده که یک نمونه‌ی قابل ذکرآن ورایتی (bonel) است که جو بهاری بوده و در ایالت Utah امریکا مورد کشت قرار می‌گیرد (۲).

تناسخ در بادنجان رومی: نبات بادنجان رومی که مربوط فامیل (Solanaceae) می‌شود یکی از سبزیجات مهم غذایی‌است که به راحتی می‌تواند در معرض میوتاجین‌ها قرار گیرد. اهداف اصلاحی در بادنجان رومی را حاصل بلند، مقاوم مقابل امراض گوناگون، مقاوم مقابل تنش‌های غیر زنده‌ی محیطی و تولید بادنجان رومی با کیفیت است.

ورایتی‌های (Red Setter, M82, Moneymaker) نمونه‌یی از ورایتی‌های اند که در نتیجه‌ی استعمال میوتاجین کیمیاوی EMS (ethylmethane sulfonate) به‌دست آمده‌اند (۲۰).

تناسخ در برنج: در برنج افزایش ساقه‌های فرعی (tiller)، افزایش حاصل، مقاوم مقابل چپه‌شدن، تغیر رنگ، زودرسی و قدکوتاهی از اهداف اصلاحی با استفاده از تناسخ می‌باشد. ورایتی کنولا ۷٦ که درسال ۱۹۷٦ در کالفورنیا معرفی گردید، اولین ورایتی میانه‌قد بود که در امریکا توزیع شده بود (۲).

تناسخ در باجره: جین‌های میوتانت قدکوتاه در باجره، مثالی از تناسخ خودبخودی است که به‌طور وسیع در اصلاح نباتات به‌کار گرفته شده است. یک بته‌ی میوتانت قدکوتاه در مزرعه‌ی باجره عادی، نوع milo پیدا شد. تخم این نبات قدکوتاه تکثیر شده و به عنوان باجره‌ی قدکوتاه نوع میلو معرفی گردید (٤).

نتیجه‌گیری

تناسخ به‌شکل طبیعی در حیوانات و نباتات رخ می‌دهد. مگر تناسخ به‌طور مصنوعی باقراردادن موجودات در تحت اشعه‌های ایکس (ایکسری) مواد کیمیاوی و غیره نیز به‌وجود می‌آید. در عصر حاضر بدون این‌که احتیاج به دورگه‌سازی و عملیات بعد از دورگه‌سازی باشد بااستفاده از عوامل خاص می‌توان تغییرات دل‌خواه را در نبات ایجاد کرد. عوامل زیادی می‌تواند باعث ایجاد تناسخ در نباتات گردند که این عوامل به‌نام مواد تولیدکننده‌ی تناسخ (mutagen) یادمی‌گردند.

بعضی ازآن‌ها در طبعیت وجود دارند که سبب تناسخ خودبخودی می‌گردند. تعداد کم از میوتاجین‌های شناخته‌شده برای ایجاد تناسخ در نباتات به‌کار رفته اند. که عمده‌ترین آن‌ها میوتاجین‌های فزیکی و کیمیاوی می‌باشند. میوتاجین‌های فزیکی انواع معروف مختلف اشعه‌ها می‌باشند. اصلاح‌کنندگان نباتات غالباً از اشعه‌ی الفا، گاما، بیتا (ذرات منفی)، اشعه‌ماوراء بنفش و اشعه نیوترون به عنوان میوتاجین استفاده می‌کنند.

اکثر اصلاح‌کننده‌گان به منابع اشعه‌ی مؤثر دسترسی ندارند، ولی مواد میوتاجین‌های کیمیاوی آسانی در اختیار اصلاح‌کننده قرار گرفته و علاوه‌برآن مؤثریت‌شان نظر به تشعشعات بیشتر بوده. هم‌چنان میوتاجین‌های‌کیمیاوی نسبت به منابع تولید اشعه خطر کم‌تر دارد، لذا استفاده ازاین مواد بیشتر معمول است.

دانش‌مندان تعدادی زیادی از نباتات (برنج، گندم، جو، لوبیا، نخود، سایبین، کچالو، بادنجان رومی، یولاف، پنبه و غیره) را بااستفاده از مواد میوتاجین‌های کیمیاوی و فزیکی اصلاح نموده اند. اهداف اصلاحی مختلف بودند که عمده‌ترین آن‌ها عبارتند از تنوع جنیتکی، حاصل بلند، زودرسی، مقاوم مقابل تنش‌های زنده و غیرزنده‌ی محیطی تشکیل می‌دهد. به‌صورت عموم استفاده از تناسخ یک روش مناسب برای اصلاح و بهبود خصوصیات مختلف نباتی می‌باشد.

منابع

(۱) صدرآبادی، رضا، حسن مرعشی و نصیری محلاتی، مهدی. اصول اصلاح گیاهان زراعتی. انشارات دانشگاه فردوسی. مشهد: ۱۳۸۱، صص ۳۳۱-۳٤۹.

(۲) فارسی، محمد و باقری، عبدالرضا. اصول اصلاح نباتات. انتشارات جهاد دانشگاه مشهد. ایران: ۱۳۸۸، ص ۱۹٦.

(۳) شیروانی، حبیب‌الله. نسل‌گیری و اصلاح نباتات. انتشارات بین‌المللی الهدی و انتشارات سراج. کابل: ۱۳۹۲، صص ١٦٤-١٦٨.

(٤) ارزانی، احمد. اصلاح گیاهان زراعتی. مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۳۸۳، صص ۱۳۱- ۱۳٦.

(٥) شهیر، محمدحسین. ژنیتک کشاورزی. انتشارات موسسه فرهنگی هنری دیباگران. تهران: ۱۳۸۲، صص ۱۳۹-۲٤۰.

(٦) گلستانی، عبدالودود. نگه‌داری مواد غذایی ذریعه‌ی اشعه (food irradiation). مجله‌ی علمی-تحقیقی پوهنتون کابل. شماره ٥، ۱۳۹۳، صص ۱۳- ۱۷.

(7) Shu QY, Forster BP, Nakagawa H, Nakagawa H, editors. Plant mutation breeding and biotechnology. Cabi**.** 2012, PP. 10- 84.

(8) Raina A, Laskar RA, Khursheed S, Amin R, Tantray YR, Parveen K, Khan S. Role of mutation breeding in crop improvement-past, present and future. Asian Research Journal of Agriculture. 2016, PP. 1-3.

(9) Janick J, editor. Plant breeding reviews. John Wiley & Sons; 2008, P. 94.

(10) Robert F. Weaver. Molecular biology. University of Kansas – Lawrence. 2001, PP. 60-62.

(11) FAO/IAEA. Induced plant mutations in the genomics era. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 2005, PP. 262-265.

(12) Laskar RA, Khan S, Khursheed S, Raina A, Amin R. Quantitative analysis of induced phenotypic diversity in chickpea using physical and chemical mutagenesis. Journal of Agronomy. 2015; 14(3), P. 102.

(13) Maluszynski M, Nichterlein K, Van Zanten L, Ahloowalia BS. Officially released mutant varieties–the FAO/IAEA database mutation breeding reviews. The Joint FAO/IAEA Programme of Nuclear Techniques in Food and Agriculture, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria. 2000, P. 88.

(14) Sikora P, Chawade A, Larsson M, Olsson J, Olsson O. Mutagenesis as a tool in plant genetics, functional genomics, and breeding. International Journal of Plant Genomics. 2012.

(15) Goyal S, Khan S. A comparative study of chromosomal aberrations in Vigna mungo induced by ethylmethane sulphonate and hydrazine hydrate. Thai J Agric Sci. 2009; 42(3), P. 177-82.

(16) Oladosu Y, Rafii MY, Abdullah N, Hussin G, Ramli A, Rahim HA, Miah G, Usman M. Principle and application of plant mutagenesis in crop improvement: a review. Biotechnology & Biotechnological Equipment. 2016; 30(1), pp. 1-6.

(17) Nicholl DS. An introduction to genetic engineering. Cambridge University Press. 2008, P. 232.
(18) Pathirana R. Plant mutation breeding in agriculture. Plant sciences reviews. 2011; 6(032), PP. 107-26.
(19) Maluszynski M, Szarejko I, Bhatia CR, Nichterlein K, Lagoda PJL Methodologies for generating variability. Part 4: mutation techniques. In: Ceccarelli S, Guimarães EP, Weltzien E (eds) Plant breeding and farmers participation. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 2009; PP. 159-194.
(20) Chaudhary J, Khatri P, Singla P, Kumawat S, Kumari A, Vikram A, Jindal SK, Kardile H, Kumar R, Sonah H, Deshmukh R. Advances in omics approaches for abiotic stress tolerance in tomato. Biology. 2019; 8(4), P. 90.