نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و یکم، شماره دوم، ۱۳۹۳
http://jopp.gau.ac.ir

مطالعه تغییرپذیری صفات ریخت‌شناسی برنج پس از جهش القایی با اتیل متان سولفونات (EMS) و شناسایی لاین‌های جهش‌یافته با پتانسیل عملکرد بالا

*اسدالله احمدی‌خواه[۱]، هدا شجاعیان[۲]، محمدهادی پهلوانی[۳] و لیلا نیری‌پسند[۴]

[۱]استادیار گروه بیوتکنولوژی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، [۲]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۳]دانشیار گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۴]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۱۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۳/۱۰

چکیده

استفاده از جهش القایی یکی از راه‌های مؤثر برای بهبود صفات کیفی و کمی در گیاهان زراعی می‌باشد. این پژوهش به‌منظور مطالعه تغییرپذیری صفات ریخت‌شناسی در برنج پس از کاربرد موتاژن اتیل موتان سولفونات (EMS) انجام شد. از محلول ۰/۱ درصد EMS استفاده و رقم برنج ندا تحت‌تأثیر آن قرار گرفت و سپس صفات ریخت‌شناسی کیفی و کمی در ۲۱۲ لاین جهش‌یافته نسل M_2 ارزیابی گردید. براساس مشاهدات ظاهری، رنگ ساقه در دو لاین و زاویه ساقه در ۵ لاین نسبت به رقم مادری تغییر پیدا کرد و براساس آزمون عطر و طعم دو لاین معطر شناسایی گردید. همچنین، میانگین ارتفاع بوته و زمان خوشه‌دهی در لاین‌های جهش‌یافته نسبت به رقم مادری به‌ترتیب کاهش معنی‌دار و افزایش به‌نسبت معنی‌داری پیدا کرد. ۲۲ لاین جهش‌یافته براساس پنجه‌دهی بیش‌تر و ظاهر قوی‌تر انتخاب شدند و به همراه رقم مادری از نظر برخی صفات کمی مورد ارزیابی قرار گرفتند. تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت بسیار معنی‌داری میان ژنوتیپ‌ها در تمام صفات اندازه‌گیری شده وجود داشت. اثر این انتخاب بر بیش‌تر صفات مورد مطالعه مطلوب بود، به‌طوری‌که بیش‌ترین تأثیر به‌ترتیب مربوط به صفاتی مانند تعداد دانه پر (۴۱/۳ درصد)، تعداد کل دانه (۳۷/۴ درصد)، تعداد پنجه (۲۹/۴ درصد)، عملکرد بوته (حدود ۲۵ درصد)، ارتفاع بوته (حدود ۵- درصد) و کم‌ترین تأثیر مربوط به وزن صددانه (۰/۰۵- درصد) و زمان خوشه‌دهی (۲/۴ درصد) بود. تعداد ۷ لاین، عملکرد بالاتر

* مسئول مکاتبه: a_ahmadikhah@sbu.ac.ir

معنی‌داری نسبت به رقم مادری نشان دادند که در بیش‌تر آن‌ها تعداد کل دانه و دانه پر به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت. براساس مقایسه میانگین‌ها، ۳ لاین جهش‌یافته MT-A، MT199 و MT44 به‌عنوان لاین‌های با پتانسیل عملکرد بالا معرفی شدند. براساس نتایج این پژوهش می‌توان نتیجه‌گیری کرد که فن جهش برای ایجاد تنوع ژنتیکی در صفات مختلف در برنج مطلوب است و انتخاب ظاهری در نسل $M_۲$ برای شناسایی لاین‌های جهش‌یافته با عملکرد بالا کارآمد می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اتیل متان سولفونات، انتخاب، برنج، تغییرپذیری، جهش

مقدمه

جهش‌های القایی منبع ارزشمندی برای ایجاد تنوع لازم در برنامه‌های بهبود ژنتیکی گیاهان می‌باشند. جهش حداکثر تنوع قابل توارث برای عمل انتخاب را فراهم می‌کند و تنوع به‌دست آمده از جهش اگر موجب سازگاری شود، به حفظ بقای موجودات در محیط‌های متغیر کمک می‌کند (خادمیان و همکاران، ۲۰۰٤؛ واسلین، ۲۰۱۳). اصلاح به کمک جهش در گیاهان زراعی ابزار مؤثری برای اصلاح‌کنندگان نبات به‌خصوص در محصولاتی که پایه ژنتیکی محدودی دارند، می‌باشد. این روش مقرون به صرفه بوده و زمان اصلاح یک رقم را بدون تغییر بقیه ترکیب ژنتیکی آن کاهش می‌دهد (مایک، ۱۹۹۹). راهبرد اصلی در اصلاح بر پایه جهش ایجاد سریع ارقام گیاهی سازگار با عملکرد بالاتر و کیفیت بهتر می‌باشد (آلووالیا و همکاران، ۲۰۰٤؛ ایلیرجانا و همکاران، ۲۰۰۷). در گونه‌های دیپلوئید بیشینه تغییرپذیری ژنتیکی در نسل $M_۲$ حاصل می‌شود. جهش‌های انتخابی برای صفات مختلف در نسل $M_۳$ تثبیت می‌شوند و پایداری فنوتیپی نشان می‌دهند (بوگیو و همکاران، ۲۰۰۷). روش جهش برای بهبود تقریباً تمام صفات مهم زراعی، از تحمل به تنش‌های زنده (مانند شوری، سرما، اسیدیته و...) تا مقاومت به بیماری، از کیفیت غذایی تا بازارپسندی و از ساختمان گیاه تا پتانسیل محصول به‌کار گرفته شده است (شو و لاگودا، ۲۰۰۷).

گاهی تنها راه برای بهبود عملکرد فن جهش است و زمانی‌که بخواهند صفات مطلوب خاصی را بدون تغییر سایر خصوصیات حفظ کنند، مانند ارقام سنتی برنج باسمتی در هند و پاکستان، از این روش استفاده می‌شود (پاتنیک و همکاران، ۲۰۰٦؛ انبرسان و همکاران، ۲۰۱۳). برتری ویژه اصلاح بر پایه جهش در گیاهان، به‌دست آوردن تنوع ژنتیکی کافی و نیز بهبود گیاهان با تکثیر رویشی می‌باشد؛

به‌خصوص زمانی‌که هدف به‌نژادگر تغییر یک یا تعداد کمی خصوصیت از یک رقم تجاری الیت باشد (شو و لاگودا، ۲۰۰۷). یکی از موفقیت‌ها در اصلاح برنج از طریق جهش‌زایی، ایجاد ٤ رقم پر عملکرد و با کیفیت بهتر در پاکستان بوده است که نمونه آن اصلاح رقم برنج "شاداب"، از تیمار بذرهای رقم IR6 با موتاژن شیمیایی اتیل متان سولفونات (EMS) می‌باشد. پتانسیل عملکرد این رقم جهش‌یافته ۷ تن در هکتار و کیفیت دانه خوبی دارد (بوگیو و همکاران، ۲۰۰۷). خادمیان و همکاران (۲۰۰٤) از دو موتاژن فیزیکی (اشعه) و شیمیایی (EMS) برای اعمال تیمارهای موتاژنی در سه رقم برنج ایرانی استفاده کردند که در هر سه جمعیت جهش‌یافته، ارتفاع بوته نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد. همنچنین، تعداد پنجه و تعداد دانه در خوشه که از اجزای اصلی عملکرد می‌باشند در بیش‌تر موارد افزایش یافتند و میزان عملکرد دانه به‌جز چند مورد استثنا در همه موارد افزایش بسیار زیادی نسبت به شاهد داشت.

در بین موتاژن‌های شیمیایی، استفاده از EMS رایج‌تر است (احمدی‌خواه، ۲۰۱۲). عوامل آلکیلی مانند اتیل متان سولفونات (EMS) یک گروه متیل یا اتیل به کربن ۷ باز گوانین در رشته DNA اضافه می‌کنند و اگر باز گوانینی که تحت‌تأثیر عوامل آلکیلی قرار گرفته از رشته DNA جدا نشود، در جفت شدن همانند آدنین عمل می‌کند و می‌تواند با تیمین یا سیتوزین جفت شود و سبب می‌شود که دی‌نوکلئوتید GC به AT تبدیل شود (راکشیت و همکاران، ۲۰۱۰). EMS به‌عنوان عامل ایجاد جهش نقطه‌ای باعث پیدایش دامنه گسترده‌ای از آلل‌های جهش‌یافته، مانند از دست دادن کارکرد ژن، به‌دست آوردن کارکرد جدید، تغییر کارکرد ژن و تولید جهش‌یافته‌های جدید با خصوصیات ویژه می‌گردد. این در حالی است که جهش‌های به‌دست آمده از پرتوهای گاما، بیش‌تر باعث حذف و اضافه شدن یک رشته نوکلئوتیدی و تولید جهش‌یافته‌های با کارکرد از دست رفته ژن‌ها می‌شوند (بوندار و اسکات، ۲۰۱۰).

ارقام اصلاح شده برنج معمولاً برای یک یا چند خصوصیت محدود و به‌طور عمده برای عملکرد بالا اصلاح می‌شوند. ارقام تجاری و پرعملکرد مورد کشت در کشور ما نیز از این قاعده مستثنی نیستند. نمونه آن‌ها رقم برنج ندا می‌باشد که بر خلاف عملکرد بالا و مقاومت به‌نسبت بالا به بیماری بلاست، بدون خصوصیات کیفی مناسب می‌باشد. با توجه به قابلیت استفاده از جهش در بهبود خصوصیات کیفی و همچنین افزایش بیش‌تر پتانسیل عملکرد ارقام اصلاحی موجود، پژوهشی با هدف مطالعه تغییرات ناشی از جهش با موتاژن اتیل متان سولفونات در برخی خصوصیات ریخت‌شناسی کیفی و کمی در برنج (رقم تجاری ندا) انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از رقم ندا به‌عنوان ماده گیاهی برای اعمال تیمار جهش استفاده گردید. این رقم دارای عملکرد خوب (بین ۷-٦ تن در هکتار)، میان‌رس (۱۰۵ روز از زمان خزانه‌گیری تا شروع ظهور خوشه)، متحمل نسبت به آفت کرم ساقه‌خوار و بیماری بلاست می‌باشد. متوسط ارتفاع آن ۱۰۵ سانتی‌متر، مقاوم به ورس، دانه دراز، دارای ۲٦/۲ درصد آمیلوز، دمای ژلاتینی شدن متوسط و بدون عطر و طعم می‌باشد (شجاعیان، ۲۰۱۲).

برای دوزسنجی ماده جهش‌زا، ابتدا ۲۰۰۰ بذر از رقم ندا (به‌دست آمده از تک بوته) با هیپوکلریت سدیم ۵ درصد ضدعفونی گردید و سپس به‌مدت ۱٦ ساعت در آب مقطر خیسانده شدند. بذرها به ٤ قسمت تقسیم گردید و با اتیل متان سولفونات (EMS) در غلظت‌های ۰، ۰/۰۷۵، ۰/۱ و ۰/۱۵ درصد به‌مدت ۱٦ ساعت تیمار شدند. از سیستم هوادهی برای تماس بیش‌تر ماده جهش‌زا با بذرها استفاده گردید. پس از اتمام تیمار و حذف محلول، بذرها به‌مدت ۳ ساعت در زیر جریان آب شسته شدند. سپس، تعداد ۱۰۰ بذر از هر دوز در ۳ تکرار در حوله کاغذی مرطوب در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد کشت گردید. پس از ۳ روز تعداد بذرهای جوانه‌زده شمارش و میانگین درصد جوانه‌زنی برای هر دوز محاسبه گردید. دوز مناسب برای اعمال تیمار اصلی جهش، با محاسبه LD50 دوزهای مختلف تعیین شد (بن‌جواد طالبی و همکاران، ۲۰۱۲؛ انبرسان و همکاران، ۲۰۱۳).

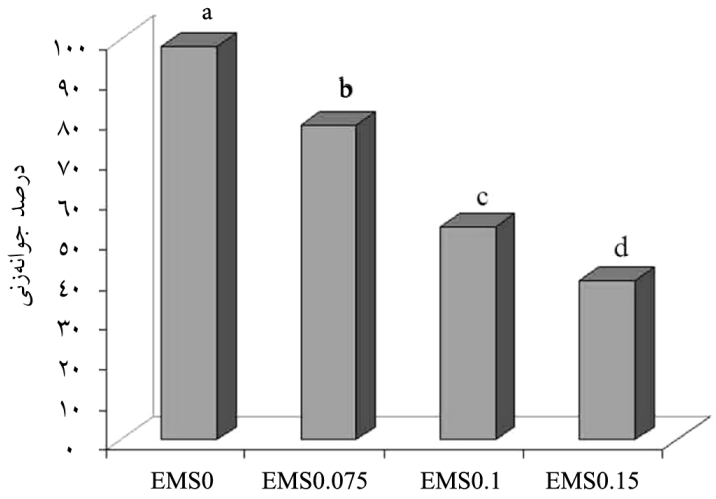
تیمار اصلی جهش با EMS ۰/۱ درصد بر روی حدود ۱۲۰۰ بذر به‌مدت ۱٦ ساعت تحت سامانه هوادهی انجام شد. پس از اتمام تیمار و حذف محلول، بذرها به‌مدت ۳ ساعت در زیر جریان آب شسته شدند سپس، بذرهای جوانه‌دار شده نسل M_1 در سال ۱۳۸۹ در خزانه کشت شدند. گیاهچه‌های ۳۰ روزه در زمین اصلی نشاء شدند. پس از رسیدن کامل، بذرهای نسل M_2 از ۲۱۲ لاین جهش‌یافته در شهریور همان سال به‌طور جداگانه برداشت شدند. در اردیبهشت سال ۱۳۹۰ بذور جوانه زده مربوط به هر لاین جهش‌یافته M_2 در خزانه کشت شدند. پس از ۳۰ روز گیاهچه‌های لاین‌های جهش‌یافته به همراه شاهد (رقم مادری ندا) به زمین اصلی واقع در مزرعه تحقیقاتی ۱ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انتقال داده شدند. از هر لاین جهش‌یافته (به همراه شاهد غیرجهش‌یافته) ۱۰ بوته نشاء گردید. در زمان‌های مناسب، خصوصیاتی هم‌چون تاریخ خوشه‌دهی، ارتفاع بوته، تعداد پنجه، طول خوشه، عملکرد بوته، تعداد دانه کل و تعداد دانه پر در خوشه، درصد باروری خوشه، وزن تر بوته (زیست‌توده) و وزن ۱۰۰ دانه با در نظر گرفتن اثرات حاشیه اندازه‌گیری

شدند. برای ارزیابی سریع عطر و طعم، از هر لاین جهش‌یافته (به همراه شاهدهای معطر و غیرمعطر) در ۳ تکرار ۳ بذر انتخاب و پس از پوست‌کنی، در تیوب ۱/۵ میلی‌لیتری اپندورف شامل ۳۰۰ میکرولیتر آب مقطر در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفتند. سپس بخار حاصل استشمام و نتیجه یادداشت گردید (احمدی‌خواه و همکاران، ۲۰۱۰).

تجزیه آماری داده‌ها: برای تجزیه آماری داده‌ها ازآزمون t و همچنین از تجزیه واریانس برای نمونه‌های داخل هر ژنوتیپ در نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۰) (کینیر و کولین، ۲۰۰۰) استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با روش دانکن در سطوح ۵ و ۱ درصد انجام شد و رسم نمودارها در نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

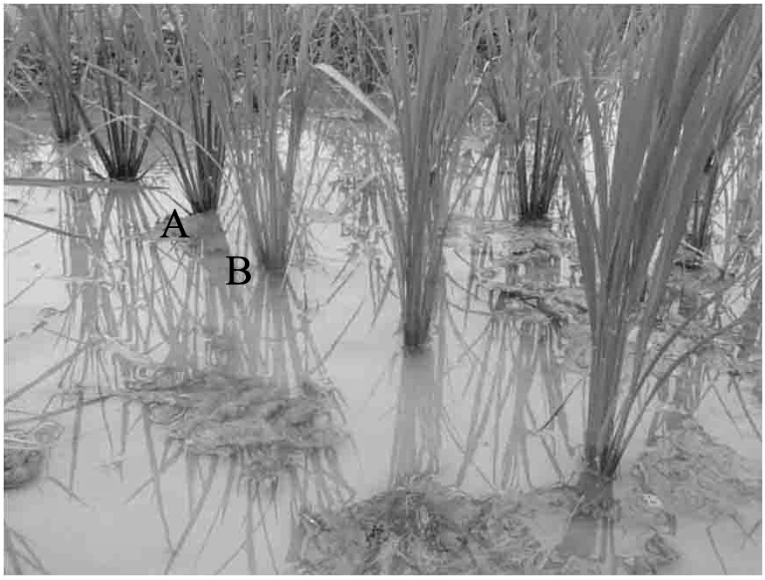
نتایج و بحث

دوز مناسب برای تیمار جهش: با توجه به میانگین درصد جوانه‌زنی بذرهای رقم ندا در دوزهای مختلف EMS، دوز ۰/۱ درصد موجب حدود ۵۰ درصد جوانه‌زنی گردید از این‌رو به‌عنوان دوز مناسب برای ایجاد جهش در این رقم انتخاب گردید (شکل ۱) و تیمار اصلی جهش با این دوز انجام شد.



شکل ۱- میانگین درصد جوانه‌زنی بذرهای رقم ندا در دوزهای مختلف EMS.
تفاوت میانگین‌ها با حروف لاتین مشخص شده است.

تغییر در صفات کیفی: با توجه به این‌که رنگ ساقه رقم مادری ارغوانی تیره می‌باشد، مشاهده رنگ سبز ساقه به‌عنوان جهش در ژن(های) مربوطه تلقی شد. بر این اساس، تعداد ۲ لاین جهش‌یافته (۰/۹٤ درصد) از نظر رنگ ساقه تفرق نشان دادند که عبارت بودند از: MT45 و MT74 (شکل ۲).



شکل ۲- تفرق از نظر رنگ ساقه در لاین جهش‌یافته MT45.

A: بوته‌های با رنگ ارغوانی تیره مشابه رقم مادری؛ B: بوته‌های جهش‌یافته با رنگ سبز.

رقم مادری ندا بدون عطر و طعم می‌باشد و این صفت تحت کنترل یک ژن مغلوب به‌نام *fgr* است (برادبوری و همکاران، ۲۰۰۵)، وجود عطر و طعم دلیل وقوع جهش در این ژن می‌باشد. براساس ارزیابی عطر و طعم، ۲ لاین جهش‌یافته (۰/۹٤ درصد) تفرق در عطر و طعم نشان دادند که عبارت بودند از MT14 و MT58. همچنین، با توجه به این‌که ساقه اصلی رقم مادری ندا به‌صورت قائم می‌باشد و سایر پنجه‌ها در اطراف این ساقه اصلی قرار می‌گیرند و یک تیپ جمع را به‌وجود می‌آورند، بنابراین انحراف ساقه اصلی و سایر پنجه‌های فرعی از زاویه راست یک تیپ باز را به بوته می‌دهد. بر این اساس، تعداد ۵ لاین جهش‌یافته (۲/۳٦ درصد) از نظر زاویه ساقه تفرق نشان دادند که عبارت بودند از: MT44، MT45، MT88، MT189 و MT199 (شکل ۳).

شکل ۳- تفرق برای زاویه ساقه در یکی از لاین‌های جهش‌یافته.

A: یک بوته جهش‌یافته با زاویه راست؛ B: یک بوته جهش‌یافته با زاویه باز.

رقم مادری ندا یک لاین نیمه پاکوتاه با میانگین ارتفاع حدود ۱۰٤ سانتی‌متر می‌باشد، ارزیابی ظاهری خطوط لاین‌های جهش‌یافته نشان داد که تنها یک لاین جهش‌یافته (MT14) با ارتفاع حدود ۱٤۹ سانتی‌متر به‌عنوان لاین پابلند و لاین‌های MT134، MT186 و MT147 به‌ترتیب با ارتفاع ۱۱۵، ۱۱۱/۵ و ۱۱۰ سانتی‌متر به‌عنوان لاین‌های نیمه‌پابلند و ۷ لاین جهش‌یافته (شامل MT15، MT22، MT23، MT24، MT44، MT58 و MT198) با ارتفاع حدود ۸۰ سانتی‌متر به‌عنوان لاین‌های پاکوتاه شناسایی شدند. میانگین کلی ارتفاع بوته در رقم مادری ندا با لاین‌های جهش‌یافته در جدول ۱ مقایسه شده است. همان‌گونه که دیده می‌شود، میانگین لاین‌های جهش‌یافته به‌طور محسوسی (در جهت کاهشی) با میانگین رقم مادری تفاوت دارد. کمینه ارتفاع بوته در لاین‌های جهش‌یافته ۷۵/۱ سانتی‌متر مربوط به لاین MT24 و بیشینه آن ۱٤۸/۹ سانتی‌متر مربوط به لاین MT14 بود. همچنین، با توجه به این‌که رقم مادری ندا یک ژنوتیپ میان‌رس با میانگین زمان خوشه‌دهی ۱۰٤ روز می‌باشد، ارزیابی زمان خوشه‌دهی لاین‌های جهش‌یافته نشان داد که یک لاین جهش‌یافته با زمان خوشه‌دهی حدود ۹۷ روز به‌عنوان لاین زودرس و یک لاین جهش‌یافته با زمان خوشه‌دهی حدود ۱۱٦

روز به‌عنوان لاین دیررس شناسایی شدند. میانگین کلی زمان خوشه‌دهی در رقم مادری ندا با لاین‌های جهش‌یافته در جدول ۱ مقایسه شده است. همان‌گونه که دیده می‌شود، به‌طور میانگین لاین‌های جهش‌یافته کمی دیررس‌تر شدند، هر چند این تفاوت زیاد قابل ملاحظه نبود. کمینه زمان خوشه‌دهی در لاین‌های جهش‌یافته ۹۷ روز و بیشینه آن ۱۱۶ روز بود.

جدول ۱- مقایسه میانگین لاین‌های جهش‌یافته با رقم مادری از نظر ارتفاع بوته و زمان خوشه‌دهی براساس آزمون t.

	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	زمان خوشه‌دهی (روز)
میانگین رقم ندا	۱۰۳/۸	۱۰۳/٦
میانگین جهش‌یافته‌ها	۹٤/۲۵*	۱۰٦/۱۳*
انحراف معیار	۷/۰۵۵	۳/۲۵۸
کمینه	۷۵/۱۲	۹۷
بیشینه	۱٤۸/۸۸	۱۱٦

* نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار با رقم مادری در سطح ۵ درصد می‌باشد.

بررسی عملکرد و اجزای آن در ۲۲ لاین انتخاب شده براساس ظاهر بوته: برای بررسی و مقایسه اثرات کلی جهش بر عملکرد و اجزای عملکرد در لاین‌های مورد مطالعه در مزرعه (۲۱۲ لاین) نسبت به رقم اصلی ندا، تعداد ۲۲ لاین که به‌طور مشاهده‌ای ظاهر قوی‌تر و تعداد پنجه بیش‌تری داشتند و انتظار می‌رفت عملکرد بالایی نیز داشته باشند، از بین آن‌ها انتخاب شده و مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس در جدول ۲ آورده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، تفاوت ژنوتیپ‌ها در همه صفات بسیار معنی‌دار می‌باشد.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات کمی مختلف در ۲۲ لاین جهش‌یافته انتخابی به همراه رقم مادری.

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد	ارتفاع بوته	تعداد پنجه	وزن صددانه	زمان خوشه‌دهی
نمونه در ژنوتیپ	۹	٦۵۰/٤۷۲*	۱۷/٦۸ns	٤٦/۰۸ns	۰/۰۰٦ns	۵/۰۷ns
ژنوتیپ‌ها	۲۲	٦۱۷/۱٤۰**	۲۰۵/۱۸۷**	۸٦/۸٤۱**	۲/۸۹۹**	۱۲۰/۷٦٤**
خطا	۱۸٦	۲۹۹/۰۲٦	۱۸/۲۹٤	۳۹/۰۸٦	۰/۰۰۵	۲/۷۹

ادامه جدول ۲-

منبع تغییرات	درجه آزادی	طول خوشه	تعداد کل دانه	تعداد دانه پر	تعداد دانه پوک
نمونه در ژنوتیپ	۹	۱/۲۲۷^{ns}	۳٤۲/٤٦^{ns}	۲۰٤/۵۲٤^{ns}	۹۰/۵۱۸^{ns}
ژنوتیپ‌ها	۲۲	۱۲/٤۲۹**	٦۱۱۵/۵٦۷**	۲۹۱۱/۵۳**	۱۲۲۵/۸٤**
خطا	۱۸٦	۲/۱۰۵	٤۲۲/۹۳٤	۳۸۰/۱۹۸	۱۱۵/۲٤

*معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، **معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ^{ns}غیرمعنی‌دار.

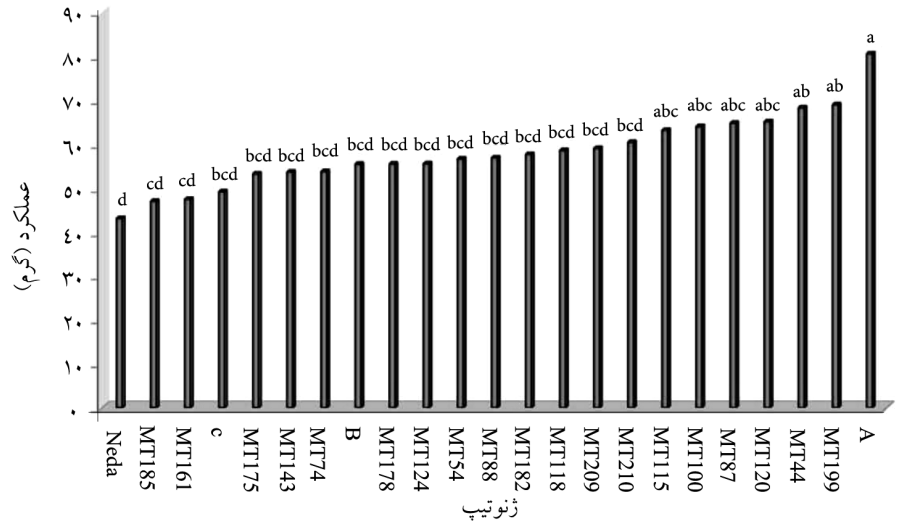
مقایسه کلی میانگین صفات کمی مختلف بین ۲۲ لاین جهش‌یافته انتخابی و رقم مادری در جدول ۳ آورده شده است. همان‌گونه که دیده می‌شود، این انتخاب بر بیش‌تر صفات مورد مطالعه تأثیر مطلوبی داشته است. بیش‌ترین تأثیر به‌ترتیب مربوط به صفاتی مانند تعداد دانه پر (٤۱/۳ درصد)، تعداد کل دانه (۳۷/٤ درصد) و تعداد پنجه (۲۹/٤ درصد) و کم‌ترین تأثیر مربوط به و وزن صددانه (۰/۰۵- درصد) و زمان خوشه‌دهی (۲/٤ درصد) بوده است. اثر این انتخاب بر عملکرد بوته نیز بالا (حدود ۲۵ درصد) بود و موجب کاهش ارتفاع بوته (حدود ۵- درصد) شد.

جدول ۳- مقایسه کلی میانگین‌های صفات کمی در ۲۲ لاین جهش‌یافته انتخابی نسبت به رقم مادری.

صفت	رقم مادری (شاهد)	جهش‌های انتخابی	تفاوت (درصد)
عملکرد بوته (گرم)	٤۳/۲	۵٤/۲**	۲۵/۳
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	۱۰۳/۸	۹۸/۸*	-٤/۸
تعداد پنجه	۱۷/۵	۲۲/٦**	۲۹/٤
وزن صددانه (گرم)	۲/۸	۲/۸^{ns}	-۰/۰۵
زمان خوشه‌دهی (روز)	۱۰۳/٦	۱۰٦/۱*	۲/٤
طول خوشه (سانتی‌متر)	۲٤/۱	۲۵/۰^{ns}	۳/۸
تعداد کل دانه	۹٤/۹	۱۳۰/۳**	۳۷/٤
تعداد دانه پر	۸۲/۹	۱۱۷/۱**	٤۱/۳
تعداد دانه پوک	۱۲/۰	۱۳/۳*	۱۰/۵

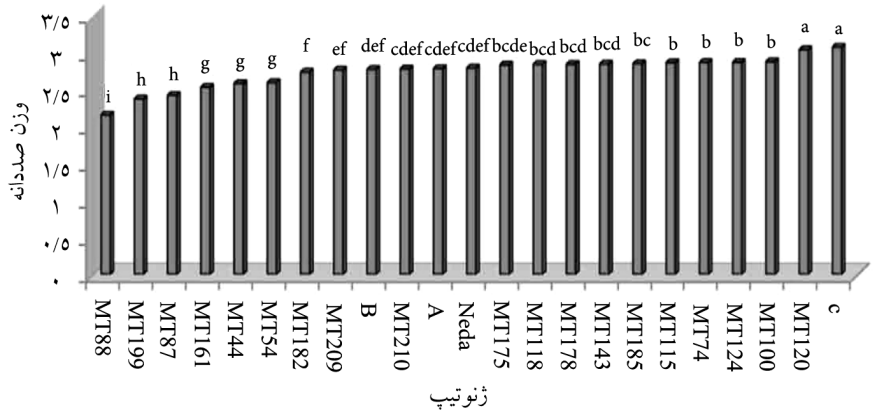
مقایسه میانگین لاین‌های جهش‌یافته انتخابی با رقم مادری: لاین‌های انتخابی براساس مقایسه میانگین با روش دانکن از نظر عملکرد در ٤ گروه قرار گرفتند که در شکل ٤ با هم مقایسه شده‌اند.

۷ لاین جهش‌یافته (شامل MT-A، MT199، MT44، MT120، MT87، MT100 و MT115) دارای عملکرد بالاتر معنی‌داری نسبت به رقم مادری بودند. لاین جهش‌یافته MT-A در بین لاین‌های انتخابی بالاترین عملکرد (۸۰/۵ گرم در بوته) را دارا بود که تفاوت معنی‌داری با رقم مادری (۴۳/۲ گرم در بوته) داشت. کم‌ترین عملکرد (۴۷/۱ گرم در بوته) مربوط به لاین MT185 بود که تفاوت معنی‌داری با رقم مادری نشان نداد. بر این اساس، ۳ لاین MT-A، MT199 و MT44 به‌عنوان لاین‌های جهش‌یافته با پتانسیل عملکرد بالا معرفی می‌شوند.



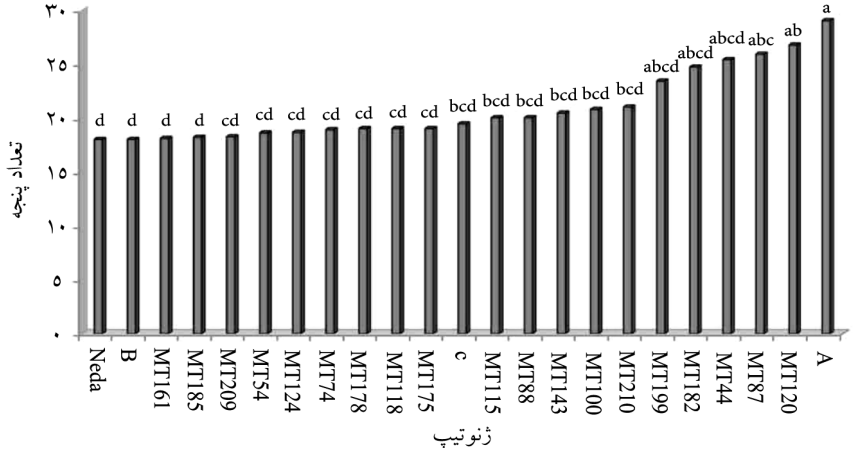
شکل ٤- مقایسه میانگین ۲۲ لاین جهش‌یافته انتخابی به همراه رقم مادری برای عملکرد بوته.
ژنوتیپ‌های بدون اختلاف معنی‌دار با حروف مشترک نشان داده شده‌اند.

٦ لاین جهش‌یافته دارای وزن صددانه بالاتر معنی‌داری نسبت به رقم مادری بودند، اما لاین‌های جهش‌یافته MT-C و MT120 در بین لاین‌های انتخابی بالاترین وزن صددانه (به‌ترتیب ۳/۱٦ و ۳/۱۳ گرم) را دارا بودند که تفاوت معنی‌داری با رقم مادری (۲/۷۹ گرم) داشتند. ٦ لاین جهش‌یافته نیز دارای وزن صددانه کم‌تر معنی‌داری نسبت به رقم مادری بودند (شکل ۵).



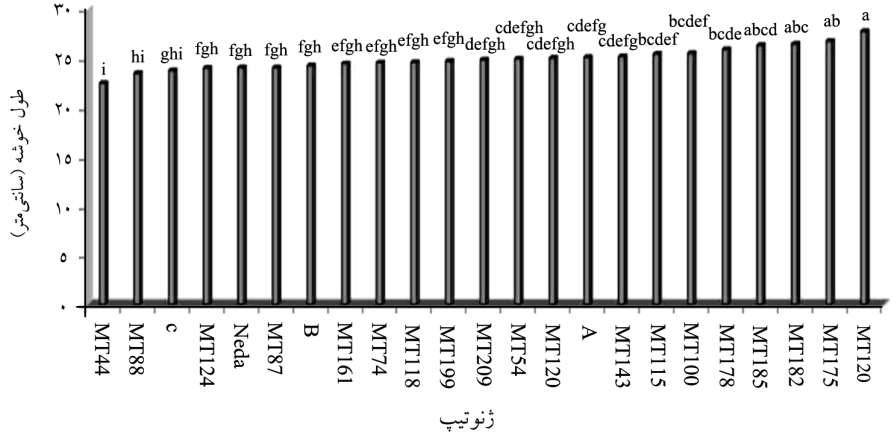
شکل ۵- مقایسه میانگین ۲۲ لاین جهش‌یافته انتخابی به همراه رقم مادری برای وزن صددانه. ژنوتیپ‌های بدون اختلاف معنی‌دار با حروف مشترک نشان داده شده‌اند.

۳ لاین جهش‌یافته (MT-A، MT120 و MT87) دارای تعداد پنجه بیش‌تر معنی‌داری نسبت به رقم مادری بودند، اما لاین جهش‌یافته MT-A بیش‌ترین تعداد پنجه (۲۹ پنجه در بوته) را تولید نمود که تفاوت معنی‌داری با رقم مادری (۱۸ پنجه در بوته) داشت. ۱۹ لاین جهش‌یافته دیگر هر چند تعداد پنجه بیش‌تری نسبت به رقم مادری داشتند، اما تفاوت معنی‌داری با آن نداشتند (شکل ٦).



شکل ٦- مقایسه میانگین ۲۲ لاین جهش‌یافته انتخابی به همراه رقم مادری برای تعداد پنجه. ژنوتیپ‌های بدون اختلاف معنی‌دار با حروف مشترک نشان داده شده‌اند.

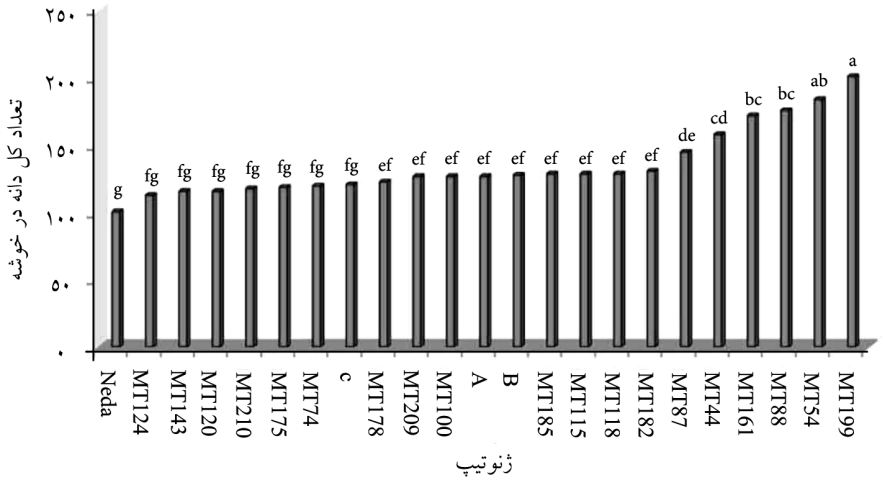
۵ لاین جهش‌یافته (MT120، MT175، MT182، MT185 و MT187) طـول خوشـه بلنـدتر معنی‌داری نسبت به رقم مادری داشتند، البته لاین جهـش‌یافتـه MT120 در بـین لایـن‌هـای انتخـابی بلندترین طول خوشه (۲۷/۷۵ سانتی‌متر) را تولید نمود که تفـاوت معنـی‌داری بـا رقـم مـادری (۲٤/۱ سانتی‌متر) داشت. تنها یک لاین جهش‌یافته (MT44) طول خوشه کوتاه‌تر معنی‌داری نـسبت بـه رقـم مادری نشان داد (شکل ۷).



شکل ۷- مقایسه میانگین ۲۲ لاین جهش‌یافته انتخابی به همراه رقم مادری برای طول خوشه.
ژنوتیپ‌های بدون اختلاف معنی‌دار با حروف مشترک نشان داده شده‌اند.

همه لاین‌های جهش‌یافته دارای تعداد کل دانه بیش‌تری نسبت بـه رقـم مـادری بودنـد، هـر چنـد تفاوت ۱۵ لاین جهش‌یافته از این نظر معنی‌دار بود (شکل ۸). البته، لاین‌های جهش‌یافتـه MT199 و MT54 در بین لاین‌های انتخابی بیش‌ترین تعداد دانه (به‌ترتیـب ۲۰۱/٤ و ۱۸٤/٤ دانـه در خوشـه) را تولید نمودند که تفاوت معنی‌داری با رقم مادری (۱۰۰/٦ دانه در خوشه) داشتند.

تجزیه همبستگی و رگرسیون: همان‌گونه که در بالا شرح داده شد تعـداد ۷ لایـن بـا عملکـرد بـالاتر معنی‌دار در بین ۲۲ لاین انتخابی شناسایی شدند که در بیش‌تر آن‌ها تعداد کل دانه و دانـه پـر بـه‌طـور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت. تجزیه همبستگی (جدول ٤) نشان داد کـه تنهـا تعـداد پنجـه دارای همبستگی مثبت بسیار معنی‌داری با عملکرد لاین‌های انتخابی بود.



شکل ۸- مقایسه میانگین ۲۲ لاین جهش‌یافته انتخابی به همراه رقم مادری برای تعداد کل دانه در خوشه. ژنوتیپ‌های بدون اختلاف معنی‌دار با حروف مشترک نشان داده شده‌اند.

جدول ٤- تجزیه همبستگی میان صفات کمی مختلف در ۲۲ لاین جهش‌یافته انتخابی به همراه رقم مادری.

صفت	عملکرد	ارتفاع	تعداد پنجه	وزن صددانه	زمان خوشه‌دهی	طول خوشه	تعداد کل دانه	تعداد دانه پر
عملکرد	۱							
ارتفاع	۰/۱۸۵^{ns}	۱						
تعداد پنجه	۰/۵۵٤**	۰/۰٤٤^{ns}	۱					
وزن صددانه	۰/۱۵۲^{ns}	۰/۳۳٤^{ns}	۰/۱۹۱^{ns}	۱				
زمان خوشه‌دهی	-۰/۰۷۹^{ns}	-۰/۱۵۷^{ns}	-۰/۰۰٦^{ns}	-۰/۲۳۵^{ns}	۱			
طول خوشه	-۰/۰۲۵^{ns}	۰/۵۸۷**	۰/۱۳۳^{ns}	۰/۲٦۸^{ns}	-۰/۳۰۲^{ns}	۱		
تعداد کل دانه	-۰/۱۲۸^{ns}	-۰/۳۵۰^{ns}	۰/۲۳۷^{ns}	-۰/۳۰۳^{ns}	۰/٤۵۲*	-۰/۲۵٦^{ns}	۱	
تعداد دانه پر	-۰/۰۵٦^{ns}	-۰/۱٦۲^{ns}	۰/۱٤۵^{ns}	-۰/۱۸۹^{ns}	۰/۳٤٦^{ns}	-۰/۱۱^{ns}	۰/۸۸٦**	۱
تعداد دانه پوک	-۰/۱۷۷^{ns}	-۰/٤۷۱*	۰/۲٦^{ns}	-۰/٤۱۱*	۰/۳۸٤^{ns}	-۰/۳۵۸^{ns}	۰/٦۵٤**	۰/۲۲۸^{ns}

تجزیه رگرسیون با روش Enter توانست متغیرهای مؤثر بیش‌تری را بر عملکرد بوته شناسایی نماید. نتیجه این رگرسیون (جدول ۵) نشان می‌دهد که همه صفات به استثنای تعداد کل دانه تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بوته دارند، به‌طوری‌که میزان ضریب تبیین (R^2) این مدل معادل ۰/۵۷۷ به‌دست آمد.

جدول ۵- تجزیه رگرسیون به روش Enter برای عملکرد و اجزای آن در ۲۲ لاین جهش‌یافته انتخابی به همراه رقم مادری.

مدل	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	معنی‌داری
رگرسیون	۷	۱٤۲/۰۰	۲/۹۳	۰/۰۳۸[a]
باقی‌مانده	۱۵	٤۸/۵۳		
کل	۲۲			

[a] پیش‌بینی‌کننده‌های مدل عبارتند از: عدد ثابت، ارتفاع بوته، زمان خوشه‌دهی، تعداد پنجه، طول خوشه، وزن صدانه، تعداد دانه پر و تعداد دانه پوک.

معادله پیش‌بینی‌کننده مدل اخیر عبارت است از:

دانه پوک × ۰/٤۰٤ – دانه پر × ۰/۰۵۳ – طول خوشه × ۲/۳۸۱ – زمان خوشه‌دهی × ۰/۰۳۵ + وزن صددانه × ۵/۰۱۱ – تعداد پنجه × ۱/۸۷۷ + ارتفاع بوته × ۰/۳۰٦ + ٦۲/۸۷۳ = عملکرد تخمینی بوته

$(R^2=۰/۵۷۷)$

در بین صفات بالا، تعداد پنجه، تعداد دانه پوک، طول خوشه و وزن صددانه مهم‌تر بوده‌اند (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). بنابراین، با در نظر گرفتن این مسأله، استفاده از این ٤ صفت برای انتخاب غیرمستقیم می‌تواند به عملکرد بالاتر منتج شود.

استفاده از جهش در بسیاری از کشورها از دیرباز متداول بوده و از آن جهت ایجاد تنوع ژنتیکی و مواد ژنتیکی جدید با هدف بهبود خواص کمی و کیفی مختلف سود جسته‌اند. در این پژوهش، در لاین‌های جهش‌یافته به‌دست آمده از رقم ندا، از نظر صفات کیفی مانند زاویه ساقه، رنگ ساقه و عطر و طعم و همچنین صفاتی مانند پابلندی- پاکوتاهی و زودرسی- دیررسی تغییرات محسوسی نسبت به رقم مادری مشاهده شد. بروز چنین تغییراتی را می‌توان به جهش در آلل‌های کنترل‌کننده صفات در اثر کاربرد EMS نسبت داد. بهبود عطر و طعم، کاهش ارتفاع و زودرسی در برخی لاین‌های جهش‌یافته نسبت به رقم مادری، بیان‌کننده پتانسیل بالای جهش در بهبود خصوصیات کیفی در برنج می‌باشد. تغییر صفات کیفی در گیاهان از طریق جهش در سایر پژوهش‌ها نیز گزارش شده است؛ به‌طور مثال فتوکیان و اصفهانی (۲۰۰۱) توانستند با القا جهش به‌وسیله پرتوتابی در رقم برنج دم‌سیاه لاین‌های پاکوتاهی را به‌دست آورند که ٦۰ سانتی‌متر کوتاه‌تر از شاهد بوده و تعداد پنجه‌های آن‌ها نیز به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از شاهد بود. این نتایج نشان‌دهنده قابلیت استفاده از جهش برای ایجاد تنوع

در ارقام زراعی گیاهان می‌باشد که در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است. در مطالعه‌ای با استفاده از اشعه گاما لاین‌های مقاوم به خوابیدگی و پرمحصول در رقم برنج موسی طارم ایجاد گردید (مجد و همکاران، ۲۰۰۱). شهاتا و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از جهش روی برنج جاسمین مصری، در بین مواد آزمایشی برای خصوصیات کیفی و عطر و طعم دانه تنوع خوبی مشاهده کردند. در پژوهش دیگری، ونگسواد و همکاران (۲۰۰۵) در تیمار ۰/۹ درصد EMS، جهش‌هایی با برگ‌های طویل‌تر از رقم مادری تولیدکردند. لاین‌های جهش‌یافته پاکوتاه در برنج (شهزاد و همکاران، ۲۰۱۱)، لاین‌های بدون کرک در برنج (لی و لی، ۲۰۰۲) و جهش‌های آلبینو، سبز سیر و گزانتا در برنج (ردی و ردی، ۱۹۸٤) و نیز حذف ریشک در گندم (سینگ و بالیان، ۲۰۰۹) در اثر جهش ایجاد شدند.

از نظر ارتفاع بوته میانگین کلی لاین‌های جهش‌یافته نسبت به شاهد کاهش یافت. لاین‌های پاکوتاه با اختلاف ۲۸/۷ سانتی‌متر و لاین پابلندی با اختلاف ٤٥ سانتی‌متر نسبت به رقم مادری شناسایی شدند. در این مطالعه تعداد ۷ لاین پاکوتاه به‌دست آمد که به‌ترتیب ۲۸/۷، ۲٦/٥، ۲٦، ۲٤، ۲۳/٥، ۲۳ و ۲۲ سانتی‌متر با شاهد اختلاف داشتند. ایجاد لاین‌های پاکوتاه در این پژوهش نشان می‌دهد که در القاء صفت پاکوتاهی در برنج از طریق جهش شیمیایی پتانسیل مطلوبی وجود دارد و شاید بتوان با این روش مشکل پابلندی ارقام بومی کم عملکرد را که معمولاً به خوابیدگی حساس هستند و پتانسیل کودپذیری کمی دارند برطرف نمود. از نظر زمان رسیدگی لاین‌های جهش‌یافته نسبت به رقم مادری کمی دیررس‌تر شدند که البته تفاوت آن‌ها معنی‌دار نبود. تعداد ۱۱ لاین زودرس در این مطالعه به‌دست آمد که زودرس‌ترین لاین‌های جهش‌یافته طی ۹۷ روز خوشه دادند. اصلاح برای زودرسی یکی از اهداف اساسی در برنامه‌های اصلاحی است و اصلاح برای چنین صفاتی در برنج، به‌طور غیرمستقیم موجب صرفه‌جویی در مصرف آب و ذخیره آن می‌گردد (آلووالیا و همکاران، ۲۰۰٤). با استفاده از روش جهش لاین‌های زودرس در سویا (محمد و همکاران، ۲۰۰۹)، برنج (شهاتا و همکاران، ۲۰۰۹)، گندم (خان و همکاران، ۲۰۰۱) و موز (نگویرا و همکاران، ۲۰۱۱) ایجاد شده‌اند.

در برخی از لاین‌های انتخاب شده برای عملکرد بالا، تعدادی صفت مطلوب با هم در یک لاین جهش‌یافته جمع شده بود؛ به‌عنوان مثال در لاین MT-A عملکرد و صفات مرتبط با آن (تعداد پنجه، طول خوشه، تعداد دانه کل و تعداد دانه پر) به‌طور معنی‌داری بالاتر از رقم مادری بودند که تا حد زیادی با مدل رگرسیونی به‌دست آمده هم‌خوانی دارد. البته ارتفاع بلند بوته از جمله صفات نامناسبی است که در این لاین مشاهده شد. با استفاده از روش‌های تلاقی برگشتی و یا سایر روش‌های اصلاحی

می‌توان ژن‌های عامل پاکوتاهی را به این لاین انتقال داده و از پتانسیل بالای چنین لاین‌هایی برای افزایش عملکرد گام برداشت (فتوکیان و اصفهانی، ۲۰۰۱). با استفاده از جهش‌های القایی ارقام پرعملکردی در گیاهان مختلف ایجاد شده‌اند. بهبود خصوصیات مرتبط با عملکرد با استفاده از تیمارهای موتاژنی مختلف توسط پژوهشگران زیادی گزارش شده است. در مطالعه جانا و روی (۱۹۷۳) بعد از تیمار با EMS، جهش‌های مطلوب با ارزش‌های بالاتر از شاهد، برای تعداد دانه پر در خوشه و طول خوشه ایجاد شدند. بعد از تیمار جهش درصد جوانه‌زنی، طول خوشه، تعداد دانه‌های پوک در خوشه، وزن صددانه و عملکرد تک‌بوته پیشرفت ژنتیکی محسوسی را تحت انتخاب نشان دادند. افزایش تعداد پنجه در بوته و تعداد سنبلچه در هر سنبله و عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت در مقایسه با شاهد، در جهش‌زایی روی گندم توسط سینگ و بالیان (۲۰۰۹) نیز گزارش شده است. بهبود عملکرد با القا جهش در برنج (بوگیو و همکاران، ۲۰۰۷؛ جانا و روی، ۲۰۰٤؛ بالوچ و همکاران، ۲۰۰۳؛ شهاتا و همکاران، ۲۰۰۹)، گندم (خان و همکاران، ۲۰۰۱)، سویا (محمد و همکاران، ۲۰۰۹) سورگوم (هومان و سیهونو، ۲۰۱۰) و موز (نگویرا و همکاران، ۲۰۱۱) گزارش شده است.

همان‌گونه که نتایج این پژوهش نشان داد تیمار جهش با EMS توانست تنوع کافی در صفات مورد مطالعه ایجاد کند و زمینه مناسبی برای انتخاب لاین‌های جهش‌یافته با صفات کیفی بهبود یافته و یا عملکرد بالاتر فراهم کند. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که فن جهش برای ایجاد تنوع ژنتیکی در صفات مختلف در برنج مطلوب است و انتخاب ظاهری در نسل M_2 برای شناسایی لاین‌های جهش‌یافته با عملکرد بالا کارآمد می‌باشد.

منابع

1. Ahloowalia, B.S., Maluszynski, M., and Nichterlein, K. 2004. Global impact of mutation-derived varities. Euphytica. 135: 187-204.
2. Ahmadikhah, A. 2012. Advanced genetics. Publication of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, 354p. (In Persian)
3. Ahmadikhah, A., Arkhy, A., and Ghafari, H. 2010. Development of an allele specific amplification (ASA) co-dominant marker for fragrance genotyping of rice cultivars. Arch. Appl. Sci. Res. 2: 1. 204-211.
4. Anbarasan, K., Sivalingam, D., Rajendran, R., Anbazhagan, M., and Chidambaram, A.A. 2013. Studies on the mutagenic effect of EMS on seed germination and seedling characters of sesame (*Sesamum indicum* L.) Var. TMV3. Inter. J. Res. Biol. Sci. 3: 1. 68-70.

5.Baloch, A.W., Soomro, A.M., Javed, M.A., Bughio, H.R., Alam, M., Bughio, M.S.H., Mastori, T.M., and Mastori, N.N. 2003. Induction of salt tolerance in rice through mutation breeding. Asian J. Plant Sci. 2: 3. 273-276.
6.Benjavad-Talebi, A., Benjavad Talebi, A., and Shahrokhifar, B. 2012. Ethyl methane sulphonate (EMS) induced mutagenesis in Malaysian rice (cv. MR219) for lethal dose determination. Amer. J. Plant Sci. 3: 1661-1665.
7.Bodnar, A.L., and Scott, M.P. 2010.Using mutations in corn breeding programs. In: Meksem, K., and Kahl, G. (eds), The Handbook of Plant Mutation Screening, Wiley-VCH, Germany, Pp: 187-197.
8.Bradbury, L.M.T., Fitzgerald, T.L., Henry, R.J., Jin, Q., and Waters, D.L.E. 2005. The gene for fragrance in rice. Plant Biotech. J. 3: 363-370.
9.Bughio, H.R., Asad, M.A., Odhano, I.A., Bughio, M.S., Khan, M.A., and Mastoi, N.N. 2007. Sustainable rice production through the use of mutation breeding. Pak. J. Bot. 39: 7. 2457-2461.
10.Fotookian, M.H., and Esfahani M. 2001. Induction of short culm mutant in Domsiah rice (*Oryza sativa* L.) variety. Iran. J. Crop Sci. 3: 3. 31-41. (In Persian)
11.Human, S., and Sihono, H. 2010. Sorghum breeding for improved drought tolerance using induced mutation with gamma irradiation. J. Agron. Indonesia 2: 95-99.
12.Ilirjana, S., Ariana, Y., and Andon, D. 2007. Induced mutations for improving production on bread and durum wheat. AIP Conf. Proceed. Tirana, Albania, 899: 747.
13.Jabeen, N., and Mirza, B. 2002. Ethyl methane sulfonate (EMS) enhances genetic variability in *Capsicum annum*. Asian J. Plant Sci. 1: 4. 425-428.
14.Jana, M.K., and Roy, K. 1973. Induced quantitative mutations in rice. Rad. Bot. 13: 245-257.
15.Khademian, R., Babaeian Jelodar, N., and Kianoosh, Gh. 2004. Study of gamma radiation mutagenesis effects on some Iranian rice cultivars. Khazar Res. Agric. Sci. Nat. Res. 2: 4. 16-26. (In Persian)
16.Khan, A.J., Hassan, S., Tariq, M., and Khan, T. 2001.Haploidy breeding and mutagenesis for drought tolerance in wheat. Euphytica. 120: 409-414.
17.Kinnear, P.R., and Colin, D.G. 2000. SPSS for windows made simple: Release 10. Hove, UK: Psychology Press. 456p.
18.Lee, G.H., and Lee, S.Y. 2002. Selection of stable mutants from cultured rice anthers treated with ethyl methane sulfonic acid. Plant Cell Tiss. Organ Cult. 71: 165-17.
19.Majd, F., Rahimi, M., and Rezazadeh, M.R. 2001. Development of resistant lines to logging and high-yielding in rice gamma-irradiation-induced mutagenesis. J. Nuc. Technol. 26: 37-43.
20.Micke, A. 1999. Mutation and in vitro mutation breeding. Bahar Samiullah Khan, Kalani Publishers, Ludhiana, India. Pp: 1-19.

21. Mohamad, O., Loo, M.W., Mohd, Nazir, B., Rusli, I., Herman, S., and Bakhendri, S. 2009. Drought tolerance in sorghum and soybean. Forum for Nuclear Cooperation in Asia (FNCA).
22. Nogueira, P.K., Amorim, E.P., Ferreira, C.U.F., Amorim, V.B.O., Santos, L., Silva Ledo, C.A., and Silva, S.O. 2011. Agronomic and molecular characterization of gamma ray induced banana (*Musa sp*.) mutants using a multivariate statistical algorithm. Euphytica 178: 151-158.
23. Patnaik, A., Chaudhary, D., and Rao, G.J.N. 2006. Genetic improvement of long grain aromatic rices through mutation approach. Plant Mutation, 1: 1. 7-10.
24. Rakshit, S., Kanzaki, H., Matsumura, H., Rakshit, A., Fujibe, T., Okuyama, Y., Yoshida, K., Oli, M., Shenton, M., Utsushi, H., Mitsuoka, C., Abe, A., Kiuchi, Y., and Terauchi, R. 2010. Use of TILLING for reverse and forward genetics of rice. In: Meksem K., and G. Kahl (eds), The Handbook of Plant Mutation Screening, Wiley-VCH, Germany, Pp: 187-197.
25. Reddi, S.T.V.V., and Reddi, V.R. 1984. Frequency and spectrum of chlorophyll mutants induced in rice by chemicalmutagens. Theor. Appl. Genet. 67: 231-233.
26. Shehata, S.M., Allah, A.A., and Zayed, B.A. 2009. Development of salt tolerant rice lines through mutation breeding. J. Agric. Res. 35: 4. 954-963.
27. Shehzad, T., Allah, A.B.D., Ammar, M.H., and Abdelkhalik, A.F. 2011. Agronomic and molecular evaluation of mutant rice (*Oryza sativa* L.) lines in Egypt MegahedHelmy and Amr Farouk. Pak. J. Bot. 2: 1183-1194.
28. Shojaeian, H. 2012. Study on phenotypic and molecular diversity induced by ethyl methane sulphonate (EMS) mutagen in Ric. M.Sc. Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 122p. (In Persian)
29. Shu, Q.Y., and Lagoda, P.J.L. 2007. Mutation techniques for gene discovery and crop improvement. Mol. Plant Breed. 2: 193-195.
30. Singh, N.K., and Balyan, H.S. 2009. Induced mutations in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) CV. 'Kharchia 65' for reduced plant height and improve grain quality traits. Adv. Biol. Res. 3: 5-6. 215-221.
31. Vasline, Y.A. 2013. An investigation on induced mutations in rice (*Oryza sativa* L.). Plant Arch. 13: 1. 555-557.
32. Wongsawad, P., Wongsawad, C., Mahadtanapuk, S., Kantawong, S., Chariyavidhawat, P., and Paratasilpin, T. 2005. Induced mutation in *Adeniumobesum* Balf. using ethyl methane sulphonate. Proceed. Cong. on Sci. Technol. of Thailand. Suranaree University of Technology, 31: 18-20.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. Plant Prod. Res. Vol. 21 (2), 2014
http://jopp.gau.ac.ir

Study on ethyl methane sulfonate (EMS)-induced variability in morphological traits of rice and identification of mutant lines with high yield potential

***A. Ahmadikhah[1], H. Shojaeian[2], M.H. Pahlevani[3] and L. Nayyeipasand[4]**
[1]Assistant Prof., Dept. Biotechnology, Shahid Beheshti University, [2]M.Sc. Graduate, Dept. Plant Breeding and Biotechnology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]Associate Prof., Dept. Plant Breeding and Biotechnology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [4]M.Sc. Graduate, Dept. Agronomy and Plant Breeding, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources
Received: 11/06/2013; Accepted: 05/31/2014

Abstract

Induced mutation is one of efficient methods for improvement of qualitative and quantitative traits in crop plants. A research was conducted to study on variability of morphological traits in rice after application of ethyl methane sulfonate (EMS). Neda cultivar was treated by 0.1% EMS mutagen and then variability of qualitative and quantitative morphological traits were evaluated in 212 M_2 mutants. On the basis of visual observations, stem color and its angle were altered in two and five mutant lines, respectively and two aromatic lines was identified based on aroma test. Also, mean of plant height and heading date, showed significant decrease and relatively significant increase, respectively. Twenty two mutant lines were selected based on further tillering and vigor and along with original cultivar were evaluated in some quantitative traits. ANOVA showed that there were very significant differences between the studied genotypes in all evaluated traits. The effect of this selection was desirable on most studied traits, so that highest effect was observed on filled kernels/panicle (41.3%), total kernel number (37.4%), tiller number (29.4%, plant yield (25%), plant height (-5%) and lowest effect was observed on 100-kernel weight (-0.05%) and heading date (2.4%). Seven lines produced significantly higher yield than original cultivar, that in most of them total kernel number and filled kernels showed a significant increase relative to original cultivar. Based on mean comparison three mutant lines viz. MT-A, MT199 and MT44 were identified as high-yielding lines. On the basis of the results of this research it can be concluded that mutation technique is a suitable tool for inducing genetic variability in different rice traits and that visual selection in M_2 generation is efficient for identification of high-yielding mutant lines.

Keywords: EMS, Mutation, Rice, Selection, Variability

* Corresponding Author; Email: a_ahmadikhah@sbu.ac.ir