نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۲، شماره ۲ ، تابستان ۱۳۹۳، ص. ۲۶۳-۲۵۴

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 12, No. 2, Summer. 2014, p. 254-263

ارزیابی تنوع ژنتیکی حاصل از القای جهش با پرتوتابی گاما در صفات مورفولوژیک در نسل دوم لاین‌های جهش‌یافته کلزا

سیده مژگان ابطحی فروشانی[۱]- احمد ارزانی[۲*] - محمد حسین فتوکیان[۳]

تاریخ دریافت:۱۳۹۱/۱۲/۶
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۱۰/۲۲

چکیده

القای جهش روشی موثر برای افزایش تنوع ژنتیکی گیاهان مخصوصا برای صفاتی با تنوع ژنتیکی پائین می باشد. هدف از انجام این پژوهش بررسی تاثیر دز ۱۲۰۰ گری اشعه‌ی گاما بر خصوصیات مورفوفنولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد و شناسائی جهش‌یافته‌های مفید در دو رقم کلزای بهاره RGS003 و ساری‌گل می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس صفات حاکی از اختلاف بسیار معنی‌دار بین لاین‌های جهش‌یافته بود. بر اساس نتایج همبستگی‌های فنوتیپی و ژنتیکی، صفت وزن هزار دانه دارای بیشترین ضرایب همبستگی با صفت عملکرد دانه در بوته بود. در بررسی ارتباط صفات کمی با عملکرد دانه به کمک رگرسیون مرحله‌ای نیز وزن هزار دانه به عنوان مهمترین صفت تعیین کننده عملکرد شناخته شد. با توجه به تنوع القا شده در صفات مورفولوژیک احتمالا می‌توان از بین لاین‌های جهش‌یافته ارزیابی شده، گزینه‌های مناسب را برای برنامه‌های ژنتیکی اصلاحی آینده کلزا انتخاب نمود. لاین‌های جهش‌یافته شماره ۹ ژنوتیپ RGS003 و شماره ۱۶، ۲۵ و ۲۶ رقم ساری‌گل بعنوان برترین لاین‌های جهش یافته نسل دوم شناسایی شدند که از نظر جنبه های اصلاحی کلزا حائز اهمیت می‌باشند.

واژه های کلیدی: جهش، اشعه گاما، تنوع ژنتیکی

مقدمه

در میان گیاهان دانه روغنی، کلزا (*Brassica napus* L.) با دانه‌های حاوی حدود ۴۰ درصد روغن و حدود ۴۰درصد پروتئین کنجاله و با داشتن تنها ۷درصد اسیدهای چرب اشباع در روغن، از دانه‌های روغنی مهم جهان محسوب می‌شود. بدین ترتیب کلزا دومین گیاه دانه روغنی و پنجمین گیاه مهم اقتصادی پس از برنج، گندم، ذرت و پنبه می‌باشد (۱۰). کلزا گیاهی است یکساله از تیره ی چلیپائیان خردل (Crucifera) آلوتتراپلوئید با ۱۹ جفت کروموزوم (2n=4x=38) که از تلاقی میان *B. rapa* و *B. oleracea* در قرن ۱۷ در اروپا منشا یافته‌است. کلزا ریشه اصلی مستقیم و توسعه یافته‌ای دارد که تا عمق ۸۰ سانتیمتر در خاک نفوذ می‌کند. گل آذین کلزا به شکل خوشه بلند در انتهای ساقه‌های اصلی و شاخه‌های جانبی پدیدار می‌گردد. کلزا گیاهی عمدتا خودگشن است که میزان خودگشنی آن بین ۶۷ تا ۸۷ درصد متغیر می‌باشد. میوه‌ی کلزا نیامی و باریک به طول ۵ تا ۱۰ سانتیمتر است که شکوفا می‌باشد به طوری که در شرایط آب و هوایی خشک از ناحیه‌ی راسی شکافته شده و دانه شدیدا ریزش می‌یابند (۱و۱۰). خصوصیات کیفی منحصر به فرد گیاه کلزا و سازگاری آن با شرایط آب و هوایی مختلف موجب توسعه کشت این گیاه در سطح جهان و به عنوان گیاه امیدبخش جهت تأمین روغن موردنیاز مطرح گردیده‌است (۶). با این وجود، به لحاظ گستره‌ی اندک جغرافیائی و برنامه‌های اصلاحی منسجم، پایه‌ی ژنتیکی ارقام تجاری و لاین‌های پیشرفته کلزا محدود می‌باشد. که این امر موجب آسیب پذیری گیاه کلزا نسبت به شیوع آفات و بیماریها و همچنین تنش‌های محیطی گردیده است (۸).

وجود تنوع ژنتیکی کافی در جمعیت‌های اصلاحی به منظور افزایش تولید و دستیابی به ارقامی با عملکرد بالا که از مقاومت بیشتری نسبت به تنش‌های زنده و غیرزنده برخوردار باشند، الزامی می‌باشد. در شرایطی همانند گیاه کلزا که تنوع ژنتیکی کافی و مدنظر درمجموعه ژرم پلاسم موجود نباشد، جهش راه‌کار مناسبی برای ایجاد

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
(*- نویسنده مسئول: (Email: a_arzani@cc.iut.ac.ir
۳- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد

تنوع و القای صفات موردنظر و همچنین مرتفع نمودن نواقص موجود در ارقام تجاری خواهد بود (۳۳ و۳۴). در همین ارتباط سالیمس و همکاران (۲۶) القای جهش را از کارآمدترین روش‌ها جهت ایجاد تنوع ژنتیکی مدنظر در غیاب تنوع ژنتیکی طبیعی در ژرم پلاسم معرفی نموده‌اند. کارائی بالای جهش‌زائی کلاسیک برای ایجاد ارقام جهش یافته ارزشمند در اصلاح نباتات امروزی به اثبات رسیده‌است. بر اساس گزارش بانک اطلاعاتی ارقام موتانت (MVD)، ۳۰۸۸ رقم موتانت که ۱۷۰۰ رقم آن متعلق به گیاهان زراعی بوده تاکنون به ثبت رسیده‌است. در گیاهان دانه روغنی از جمله کلزا، سویا، آفتابگردان و کنجد ۱۹۸ رقم جهش یافته ایجاد شده است که بیشترین آن به سویا اختصاص داشته و سهم کلزا ۱۵رقم جهش یافته بوده‌است (۳، ۱۱، ۱۲، ۲۲، ۲۷ و ۳۸). پرتوتابی متداولترین روش القای جهش درگیاهان می‌باشد (۱۴). بطوریکه ۸۹ درصد ارقام جهش یافته از این طریق ایجاد شده‌اند.در گیاهان کلزا و خردل از جهش های القائی به منظور ایجاد لاین‌های جهش یافته با صفات با ارزش اقتصادی نظیر ارتفاع گیاه، تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰۰ دانه، عملکرد دانه، محتوی روغن و مقاومت به بیماری‌ها استفاده شده‌است (۱۸). چوان و کومار (۷) با تیمارگیاهان کلزای رقمGaoyou 605 با اشعه‌ی گاما و EMS، در نسل دوم تعداد ۱۵۲ جهش‌یافته با صفات تغییر یافته زودرسی، رنگ برگ، شکل برگ، ارتفاع، تعداد و زاویه انشعابات، قطر ساقه اصلی، رنگ ساقه و گل، تعداد و اندازه‌ی گلبرگ، شکل مادگی و نرعقیمی بدست آوردند. صدیقی و همکاران (۳۱) تنوع ژنتیکی ناشی از القای جهش با امواج گاما (۷۵۰ و ۱۰۰۰گری) و EMS را در نسل دوم کلزا بررسی نمودند. نتایج نشان داد که در مقایسه با شاهد تیمارهای جهش زا باعث افزایش تعداد غلاف در بوته وکاهش تعداد دانه در غلاف و درصد روغن برای تمامی تیمارها گردیده است. رحمان و داس (۲۵) با تیماردو رقم کلزای Oro و-Nap 3دزهای مختلف اشعه‌ی گاما در نسل دوم تنوع زیادی برای صفات زودرسی، مقاومت به سوختگی برگی آلترناریا، افزایش طول غلاف و تعداد بذر در غلاف مشاهده نمودند و ۴۵ لاین جهش یافته با صفات مطلوب انتخاب کردند. تاگانا و همکاران (۳۵) به بررسی تنوع ژنتیکی ناشی از القای جهش با سه دز مختلف اشعه‌ی گاما (۶۰۰، ۸۰۰ و۱۰۰۰ گری) در سه نسل دوم، سوم و ششم کلزا پرداختند. نتایج نشان داد که پرتوتابی باعث ایجاد تنوع ژنتیکی و تغییر ارتفاع بوته و تعداد غلاف در بوته گردیده است.

مطالعه حاضر به منظور بررسی گیاهان نسل دوم حاصل از تیمار با اشعه گاما از لحاظ تنوع ایجاد شده در صفات مورفولوژیک و مقایسه با شاهد در شرایط مزرعه و شناسائی جهش یافته‌های مفید ناشی از کاربرد اشعه گاما به انجام رسید.

مواد و روش‌ها

بمنظور ارزیابی تنوع ژنتیکی حاصل از القای جهش با اشعه‌ی گاما، آزمایشی در سال زراعی ۸۹-۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان اجرا گردید. این مزرعه در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان در منطقه لورک شهرستان نجف آباد و در عرض جغرافیایی ۲۲ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و۲۳ دقیقه شرقی واقع شده است. ارتفاع مزرعه از سطح دریا ۱۶۳۰ متر و طبق تقسیم بندی کوپن، دارای اقلیم بسیارگرم با تابستان‌های گرم و خشک می‌باشد. میانگین بارندگی و دمای سالیانه به ترتیب ۱۴۰ میلیمتر و ۱۴/۵ درجه سانتیگراد است.

مواد ژنتیکی مورد مطالعه به ۶۲ لاین نسل دوم حاصل از تیمار دو رقم کانولای بهاره به نام‌های RGS003 با منشاء آلمان و رقم ساری‌گل، با دز۱۲۰۰گری اشعه‌ی گاما (به منظور القای بیشترین میزان تنوع ژنتیکی) اختصاص یافت. از دو رقم مزبور به عنوان شاهد استفاده شد. بذور ارقام RGS003و ساری گل در سازمان انرژی اتمی کرج تحت تیمار با دز ۱۲۰۰ گری اشعه گاما قرار گرفتند. بذور پرتوتابی شده حاصل در اسفندماه ۱۳۸۷ درمزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در لورک نجف آباد، کشت شد و با ارزیابی‌های مورفولوژیک برای صفات زودرسی، مقاومت به شته، مقاومت به ریزش بذر، اجزای عملکرد و عملکرد تک بوته، تعداد ۳۰ بوته جهش یافته رقم ساری‌گل و۳۲ بوته جهش یافته رقم RGS003 انتخاب شد. بذور حاصل از ۶۲ بوته جهش یافته انتخابی در۲۰ اسفندماه سال ۱۳۸۸ به همراه ارقام RGS003 و ساری‌گل بعنوان ارقام شاهد در مزرعه پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در لورک-نجف آباد مورد ارزیابی قرار گرفت. بذور حاصل از هر بوته انتخابی در یک کرت با ۵ تکرار همراه با بذور شاهد در مزرعه کشت شده و به عنوان نسل دوم در مطاله حاضر مورد ارزیابی قرارگرفتند.

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۵ تکرار انجام شد. بذور در هر بلوک به صورت دستی و با فاصله ۴ سانتیمتر و در عمق ۳-۲سانتیمتر کشت شد. همچنین در آبیاری اول از علف کش فلورالین (ترفلان) به میزان ۲/۵ لیتر در هکتار جهت مبارزه با علف‌های هرز استفاده شد.

به منظور ارزیابی صفات، ۵ گیاه بصورت تصادفی از هر لاین در هر بلوک انتخاب و صفات روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰۰ دانه، عملکرد دانه در بوته، ریزش بذر و مقاومت به شته اندازه گیری شد. مقاومت به شته بر اساس میزان پیچیدگی برگ‌ها و میزان تجمع کلنی‌های شته بر روی ساقه‌ها و برگ‌ها در هر کرت با استفاده از مقیاس ۱ تا ۹ اندازه‌گیری شد. رتبه‌های ۱ تا ۳ بعنوان مقاوم و ۴ تا ۹ بعنوان حساس در نظر گرفته شد. میزان ریزش بذر نیز براساس ضربه زدن در پای

بوته‌ها در مرحله‌ی رسیدگی بذور و مشاهده‌ی میزان ریزش بذرها و همینطور میزان غلاف‌های شکافته شده به صورت رتبه‌ای از ۱ (ریزش کم) تا ۳(ریزش زیاد) ارزیابی گردید. تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۵ تکرار به منظور برآورد تنوع بین لاین‌های جهش‌یافته با استفاده از PROC GLM در نرم افزارSAS انجام گرفت. مقایسه میانگین لاین‌های جهش‌یافته و شاهد به روش حداقل تفاوت معنی‌دار فیشر ($LSD_{5\%}$) انجام شد.

به منظور درک روابط بین صفات مورد بررسی، ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی بین آن‌ها برای لاین‌های جهش‌یافته و شاهد محاسبه و از رگرسیون گام به گام به منظور تعیین صفاتی که بیشترین تاثیر را در ایجاد تنوع برای عملکرد دانه داشتند، استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها

نتایج تجزیه واریانس صفات زراعی مورد بررسی در ژنوتیپ های ساری گل وRGS003 (جداول ۱و۲) نشان داد که در هر دو رقم تفاوت بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ تمامی صفات در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. این امر نشان دهنده‌ی این است که پرتوتابی اشعه‌ی گاما تاثیر بسیار معنی‌داری در تنوع صفات مورد بررسی ایجاد نموده‌است.

مقایسه میانگین لاین‌های جهش‌یافته و ارقام شاهد نشان داد که لاین های جهش‌یافته نسل دوم دارای ارزش بیشتری از نظر صفات مورد بررسی می باشند. لازم به ذکر است که در میان لاین های جهش‌یافته، لاین هایی که ارزش صفاتشان کمتر از رقم مادری باشد نیز وجود داشت. و این امر نشان دهنده ی ماهیت تصادفی جهش‌های القا شده می باشد.

پرتوتابی اشعه‌ی گاما موجب کاهش معنی‌دار روز تا گلدهی لاین‌های نسل دومساری‌گل وRGS003شد که هر دو با شاهد اختلاف معنی‌داری نشان دادند (جداول ۳ و ۴). اهمیت ارقام زودرس به ویژه در مناطقی که طول فصل رشد کوتاه‌تر است، بیشتر می‌باشد. همچنین در کاشت تاخیری و یا کاشت دوم در تابستان که توزیع بهینه آب آبیاری بین محصولات پاییزه و بهاره دارای اهمیت می‌باشد، استفاده از ارقام زودرس به خصوص به دلیل مصرف آب کمتر بسیار مهم می‌باشد.

اعمال جهش با اشعه‌ی گاما، زودرسی را در دو رقم مورد مطالعه القاء نمود. لاین‌های جهش یافته شماره ۴، ۷ و۹ رقم RGS003و لاین جهش یافته شماره ۵ رقم ساری‌گل، به عنوان زودرس‌ترین لاین‌های جهش یافته ۵۷ روز پس ازکشت وارد مرحله گلدهی شدند و چرخه‌ی رشد خود را پس از ۱۰۷ و ۱۰۸ روز به پایان رسانیدند. در حالیکه چرخه‌ی رشد ارقام شاهد RGS003و ساری گل به ترتیب ۱۱۷ و ۱۲۷ روز به طول انجامید (جداول ۳ و ۴).

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات زراعی درلاین‌های جهش یافته و رقم شاهد ساری‌گل

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		روز تا گلدهی	روز تا رسیدگی	ارتفاع بوته	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن هزاردانه	عملکرد دانه
بلوک	۴	۴۹۰/۷**	۹۶/۶**	۱۴۲۶**	۲۹۶۳*	۲۵۸/۴	۰/۸۷	۱۴/۸
ژنوتیپ	۳۰	۵۴۹/۷**	۵۰۸**	۱۵۸۵/۳**	۵۰۵۳**	۵۰/۳**	۵/۶**	۵۲/۶**
اشتباه آزمایشی	۱۲۰	۳/۰۶	۰/۱۹	۳۶۷/۲	۳۲۰۱	۲۶/۹	۰/۶	۵/۷

** و *- به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ ٪

جدول۲- تجزیه واریانس صفات زراعی در لاین های جهش یافته و رقم شاهد RGS003

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		روز تا گلدهی	روز تا رسیدگی	ارتفاع بوته	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن هزاردانه	عملکرد دانه
بلوک	۴	۷۲/۸**	۳۱/۵**	۲۲۶/۳	۱۸۴۷/۴*	۹۸/۴۴	۰/۵۶	۷/۲
ژنوتیپ	۳۲	۴۳۶/۴**	۵۱۲/۱**	۵۸۷/۷**	۶۴۲۶**	۱۲۷/۳**	۱/۲۱**	۲۲**
اشتباه آزمایشی	۱۲۸	۱/۰۲	۰/۱۶	۱۳۶/۵	۱۷۸۵/۳	۲۳/۰۷	۳/۷	۲/۳

** و *- به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ ٪

زودرسی یکی از اهداف مهم در برنامه‌های به‌نژادی جهشی گیاهان زراعی می‌باشد (۲۴). تاگانا و همکاران (۳۶) با تیمار بذورکلزا با اشعه گاما در نسل دوم به کاهش معنی‌دار روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی لاین‌های جهش‌یافته نسبت به شاهد اشاره نمودند.

جهش‌زایی با اشعه گاما برای القاء پاکوتاهی در لاین‌های جهش یافته کلزا با موفقیت همراه بود. بطوریکه لاین‌های جهش‌یافته ساری‌گل و RGS003کاهش ارتفاع بوته را نسبت به شاهد نشان دادند که این کاهش ارتفاع بوته تنها در رقم ساری‌گل معنی‌دار بود. لاین‌های جهش‌یافته شماره ۲۹ ساری‌گل و شماره ۳۱ RGS003به ترتیب با ارتفاع ۴۹ و ۵۶ سانتی‌متر کوتاهترین لاین‌های جهش‌یافته مورد مطالعه بودند. در حالیکه ارتفاع بوته ارقام شاهد ساری گل و RGS003به ترتیب ۹۴ و ۷۷ سانتی‌متر بود (جداول ۳و ۴). کاهش ارتفاع گیاهان زراعی به خصوص گیاهان جنس براسیکا از مهم‌ترین اهداف اصلاحی می‌باشد. ارقام پابلند جنس براسیکا اغلب دچار خوابیدگی شده و در نتیجه ظرفیت عملکردی آن‌ها به منصه‌ی ظهور نمی‌رسد. در ضمن گیاهان پاکوتاه پاسخ بهتری به نهاده‌ها از جمله مقادیر بالای کود داشته و حتی تحت شرایط نامطلوب آب و هوایی دچار خوابیدگی نمی‌شوند و بنابراین عملکرد بیشتری تولید می‌نمایند (۱۵ و۱۸). جاوید و همکاران (۱۳) با تیمار بذور خردل با ۳ دز ۷۵۰، ۱۰۰۰ و ۱۲۵۰ گری اشعه گامابه کاهش معنی دار ارتفاع بوته لاین‌های جهش یافته نسبت به شاهد اشاره نمودند. شهزاد و همکاران (۳۰) با تیمار بذور برنج با دز ۲۰۰ گری اشعه گاما یک لاین جهش یافته بدست آوردند که ۱۳ روز زودرس تر و ۴۰ سانتی‌متر کوتاهتر از شاهد بود.

بیشترین تعداد غلاف در بوته در لاین‌های جهش‌یافته شماره ۲۶ ساری‌گل و شماره ۳۲ RGS003به ترتیب با ۳۲۵ و ۲۳۱ غلاف بدست آمد. در حالیکه تعداد غلاف در بوته ارقام شاهد ساری گل و RGS003به ترتیب ۸۷ و ۸۳ غلاف بود (جداول ۳و ۴). محققان زیادی به افزایش تعداد غلاف در بوته گیاهان جنس براسیکای تحت تیمار با اشعه گاما اشاره نموده‌اند (۳، ۶، ۲۶ و ۲۷). صدیقی و همکاران (۳۱) افزایش تعداد غلاف لاین‌های جهش‌یافته در مقایسه با شاهد را ناشی از تیمار بذور کلزا با اشعه گاما و EMS مشاهده کردند.

القاء جهش موجب کاهش معنی‌دار تعداد دانه در غلاف لاین‌های جهش‌یافته ساری‌گل و RGS003 نسبت به شاهد شد. بیشترین مقادیر این صفت برای شاهد ساری‌گل و کمترین آن در لاین‌های جهش‌یافته شماره ۲۴، ۲۷ و۳۰ ساری‌گل ثبت شد. تعداد دانه در غلاف ارقام شاهد ساری گل و RGS003به ترتیب ۲۱ و ۲۳ بود (جداول ۳و ۴). کاهش تعداد دانه در غلاف لاین های جهش یافته در مقایسه با ارقام شاهد نشان دهنده‌ی ماهیت تصادفی جهش های القا شده و همچنین اثرات مضر دز ۱۲۰۰ گری اشعه‌ی گاما می‌باشد (۱۷).

اگرچه شه و همکاران (۲۸ و۲۹) با تیمار بذور کلزا با اشعه گاما در نسل دوم لاین‌های جهش یافته با تعداد دانه‌ی بیشتر نسبت به شاهد بدست آوردند اما نتایج حاصل مبنی برکاهش تعداد دانه در غلاف در اثر تیمار با اشعه گاما توسط صدیقی و همکاران (۳۱) در کلزا و پاتیل و همکاران (۲۳) در سویا نیز تائید شده‌است. احتمالا افزایش تعداد غلاف در بوته در اثر پرتوتابی اشعه‌ی گاما موجب کاهش تعداد دانه‌های تشکیل شده در هر غلاف شده است.

القاء جهش با اشعه گاما موجب کاهش غیرمعنی‌دار وزن هزار دانه لاین‌های جهش‌یافته ساری‌گل نسبت به شاهد و افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه لاین‌های جهش یافته RGS003نسبت به شاهد شد. بطوری که بیشترین مقادیر این صفت برای لاین جهش یافته شماره ۳۰ RGS003 و کمترین آن در لاین‌های جهش یافته شماره ۲۴، ۲۷ و۳۰ ساری‌گل ثبت شد. وزن هزار دانه ارقام شاهد ساری گل و RGS003به ترتیب ۳/۱۲ و ۳/۴۰ گرم بود (جداول ۳و ۴). احتمالا کاهش تعداد دانه در غلاف موجب افزایش وزن هزار دانه لاین‌های جهش‌یافته RGS003گردیده است. جاوید و همکاران (۱۵) با تیمار بذور خردل و ختری و همکاران (۱۸)، صمدی گرجی و همکاران (۱)، کومار و همکاران (۲۰) و شه و همکاران (۲۸ و۲۹) با تیمار بذور کلزا با اشعه گاما افزایش وزن هزار دانه لاین‌های جهش‌یافته را نسبت به شاهد گزارش نمودند.

القاء جهش با اشعه گاما موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه لاین‌های جهش‌یافته ساری‌گل و RGS003 نسبت به شاهد شد (جداول ۳ و ۴). بیشترین مقادیر این صفت برای لاین جهش‌یافته شماره ۲۶ ساری‌گل و لاین شماره RGS00328 و کمترین آن برای لاین‌های جهش یافته شماره ۲۴، ۲۷ و۳۰ ساری‌گل و لاین شماره ۵ RGS003 مشاهده شد. عملکرد دانه ارقام شاهد ساری گل و RGS003به ترتیب ۷/۴۰ و ۸ گرم بود (جداول ۳و ۴). مقادیر بالای عملکرد دانه در بوته حاصل از افزایش تعداد غلاف در بوته و وزن هزار دانه لاین‌های جهش یافته می‌باشد که با گزارشات بگ (۴) مبنی بر وابستگی عملکرد دانه‌ی کلزا با صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه هماهنگی دارد. افزایش عملکرد لاین‌های جهش یافته نسبت به ارقام شاهد احتمالا به دلیل انتخاب لاین‌های جهش‌یافته برای صفات مقاومت به شته، عملکرد و اجزای عملکرد بالا می باشد. افزایش عملکرد دانه در بوته کلزا در اثر تیمار با اشعه گاما توسط سایر محققین نیز مشاهده شده است. ختری و همکاران (۱۸) و جاوید و همکاران (۱۵) در کلزا به افزایش عملکرد لاین‌های جهش یافته حاصل از تیمار اشعه گاما نسبت به شاهد اشاره نمودند.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های صفات زراعی لاین‌های جهش یافته نسل دوم و شاهد رقم ساری‌گل

تیمار	روز تا گلدهی	روز تا رسیدگی	ارتفاع بوته (cm)	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه در بوته (g)
شاهد	۸۲/۵ a	۱۲۷/۳ a	۹۴/۱ a	۸۷/۰۶ b	۲۰/۹۴ a	۳/۱۲a	۷/۴۳ b
جهش یافته	۷۶/۱۹ b	۱۲۰/۲ b	۷۱/۴۸ b	۱۱۱/۵۷ a	۱۲ b	۳/۰۶a	۸/۴۶ a

برای هر صفت تفاوت دو میانگین که دارای حرف مشابه می‌باشند با آزمون٪۵LSD معنی‌دار نیست

جدول ٤-مقایسه میانگین‌های صفات زراعی لاین‌های جهش‌یافته نسل‌دوم و شاهد در رقم RGS003

تیمار	روز تا گلدهی	روز تا رسیدگی	ارتفاع بوته (cm)	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه در بوته(g)
شاهد	۷۱/۱a	۱۱۷/۳ a	۷۷/۲۳ a	۸۳/۲۳ b	۲۲/۹۲ a	۳/۳۷ b	۸/۰۷ b
جهش یافته	۶۵/۳۷b	۱۱۳/۶ b	۷۰/۹۴ a	۱۰۹/۶ a	۱۴/۹۳ b	۳/۶۹ a	۹/۴۶ a

برای هر صفت تفاوت دو میانگین که دارای حرف مشابه می‌باشند با آزمون٪ ۵ LSD معنی‌دار نیست.

خصوصیات لاین‌های برتر نسل‌دوم

خصوصیات مورفولوژیک و فنولوژیک لاین‌های جهش‌یافته و تیمارهای شاهد ارقام ساری‌گل و RGS003 در جداول شماره ۵ و ۶ ارائه شده است. در هر رقم لاین‌هایی که از نظر دو یا چند صفت مورد بررسی وضعیت مطلوب‌تری نسبت به سایر لاین‌ها دارند، می‌توانند به عنوان لاین‌های برتر برای بررسی‌های متعاقب در نسل‌های پیشرفته انتخاب شوند.

بررسی و مقایسه لاین‌های جهش‌یافته ساری‌گل نشان داد که لاین شماره ۲۶ برترین لاین جهش‌یافته ساری‌گل از نظر تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در بوته بود. در ضمن این لاین جهش‌یافته متوسط رس و دارای ارتفاع بوته متوسط می‌باشد. این جهش‌یافته شماره ۲۵ علاوه بر دارا بودن مقادیر برتر برای عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته، لاین پاکوتاهی نیز بود. لاین شماره ۱۶ نیز دارای مقادیر برتر عملکرد دانه در بوته، وزن هزار دانه و تعداد غلاف در بوته بود. این شماره ۸ از نظر عملکرد دانه رتبه سوم را در میان لاین‌ها داشت. لاین شماره ۲ از نظر وزن هزار دانه در رتبه سوم و از نظر تعداد دانه در غلاف در رتبه دوم قرارگرفت. لاین شماره ۱۷ علاوه بر دارا بودن بیشترین تعداد دانه در غلاف، زودرس نیز بود. لاین شماره ۲۳ از نظر تعداد غلاف در بوته در رتبه سوم لاین‌های جهش‌یافته قرارگرفت. در ضمن تمامی لاین‌های برتر از لحاظ خصوصیات مورفوفنولوژیک ارقام ساری‌گل و RGS003 مقاوم به شته و دارای ریزش بذرکم تا متوسط بودند.

بررسی و مقایسه لاین‌های جهش‌یافته RGS003نشان داد که لاین‌های شماره ۲۸ و ۲۳ از نظر عملکرد دانه به ترتیب رتبه‌های اول و دوم را در میان لاین‌ها داشتند. لاین جهش‌یافته شماره ۹ علاوه بر دارا بودن مقادیر برتر برای عملکرد و وزن هزار دانه، زودرس‌ترین لاین جهش‌یافته بود. لاین‌های شماره ۳۰ و ۲۴ که از نظر وزن هزار دانه به ترتیب در رتبه‌های اول و سوم قرارگرفتند از نظر تعداد غلاف در بوته نیز رتبه‌های دوم و سوم را به خود اختصاص دادند. لاین شماره ۲۹ نیز از نظر وزن هزار دانه رتبه دوم را در میان لاین‌ها داشت. لاین شماره ۷ علاوه بر دارا بودن رتبه دوم از نظر تعداد دانه در غلاف، زودرس نیز بود. لاین شماره ۱۵ علاوه بر زودرسی و عملکرد نسبتا زیاد، لاین پاکوتاهی نیز بود.

همبستگی بین صفات

نتایج همبستگی های فنوتیپی و ژنتیکی بین صفات در لاین های جهش‌یافته نسل‌دوم در جدول ۷ ارائه شده است. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین صفات فنولوژیک روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی در لاین های جهش‌یافته مشاهده شد. همچنین این دو صفت با صفات تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه و عملکرد دانه همبستگی های منفی و معنی داری نشان دادند. بنابراین در لاین‌های جهش‌یافته، زودرسی با افزایش تعداد دانه در غلاف، وزن هزاردانه و عملکرد دانه در بوته همراه بوده است. ختری و همکاران (۱۸) نیز در لاین‌های جهش‌یافته کلزا، بین صفت روز تا رسیدگی با صفت عملکرد دانه در بوته همبستگی منفی و معنی‌داری را گزارش کردند.

همبستگی منفی و معنی‌داری بین ارتفاع بوته با تعداد دانه در غلاف در لاین‌های جهش‌یافته مشاهده شد. عدم تعادل در تخصیص مواد فتوسنتزی به رشد رویشی و زایشی می‌تواند در ایجاد این روابط منفی موثر باشد. بیلت (۵) در خردل و کرمزاده و همکاران (۱۷) در کلزا به همبستگی منفی میان ارتفاع بوته و تعداد دانه در غلاف اشاره نمودند.

جدول۵- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک و زراعی لاین‌های نسل دوم رقم ساری‌گل

شماره لاین	ارتفاع بوته(cm)	روز تا گلدهی	روز تا رسیدگی	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه در بوته (g)	مقاومت به شته	ریزش
۱	۵۵$^{b-f}$	۶۴^{m}	۱۱۳^{i}	۱۳۳/۶۶^{abc}	۱۱/۲۶$^{b-g}$	۳/۷^{ab}	۹/۵۴^{abc}	مقاوم	زیاد
۲	۷۱$^{a-d}$	۷۳^{igh}	۱۱۹^{f}	۸۶$^{a-d}$	۱۹/۸^{ab}	۳/۸^{ab}	۹/۳۹^{abc}	مقاوم	متوسط
۳	۷۰$^{a-d}$	۶۸^{l}	۱۱۵^{h}	۱۶۵/۳۳^{ab}	۱۴/۰۶$^{b-e}$	۳/۷۳^{ab}	۹/۳۲^{abc}	مقاوم	زیاد
۴	۷۸/۳۳^{abc}	۷۳^{igh}	۱۱۹^{f}	۹۳/۵$^{a-d}$	۸/۸$^{b-g}$	۳/۸۹^{ab}	۹/۸۸^{abc}	مقاوم	زیاد
۵	۶۷/۳۳$^{a-d}$	۵۷^{n}	۱۰۸^{J}	۵۸/۵^{bcd}	۱۴/۴۶$^{b-e}$	۳/۵۶^{ab}	۹/۲۴^{abc}	مقاوم	زیاد
۶	۸۰^{ab}	۶۹^{lk}	۱۱۵^{h}	۱۲۶/۳۳$^{a-d}$	۱۶/۳۳^{abc}	۳/۴۳^{ab}	۹/۵۵^{abc}	مقاوم	زیاد
۷	۷۲/۶۶$^{a-d}$	۶۴^{m}	۱۱۳^{i}	۱۰۷$^{a-d}$	۹/۶$^{b-g}$	۳/۱^{ab}	۹/۳۷^{abc}	مقاوم	زیاد
۸	۶۴/۵^{bcd}	۷۲^{hij}	۱۱۹^{f}	۱۵۵$^{a-d}$	۲۷/۶^{a}	۳/۸^{ab}	۱۰/۷۱^{ab}	مقاوم	متوسط
۹	۷۸/۶۶^{abc}	۷۱^{ijk}	۱۱۷^{g}	۷۸/۳۳$^{a-d}$	۱۴/۱۳$^{b-e}$	۳/۷۳^{ab}	۹/۱۸^{abc}	مقاوم	متوسط
۱۰	۷۲/۳۳$^{a-d}$	۷۱^{ijk}	۱۱۷^{g}	۸۳/۳$^{a-d}$	۱۵/۳۳$^{a-d}$	۳/۲۶^{ab}	۸/۹۶^{abc}	مقاوم	متوسط
۱۱	۶۵^{bcd}	۷۰^{jkl}	۱۱۷^{g}	۱۱۵$^{a-d}$	۱۲/۸۸$^{b-f}$	۲/۸۳^{ab}	۹/۱۴^{abc}	حساس	متوسط
۱۲	۷۴/۶۶$^{a-d}$	۷۰/۳۳^{jkl}	۱۱۷^{g}	۷۷$^{a-d}$	۱۲$^{b-f}$	۳/۶^{ab}	۹/۰۴^{abc}	مقاوم	زیاد
۱۳	۱۰۷/۳۳^{a}	۷۵^{efg}	۱۲۲^{e}	۱۰۱/۲۵$^{a-d}$	۱۲/۸۵$^{b-f}$	۳/۶^{ab}	۸/۷^{abc}	حساس	متوسط
۱۴	۸۴/۶۶^{ab}	۷۷/۳۳	۱۲۴^{d}	۴۸^{bcd}	۱۰$^{b-g}$	۳/۱۲^{ab}	۹/۷۱^{abc}	حساس	متوسط
۱۵	۸۱^{ab}	۷۶^{def}	۱۲۲^{e}	۱۱۸/۳۳$^{a-d}$	۸/۹۳$^{b-g}$	۳/۴^{ab}	۸/۸۳^{abc}	حساس	متوسط
۱۶	۵۷$^{f-b}$	۷۸^{d}	۱۲۴^{d}	۲۰۴^{b}	۱۹/۵^{ab}	۴/۴۲^{b}	۱۱/۵۵^{b}	مقاوم	کم
۱۷	۸۳/۶۶^{ab}	۶۳/۳۳^{m}	۱۱۳^{i}	۱۶۴/۳۳^{ab}	۲۱/۵۳^{ab}	۳/۲۳^{ab}	۹/۵۸^{abc}	مقاوم	متوسط
۱۸	۸۱^{ab}	۷۱^{ijk}	۱۱۷^{g}	۱۴۵^{abc}	۱۰/۶$^{b-g}$	۲/۸^{ab}	۸/۹۷^{abc}	حساس	متوسط
۱۹	۵۷$^{b-f}$	۷۴/۳۳^{fgh}	۱۲۲^{e}	۹۰$^{a-d}$	۸$^{b-g}$	۲/۴^{b}	۹^{abc}	حساس	کم
۲۰	۸۳/۶۶^{ab}	۷۵^{efg}	۱۲۲^{e}	۹۲/۵$^{a-d}$	۸/۳$^{b-g}$	۲/۴^{b}	۸/۸۶^{abc}	مقاوم	کم
۲۱	۷۹/۶۶^{ab}	۷۶^{def}	۱۲۲^{e}	۱۲۹$^{a-d}$	۱۴$^{b-e}$	۳/۲^{ab}	۹/۱۷^{abc}	مقاوم	متوسط
۲۲	۵۴/۵^{b}	۷۳^{igh}	۱۱۹^{f}	۱۲۷$^{a-d}$	۱۴/۸$^{b-e}$	۲/۸^{ab}	۹/۱۱^{abc}	حساس	متوسط
۲۳	۷۸^{abc}	۷۱^{ijk}	۱۱۷^{g}	۱۹۰^{ab}	۱۱/۴$^{b-g}$	۳/۰۸^{ab}	۹/۴۲^{abc}	مقاوم	کم
۲۴	۷۸/۶۶^{abc}	۸۳^{c}	۱۲۸^{c}	۰^{cd}	۰^{g}	۰^{c}	۰^{e}	حساس	ــــ
۲۵	۸۷/۳۳^{ab}	۱۱۲^{a}	۱۳۰^{a}	۲۰۴^{b}	۱۹/۵^{ab}	۴/۴۲^{b}	۱۱/۵۵^{b}	مقاوم	کم
۲۶	۸۲/۶۶^{ab}	۷۸^{d}	۱۲۴^{d}	۳۲۵^{a}	۱۴$^{b-e}$	۴/۹^{a}	۱۳/۸۹^{a}	مقاوم	متوسط
۲۷	۵۶$^{b-f}$	۷۸^{d}	۱۲۴^{d}	۰^{cd}	۰^{g}	۰^{c}	۰^{e}	حساس	ــــ
۲۸	۵۵$^{b-f}$	۱۱۲^{a}	۱۳۰^{a}	۳۲^{cd}	۵/۷$^{c-g}$	۲/۷^{ab}	۶/۰۲$^{a-d}$	حساس	زیاد
۲۹	۴۹$^{b-f}$	۱۰۵/۳۳	۱۲۸^{c}	۳۲^{cd}	۵/۷$^{c-g}$	۲/۷^{ab}	۶/۰۲$^{a-d}$	حساس	زیاد
۳۰	۵۷$^{b-f}$	۸۵^{c}	۱۲۹^{b}	۰^{cd}	۰^{g}	۰^{c}	۰^{e}	حساس	ــــ

برای هر صفت تفاوت دو میانگین که دارای حرف مشابه می‌باشند با آزمون٪۵LSD معنی‌دار نیست.

همچنین چوهان و کومار (۷)، رحمان و داس (۲۵) و شه و همکاران (۲۸ و۲۹) نیز در بررسی روابط بین صفات لاین‌های جهش یافته کلزا و خردل به همبستگی منفی بین ارتفاع بوته و اجزای عملکرد کلزا اشاره نموده‌اند. عدم وجود همبستگی معنی دار میان ارتفاع بوته و عملکرد دانه در این مطالعه با نتایج تونکتور و سیفتسی (۳۷) در کلزا مطابقت دارد.

صفت تعداد غلاف در بوته با صفات تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در بوته لاین‌های جهش‌یافته همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد. در میان صفات مورد بررسی، صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با عملکرد دانه در بوته نشان دادند. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد و اجزاء عملکرد توسط کرمزاده و همکاران (۱۷)، بگ (۴)، ختری و همکاران (۱۸)، یاداوا و همکاران (۳۹) ،کندیل (۱۶) و هابیکوت (۱۳) در کلزا گزارش شده است.

جدول ٦- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک و زراعی لاین‌های نسل دوم رقمRGS003

شماره لاین	ارتفاع بوته(cm)	روز تا گلدهی	روز تا رسیدگی	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه در بوته (g)	مقاومت به شته	ریزش
۱	۷۲/۶۶^{ab}	۶۰^{g}	۱۰۹^{i}	۶۳^{fgh}	۱۸$^{a-e}$	۳/۵۲$^{b-e}$	۹/۸۳$^{a-d}$	مقاوم	زیاد
۲	۵۷/۶۶^{d}	۷۱^{b}	۱۱۷^{b}	۷۲/۸$^{e-h}$	۱۲/۶$^{d-j}$	۳/۶۶$^{b-e}$	۸/۹۷$^{a-e}$	مقاوم	کم
۳	۷۴^{ab}	۶۴^{e}	۱۱۳^{e}	۱۵۲/۶$^{a-d}$	۱۵/۴۸$^{c-h}$	۳/۴$^{c-f}$	۹/۸۸$^{a-d}$	مقاوم	متوسط
۴	۶۲/۳۳^{ab}	۵۷^{h}	۱۰۷^{i}	۸۵/۲$^{d-h}$	۱۱/۸۸$^{e-j}$	۳/۹۱$^{a-e}$	۹/۳۶$^{a-e}$	حساس	متوسط
۵	۷۱/۳۳^{ab}	۶۹^{c}	۱۱۵^{c}	۸۰/۲$^{e-h}$	۹/۶۴$^{g-k}$	۲/۳۶^{f}	۷/۶۱$^{c-f}$	حساس	کم
۶	۷۵/۶۶^{ab}	۶۴^{e}	۱۱۳^{e}	۱۴۶$^{a-d}$	۱۸/۰۸$^{a-e}$	۳/۲۶$^{c-f}$	۹/۸۸$^{a-d}$	مقاوم	زیاد
۷	۷۶/۶۶^{ab}	۵۷^{h}	۱۰۸^{i}	۶۱^{fgh}	۲۳/۷۶^{a}	۳/۵۲$^{b-e}$	۹/۵۲$^{a-d}$	مقاوم	زیاد
۸	۷۵^{ab}	۶۰^{g}	۱۱۱^{g}	۱۰۱$^{c-f}$	۱۶/۱۲$^{b-g}$	۳/۶۴$^{b-e}$	۹/۹۷$^{a-d}$	مقاوم	متوسط
۹	۷۵^{ab}	۵۷^{h}	۱۰۷^{i}	۸۹$^{d-h}$	۲۲/۷^{abc}	۳/۶۵$^{a-e}$	۱۰/۴۳^{ab}	مقاوم	متوسط
۱۰	۸۰/۳۳^{b}	۶۰^{g}	۱۱۱^{g}	۹۳/۷۵$^{c-g}$	۱۶/۶۵$^{b-f}$	۳/۴۸$^{b-e}$	۹/۵۱$^{a-d}$	مقاوم	کم
۱۱	۷۱/۶۶^{ab}	۶۴^{e}	۱۱۱^{e}	۶۱/۶^{fgh}	۹/۵۲$^{h-k}$	۲/۸۷$^{c-f}$	۷/۶۸$^{c-f}$	حساس	زیاد
۱۲	۶۲/۶۶^{ab}	۷۱^{b}	۱۸۸^{b}	۵۸^{fgh}	۱۲/۵۵$^{d-j}$	۳/۴$^{b-e}$	۶/۷۵^{gf}	مقاوم	متوسط
۱۳	۷۷/۳۳^{ab}	۶۸^{cd}	۱۱۴^{c}	۷۷/۸$^{e-h}$	۱۴/۴$^{c-j}$	۳/۲۲^{def}	۹/۴۵$^{a-d}$	مقاوم	زیاد
۱۴	۶۵/۳۳^{ab}	۶۴^{e}	۱۱۲^{e}	۸۳/۶$^{d-h}$	۲۴/۰۴^{a}	۳/۵۶$^{b-e}$	۹/۵۹$^{a-d}$	مقاوم	زیاد
۱۵	۶۲/۳۳^{ab}	۶۲^{f}	۱۱۰^{h}	۷۵$^{e-h}$	۱۴/۳۲ $^{c-j}$	۳/۴۴$^{c-f}$	۹/۰۰۸$^{a-e}$	حساس	کم
۱۶	۵۶/۳۳^{d}	۷۳^{a}	۱۱۹^{c}	۱۵/۲^{h}	۴/۶۴^{k}	۲/۹۵$^{c-f}$	۴/۵^{g}	مقاوم	کم
۱۷	۵۹^{c}	۷۳^{a}	۱۱۹^{c}	۹۸$^{c-g}$	۷^{k}	۳/۷۶$^{c-f}$	۸/۹۳$^{a-e}$	مقاوم	کم
۱۸	۸۴/۶۶^{a}	۶۴^{e}	۱۱۳^{e}	۶۹/۴^{fgh}	۸/۷۶^{ijk}	۲/۸^{f}	۶/۷۵^{gf}	حساس	زیاد
۱۹	۸۴/۶۶^{a}	۶۷^{d}	۱۱۵^{c}	۱۲۰$^{b-f}$	۱۰/۰۸$^{f-k}$	۴/۲۵^{abc}	۹/۵۶$^{a-d}$	حساس	زیاد
۲۰	۸۳/۳۳^{b}	۶۹^{c}	۱۱۵^{c}	۷۲$^{e-h}$	۸/۹$^{h-k}$	۳/۷$^{b-e}$	۹/۱۱$^{a-e}$	مقاوم	زیاد
۲۱	۶۵/۶۶^{ab}	۶۴^{e}	۱۱۳^{e}	۲۲^{h}	۱۱/۰۵$^{f-k}$	۴/۰۵$^{b-e}$	۹/۲۷$^{a-e}$	مقاوم	متوسط
۲۲	۶۷^{c}	۷۱^{b}	۱۱۷^{b}	۱۰۱/۵^{g}	۹/۰۴$^{h-k}$	۴/۰۵$^{b-e}$	۹/۷۴$^{a-d}$	مقاوم	کم
۲۳	۷۳/۳۳^{ab}	۶۲^{f}	۱۱۲^{f}	۱۰۲/۵$^{c-g}$	۲۳/۱^{a}	۴/۰۴$^{a-d}$	۱۰/۵۳^{ab}	مقاوم	متوسط
۲۴	۷۹/۶۶	۷۲^{ab}	۱۱۹^{a}	۱۹۴^{a}	۱۷/۸$^{a-e}$	۴/۶۲^{ab}	۱۰/۱۷^{abc}	مقاوم	متوسط
۲۵	۷۵/۶۶^{ab}	۶۴^{e}	۱۱۴^{d}	۱۲۰$^{b-f}$	۸/۶^{ijk}	۳/۳۷$^{a-d}$	۹/۱۶$^{a-e}$	مقاوم	زیاد
۲۶	۷۲/۶۶^{ab}	۶۲^{f}	۱۱۲^{f}	۷۴/۴$^{e-h}$	۱۸/۴۷$^{a-d}$	۳/۳۲^{def}	۹/۵۳$^{a-d}$	مقاوم	متوسط
۲۷	۷۳/۶۶^{ab}	۶۴^{e}	۱۱۳^{e}	۱۲۰$^{b-f}$	۱۳/۱۲$^{c-j}$	۳/۵۳$^{a-e}$	۹/۷۷$^{a-d}$	حساس	متوسط
۲۸	۷۲/۳۳^{ab}	۶۲^{f}	۱۱۲^{f}	۱۶۳^{abc}	۲۰/۸^{ab}	۳/۹۷$^{a-d}$	۱۰/۸۹^{a}	مقاوم	کم
۲۹	۸۳^{a}	۶۹^{c}	۱۱۵^{c}	۱۶۰/۵^{abc}	۱۲/۵۲$^{d-j}$	۴/۹^{a}	۹/۶۷$^{a-d}$	مقاوم	متوسط
۳۰	۶۵^{ab}	۷۱^{b}	۱۱۷^{b}	۲۲۷^{ab}	۸.۲۵^{ijk}	۵/۳^{abc}	۱۰/۰۱^{abc}	مقاوم	متوسط
۳۱	۵۶ ^{d}	۷۳^{a}	۱۱۹^{a}	۸۱/۶۶$^{d-h}$	۹/۰۶$^{h-k}$	۴/۰۶$^{a-d}$	۹/۲$^{a-e}$	حساس	کم
۳۲	۶۴/۲۳^{ab}	۶۴^{e}	۱۱۳	۲۳۱/۳۳^{ab}	۱۲/۷$^{c-j}$	۴/۱$^{a-d}$	۱۰/۰۱^{abc}	حساس	کم

برای هر صفت تفاوت دو میانگین که دارای حرف مشابه می‌باشند با آزمون٪LSD۵ معنی‌دار نیست.

بیشترین ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه در بوته و اجزا عملکرد حاصل شد. بطوریکه بیشترین میزان همبستگی بین عملکرد دانه در بوته و وزن هزاردانه بدست آمد (r = ۰/۹۱**). همبستگی‌های بالای بین این صفات می‌تواند حاکی از وجود پیوستگی ژنی، آثار پلیوتروپی ژن‌ها و آثار محیطی باشد (۲، ۹ و۳۲). به هر حال همبستگی مثبت عملکرد با اجزاء عملکرد حاکی از آن است که انتخاب لاین‌های جهش‌یافته با تعداد غلاف، تعداد دانه و وزن هزاردانه بیشتر احتمالا به افزایش عملکرد منجر خواهدگردید و بنابراین این اجزا در برنامه‌های اصلاحی بعنوان انتخاب غیرمستقیم برای عملکرد دانه می‌تواند بکار رود.

جدول ۷- ضرایب همبستگی ژنتیکی (بالای قطر) و فنوتیپی (پائین قطر) بین صفات زراعی لاین‌های جهش یافته

صفات	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷
۱ تعداد روز تا گلدهی	۱	۰/۹۲	۰/۶۹	-۰/۰۷	-۰/۴۵	-۰/۳۷	-۰/۳۹
۲ تعداد روز تا رسیدگی	۰/۶۵**	۱	۰/۳۶	-۰/۱	-۰/۵۴	-۰/۴۴	-۰/۵۱
۳ ارتفاع بوته(cm)	۰/۶۷**	۰/۳۶**	۱	۰/۱۳	۰/۲۳	-۰/۲۸	-۰/۲۶
۴ تعداد غلاف در بوته	- ۰/۰۹۶	-۰/۰۸۳	۰/۱۵	۱	۰/۵۱	۰/۷۴	۰/۷۲
۵ تعداد دانه در غلاف	-۰/۴۱**	- ۰/۵۱**	۰/۱۸	۰/۴۷**	۱	۰/۲۹	۰/۷۹
۶ وزن هزار دانه(g)	-۰/۳۴**	- ۰/۴۳**	-۰/۲۵*	۰/۶۹**	۰/۲۸	۱	۰/۸۵
۷ عملکرد دانه در بوته(g)	-۰/۳۹**	-۰/۴۹**	- ۰/۲۲	۰/۷۰**	۰/۷۶**	۰/۹۱**	۱

** و *- به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ ٪

جدول ۸- نتایج تجزیه رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد دانه در لاین‌های جهش یافته نسل دوم، (n=٦۲)

صفات	پارامترهای مدل	R^2جزء	R^2مدل	F
وزن هزار دانه	۴/۳۲	۰/۵۲	۰/۵۲	۲۹/۹۷**
تعداد دانه در غلاف	۰/۵۰	۰/۲۶	۰/۷۸	۳۲/۹۸**
تعداد غلاف در بوته	۰/۰۸	۰/۰۷۸	۰/۸۶	۱۴/۶۷**
روز تا رسیدگی	-۰/۰۹	۰/۰۳۰	۰/۸۹	۶/۹۲*
عرض از مبدا	-۱۸/۲۶	____	____	۳۶/۷۷**

در ضمن همبستگی منفی عملکرد با روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی حاکی از آن است که انتخاب لاین‌های زودرس احتمالا به افزایش عملکرد منجر خواهد گردید.

رگرسیون مرحله‌ای

نتایج رگرسیون مرحله‌ای در جدول ۸ ارائه شده‌است. بررسی روابط بین متغیرها و عملکرد دانه لاین‌های جهش‌یافته توسط رگرسیون مرحله‌ای نشان داد که وزن هزار دانه به تنهایی ۵۲ درصد از تغییرات عملکرد دانه در بوته را توجیه کرده‌است. این صفت به همراه تعداد دانه در غلاف در مجموع ۷۸ درصد از تغییرات عملکرد دانه در بوته را تبیین نمودند. صفت بعدی که وارد مدل شد تعداد غلاف در بوته بود که همراه با دو صفت قبلی در مجموع ۸۶ درصد تغییرات را توجیه نمودند. در نهایت آخرین صفت وارد شده در مدل رگرسیون، صفت روز تا رسیدگی بود که با سه صفت قبلی در مجموع ۸۹ درصد از تغییرات عملکرد دانه در بوته را توجیه نمودند . نتایج حاصل از رگرسیون مرحله‌ای با ضرایب همبستگی که حاکی از همبستگی بالا بین عملکرد دانه در بوته با وزن هزار دانه، تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته بود هماهنگی داشت (جدول ۸). نتایج مطالعه‌ی حاضر با گزارش کندیل (۱۶) که روز تا رسیدگی، وزن هزار دانه و تعداد غلاف در بوته بیشترین سهم را در توجیه تغییرات عملکرد دانه کلزا داشتند، مطابقت داشته‌است. به همین ترتیب لیلاه و ال خطیب (۲۱) نشان دادند که وزن هزار دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و روز تا رسیدگی ۹۷ درصد تغییرات عملکرد دانه کلزا را توجیه نمودند به طوریکه وزن هزار دانه به تنهایی ۹۵/۱ درصد از تغییرات عملکرد دانه را تبیین کرد.

نتیجه گیری

تفاوت معنی‌دار بین لاین‌های جهش‌یافته از نظر تمامی صفات مورد بررسی نشان‌دهنده وجود تنوع بین آن‌ها بوده است. با توجه به این که در این مطالعه ارقام شاهد و لاین‌های جهش‌یافته حاصل از آن‌ها اختلاف بسیار معنی‌داری از لحاظ صفات زراعی و مورفولوژیک بجز صفات ارتفاع بوته در رقم RGS003و وزن هزار دانه در رقم ساری‌گل داشتند، بنابراین امکان گزینش لاین‌های جهش‌یافته برای صفات مورفولوژیک و زراعی وجود دارد. نتایج حاصل از بررسی همبستگی میان صفات و رگرسیون مرحله‌ای موید یکدیگر بودند. به گونه‌ای که در تعیین ضرایب همبستگی، صفت وزن هزار دانه بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه دارا بود. در روش رگرسیون مرحله‌ای نیز این صفت به تنهایی بیشترین ضریب تبیین را به خود اختصاص داد. نتایج تجزیه رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد دانه در بوته بعنوان متغیر وابسته درلاین‌های جهش‌یافته و شاهد نشان داد که صفات وزن هزاردانه، تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته

صفات مهمی در انتخاب برای عملکرد می‌باشند. بنابراین جهت رسیدن به یک پاسخ موثر و افزایش عملکرد لازم است گزینش لاین های جهش‌یافته برای این صفات به طور همزمان انجام گیرد. بر اساس نتایج القای جهش با پرتوتابی، لاین‌های جهش یافته شماره ۹ RGS003و شماره ۱۶، ۲۵ و ۲۶ ساری‌گل بعنوان برترین لاین‌های جهش یافته نسل دوم از نظر زودرسی، عملکرد و اجزای عملکرد شناخته شدند که در برنامه‌های اصلاحی، جهت بهبود همزمان خصوصیات زراعی قابل استفاده می‌باشند.

منابع

۱- صمدی گرجی، م.، ن. بابائیان و ن. باقری. ۱۳۸۸. بررسی پرتوتابی گاما بر جوانه زنی و برخی خصوصیات مورفولوژیکی دو رقم کلزا (*Brassica napus* L.). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۱۶: ۳۲۴- ۳۱۵.

2- Agrama, H. A. S. 1996. Sequential path analysis of grain yield and its component in maize. Plant Breed.115:343-346

3- Auld, D. L., M. K. Heikkinen,D. A.Erickson,J. L., Sernyk, and J. E. Romero. 1992. Rapeseed mutants with reduced levels of polyunsaturated fatty acids and increased levels of oleic acid. Crop Sci.32: 657-662.

4- Beg, A. 1984. Status of rapeseed and mustard in Pakistan. In: Manual on rapeseed and mustard, production technology, oilseeds programme.Pakistan Agricultural ResearchCouncil, Islamabad, pp: 1–10.

5- Belete, Y.S. 2011. Genetic variability, correlation and path analysis studies in Ethiopian mustard (*Brassica carinata* A. Brun) genotypes. IntJ Plant Breed Genet.5: 328-338.

6- Canola council of Canada. 1990. Canola oil and meal: Standards and regulations. Canola Council of Canada. Winnipeg, Canada. 4pp.

7- Chauhan, Y. S., and K.Kumar. 1986. Gamma ray induced chocolate seeded mutant in Brassica campestris var Yellow Searson. Current Science, India.55: 410.

8- Cowling, W. A. 2007. Genetic diversity in Australian canola and implications for crop breeding for changing future environments. Field Crops Res. 104: 103-111.

9- Falconer, D.S. 1996. Introduction to Quantitative Genetics. 4th ed. Longman, New York.

10- FAO STAT. 2011. Available online at: http://faostat.fao.org/site /339/default. aspx/. htm (Accessed 25 January, 2013).

11-FAO STAT. 2012. Available online at : http://faostat.fao.org /site /339/ default. aspx/ htm. (Accessed 25 January, 2013).

12- Ferrie, A.M.R., D.C. Taylor,S.L. MacKenzie,G. Rakow,J.P. Raneyand W.A.Keller. 2008. Microspore mutagenesis of *Brassica* species for fatty acid modifications: a preliminary evaluation. Plant Breed. 127: 501-506.

13-Habekotte, B. 1993. Quantitative analysis of pod formation, seed set and seed filling in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) under field crop conditions.Field Crops Res.35: 27-33.

14- Jain, S. M. 2005. Major mutation-assisted plant breeding programs supported by FAO/IAEA. Plant Cell Tiss Org Cult. 82: 113-123.

15- Javed, M. A. K., I.Ahmed khan, M.Ahmad, M.Seddiqui and A. G. Arain. 2000. Utilization of gamma irradiation for the genetic improvement of oriental mustard (*Brassica juncea* L.). Pak JBot. 32: 77-83.

16- Kandil, A. A. 1983. Effects of sowing date on yield components and some agronomic characters of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Proceeding of 6th International Rapeseed Conference, Paris, France.Pp. 289-296.

17- Karamzadeh, A., H.R.Mobasser, V.Ramee and A.Ghanbari- Malidarreh. 2010. Effects of nitrogen and seed rates on yield and oil content of canola (*Brassica napus* L.). Am Eurasian J Agric Environ Sci. 8: 715-721.

18- Khatri A., I.Ahmedkhan, M.Seddiqui, R.Saboohi and G. Niazamani. 2005. Evaluation of high yielding mutants of *Brassica juncea* developed through gamma rays and EMS. Pak J Bot. 37: 279-284.

19- Kumar, R. a. Y. S. 1996. Effect of gamma rays and EMS on seed germination and plant survival of *Pisum sativum* L. and *Lens culinaris*. Med Neo Bot. 4: 25-29.

20- Kumar, H., K.Anubha, K.Vishwakarma and J. P.Lal. 2011. Morphological and molecular characterization of *Brassica rapa* ssp. sarson mutants. J Oilseed Brassica. 2: 1-6.

21- Lailah, A. A. and S. A.Al-Khateeb. 2005. Yield analysis of canola (*Brassica napus* L.) using some statistical procedures. J Biol Sci. 12: 103-113.

22- Mutant Varieties Database. 2008. Available online at: http://www.infocris.iaea.org/ MVD.

23- Patil A., Taware S. P., and Raut V. M. 2011. Induced variation in quantitative traits due to physical (gamma rays), chemical (EMS) and combined mutagen treatments in soybean (*Glycine max* L.). Soybean Genetics Newsletter, Vol. 1. 31. Available online at http://www.soygenetics.org/articlefiles/40. (Accessed 20 January 2013).

24-Pawar, S. E. 1991. Use of induced mutations in the breeding of pulse crops. 1: 413-418.Proceeding of IAEA Symposium on Plant Mutation Breeding for Crop Improvement. June 18-22. IAEA. Vienna.

25- Rahman A. M. and L. Das. 1993. Evolution of improved varieties of rapeseed/ mustard throught induced mutation. Mut Breed Rev.11-12.

26- Salimath P. M., C.Toker, J. S. Sandhu,J.Kumar, B.Suma, S. S. Yadav and P. N. Bahl. 2007. Conventional breeding

methods: Chickpea breeding and management. CAB International, Wallingford. 369–390.
27- Schnurbush T., C.Mollers and H. C.Becker. 2000. A mutant of *Brassica napus* with increased palmitic acid content.Plant Breed. 119: 141-144.
28- Shah S. A., I.Ali and K.Rahman. 1990. induction and selection of superior genetic variables of oilseed rape (*Brassica napus* L.). The Nucleus 27: 37-40.
29- Shah S. A., A.Iftikhar, K.Rahmkhan and A.Mumtaz. 2005. 'NIFA mustard canola'- First mutant variety of oil seed mustard (*Brassica juncea* L.) in Pakistan.Mut Breed Rev Newsl. No. 1
30- Shehzad T., A.Allah, A.Abdoallah, M.Ammar and F. Abdelkhalik. 2011. Agronomic and molecular evaluation of induced mutant rice (*Oryza sativa* L.) lines in Egypt. Pak J Bot. 43: 1183- 1194.
31- Siddiqui A., I.Ahmed khan and A.Khatri. 2009. Induced quantitative variability by gamma rays and ethyl methane sulfonat alone and in combination in Rapeseed (*Brassica napus*L.). Pak J Bot. 41: 1189-1195.
32- Sleper D.A., and J. M.Poehlman. 2006. Breeding Field Crops. 6th edition Van Nostrand Reinhold Company. New York. 724 p.
33- Symonds, V. V., and A. M.Lioyd. 2003. An analysis of microsatellite loci in *Arabidopsis thaliana* mutational dynamics and application. Genetics 165: 1475– 1488.
34- Szarejko I., and B. P.Forster. 2007. Doubled haploidy and induced mutation. Euphytica 158:359-370.
35- Thagana W. M., C. M. Ndirangu,E. O.Omolo, T. C.Riungu, and M. G. Kinyua. 2005. Variability in M2 generations and characteristics of selected advanced mutant lines of rapeseed.. Proceedings of the African Crop Science Conference, 5-9th December, Kampala, Uganda.Pp. 199-201
36- Thagana W. M., C. M. Ndirangu,E. O . Omolo,T. C.Riungu, and M. G. Kinyua. 2006. Variability in M2 generations and characteristics of advanced mutant lines of rapeseeds (*Brassica napus* L.). Proceedings of the 10th KARI Biennial Scientific Conference. 12-17 November, Nairobi, Kenya.
37- Tuncturk M., and V.Ciftci. 2007. Relationship between yield and some yield components in rape seed (*B. napus* L.) cultivars by using correlation and path coefficient. PakJ Bot. 39: 81-84.
38- Velasco L., J.M. Fernandez-martinez, and A.Haro. 2008. Inheritance of reduced linolenic acid content in the Ethiopian mustard mutant N2-4961. Plant Breed. 121: 263-265.
39- Yadava T.P., H.Singh, V.P. Gupta, and R.K. Rana. 1974. Heterosis and combining ability in raya for yield and its components. Indian J Genet Plant Breed. 34: 684-695.