دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

گزینش ژنوتیپ‌های پرمحصول با عملکرد روغن بالا در لاین‌های جهش یافته کلزا (*Brassica Napus* L.)

مهرزاد احمدی[۱]، منصور امیدی[۲]، بهرام علیزاده[۳] و علی‌اکبر شاه نجات بوشهری[۴]

۱ و ۴- دانشجوی دکتری و استاد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۲- استاد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، (نویسنده مسوول:momidi@ut.ac.ir)
۳- دانشیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج
تاریخ دریافت: ۹۶/۲/۹ تاریخ پذیرش: ۹۶/۶/۱۹

چکیده

به‌منظور مقایسه عملکرد و اجزای عملکرد ۱۶ لاین جهش‌یافته کلزا (*Brassica napus* L.)، به همراه رقم‌های طلایه، زرفام، اکسپرس و شاهد اوکاپی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در طی سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج انجام شد. تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از حیث طول دوره رویش و عملکرد دانه و روغن بود. همچنین نتایج آزمایش نشان داد که لاین جهش‌یافته Z-800-6 بیشترین عملکرد دانه و روغن را نسبت به شاهد اوکاپی داشت. بیشترین و کمترین تعداد روز تا رسیدگی با ۲۵۶ و ۲۳۸ روز به ترتیب مربوط به لاین‌های جهش‌یافته T-800-6 و Exp-900-1 بود. تجزیه به مولفه‌های اصلی، سه مولفه را مشخص کرد که بیش از ۷۹ درصد از تنوع موجود را توجیه کردند که به ترتیب عملکرد دانه، زمان گلدهی و عملکرد روغن بودند. بر مبنای نتایج رگرسیون گام‌به‌گام صفات تعداد خورجین در بوته و در شاخه‌های فرعی، طول خورجین در ساقه اصلی و وزن هزار دانه بیشترین تغییرات صفت عملکرد را توجیه کردند و می‌توان از این صفات به عنوان یک شاخص برای اصلاح در جهت افزایش عملکرد دانه و روغن استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به مولفه‌های اصلی، عملکرد دانه، کلزا و جهش‌یافته

مقدمه

تولید روغن خوراکی در ایران، تنها ده درصد مصرف سالیانه کشور را تامین کرده و جوابگوی نیاز مصرف‌کننده داخل کشور نیست (۸). کلزا با نام علمی *Brassica napus* L. (2n=38) بعد از سویا رتبه دوم از حیث تولید دانه و پس از سویا و نخل روغنی رتبه سوم از حیث تولید روغن را به خود اختصاص داده است. میزان تولید جهانی دانه کلزا در سال زراعی ۲۰۱۳-۲۰۱۴ برابر ۷۱/۵ میلیون تن بوده و چین، کانادا، هندوستان، اتحادیه اروپا به ویژه کشورهای فرانسه، آلمان و انگلستان – عمده‌ترین تولیدکنندگان کلزا و کشور کانادا مهم‌ترین صادر کننده دانه و روغن کلزا هستند (۸). کلزا یکی از گیاهان روغنی است که توانایی جبران کمبود روغن خوراکی در ایران را دارد. عوامل زیادی سبب کاهش عملکرد این محصول می‌شود که یکی از مهم‌ترین آنها عدم دسترسی به ارقام پرمحصول است. بدین منظور توسعه ارقام پرمحصول شکاف بین تولید داخلی و واردات روغن خوراکی را در کشور پر خواهد کرد (۱۳). افزایش تنوع ژنتیکی امکان انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب را فراهم می‌کند (۱۱). اگرچه اکثر گونه‌های Brassica خودناسازگار هستند، گونه آمفی‌دیپلوئید *Brassica napus* خودسازگار بوده (۲۲) و روش‌های اصلاحی آن با تکیه بر توسعه گیاهان خودگشن استوار است (۴). عموما گیاهان خودبارور تنوع ژنتیکی کمی دارند. روش‌های متعددی برای افزایش تنوع ژنتیکی در اصلاح گیاهان وجود دارد. یکی از این روش‌ها به‌نژادی از طریق ایجاد جهش است. جهش منبع مهمی برای القاء تنوع در گیاهان است. القاء جهش به صورت موفقیت‌آمیزی برای اصلاح صفات اقتصادی و صفات کیفی در مدت زمان کوتاه استفاده می‌شود (۱۵). به‌نژادی جهشی به طور موفقیت‌میزی در کلزا و سایر گیاهان به‌منظور ایجاد تنوع ژنتیکی و جداسازی جهش‌یافته‌هایی با صفات اقتصادی مطلوب استفاده شده است (۲۰،۷،۲۷). پرتوتابی اشعه گاما و ایکس به‌طور گسترده به‌منظور القاء جهش در گیاهان زراعی استفاده شده است (۱۰). در مطالعه‌ای که روی پرتوتابی بذر سه رقم کلزای ساری‌گل، RGS003 و زرفام با سه شدت مختلف پرتو گاما صورت گرفت، پایداری تغییرات ژنتیکی القایی صفات زراعی، در ۶۶ لاین جهش‌یافته انتخابی از نسل M4 بررسی شد. ۲۲ لاین انتخاب شده نسل M5 نیز ازحیث صفات زراعی مهم ارزیابی شدند. نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل، تفاوت معنی‌داری در تمامی صفات مورد مطالعه در لاین‌های آزمایشی نشان داد. بیشترین ضریب تغییرات مربوط به تعداد خورجین در شاخه فرعی (۲۹/۵۷ درصد) بود (۱۶). در بررسی ارتباط صفات مختلف با عملکرد دانه به کمک رگرسیون مرحله‌ای (گام به گام) نیز وزن هزاردانه به‌عنوان مهم‌ترین صفت تعیین‌کننده عملکرد شناخته شد. بنابراین با توجه به تنوع القاء شده در صفات مورفولوژیک می‌توان از بین لاین‌های جهش‌یافته ارزیابی شده، گزینه‌های مناسب را برای برنامه‌های ژنتیکی – اصلاحی آینده کلزا انتخاب نمود (۱۷). در بررسی حاضر با هدف شناسایی ارقام پرمحصول و برتر از رقم رایج منطقه (رقم اوکاپی)، لاین‌های گزینش شده از بین نتاج جهش‌یافته به دست آمده از سه رقم کلزای زمستانه طلایه، زرفام و اکسپرس ارزیابی شدند.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه پژوهشی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج با موقعیت طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۹ دقیقه شرقی و عرض

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOI: 10.29252/jcb.10.26.43]

جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۲۶۰ متر از سطح دریا انجام شد. در این تحقیق سه رقم کلزا به اسامی زرفام، طلایه و اکسپرس همراه با ۱۶ لاین جهش‌یافته که از پرتوتابی ارقام فوق با شدت‌های ۸۰۰- ۹۰۰ -۱۲۰۰گری پرتو گاما و پس از هفت نسل خویش‌آمیزی بدست آمده‌اند، همراه با رقم رایج منطقه اوکاپی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کشت و مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱). در این بررسی هر تیمار در یک کرت چهار خطی به طول چهار متر کشت شد. فاصله خطوط از یکدیگر ۳۰ سانتی‌متر و در مساحت هر کرت ۳/۶ متر مربع در نظر گرفته شد. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و لولر در تابستان انجام شد و کودهای شیمیایی شامل کود کامل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، سوپرفسفات تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و سولفات پتاسیم (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) در زمان تهیه زمین استفاده شد. کشت در تاریخ پنجم مهرماه سال ۱۳۹۴ انجام گردید. مبارزه با شته مومی کلم با سم سیستمیک متاسیستوکس در غلظت دو در هزار در مرحله گلدهی صورت گرفت. مبارزه با علف‌های هرز به صورت وجین دستی در ۳ نوبت (دو نوبت در آبان و بهمن ۱۳۹۴ و یک نوبت فروردین ۱۳۹۵) صورت گرفت. در طول دوره رویش یادداشت‌برداری صفات مختلف مشتمل بر ارتفاع بوته، تعداد خورجین در ساقه‌های اصلی، فرعی و کل بوته، تعداد شاخه فرعی، طول شاخه اصلی، تعداد دانه در خورجین اصلی و فرعی، ارتفاع اولین خورجین از زمین، قطر ساقه (اندازه‌گیری قطر ساقه معمولا از ۱۰ سانتی‌متری سطح زمین صورت می گیرد.)، طول خورجین اصلی و فرعی، تعداد روز تا شروع گلدهی، پایان گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی کامل، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و روغن، درصد روغن دانه یادداشت برداری و ثبت شد. در پایان سال زراعی محصول هر کرت آزمایشی به‌طور جداگانه برداشت، ضمن ثبت مشخصات توزین شده، میزان روغن تیمارها با استفاده از دستگاه NMR[1] درآزمایشگاه تجزیه روغن بخش تحقیقات دانه‌های روغنی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تعیین و در نهایت لاین‌های برتر مشخص گردید. پس از جمع‌آوری اطلاعات تجزیه های آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه 9.4 انجام گرفت. مقایسه میانگین لاین‌های جهش‌یافته و شاهد به روش حداقل تفاوت معنی‌دار فیشر (FLSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

جدول ۱- مشخصات ارقام و لاین‌های مورد استفاده

Table 1. Characteristic of Cultivars and lines used in this research

کدرقم	ارقام و لاین‌ها	کدرقم	ارقام و لاین‌ها
Z1	Zarfam	T2	T-800-1
Z2	Z-800-3	T3	T-800-6
Z3	Z-800-6	T4	T-900-4
Z4	Z-900-3	T5	T-900-5
Z5	Z-900-6	T6	T-1200-1
Z6	Z-900-7	E1	Express
Z7	Z-900-8	E2	Exp-800-1
Z8	Z-900-9	E3	Exp-800-3
Z9	Z-900-10	E4	Exp-900-1
T1	Talayeh	O	Okapi

نتایج و بحث

ارزیابی صفات زراعی ژنوتیپ‌ها در هر سه شدت پرتوتابی اشعه گاما انجام شد. صفات ارتفاع بوته، تعداد خورجین در شاخه اصلی، فرعی و کل بوته، ارتفاع اولین خورجین از زمین، وزن هزار دانه، طول خورجین فرعی، عملکرد دانه، درصد روغن و عملکرد روغن در سطح یک درصد و صفات تعداد شاخه فرعی، قطر ساقه، طول خورجین اصلی، تعداد روز تا شروع گلدهی و رسیدگی کامل، در سطح پنج درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲) که نشان‌دهنده تاثیر معنی‌دار پرتوتابی گاما در تنوع صفات مورد مطالعه است. مقایسه میانگین لاین‌های جهش‌یافته با رقم اوکاپی به‌عنوان شاهد نشان داد که بیشتر لاین‌های جهش‌یافته دارای ارزش بیشتری از نظر صفات مورد بررسی می‌باشند. لازم به ذکر است که در میان لاین‌های جهش‌یافته، لاین‌هایی که ارزش صفاتشان کمتر از رقم والد باشد نیز وجود داشت. کوتاه شدن دوره کاشت تا شروع گلدهی و نیز کوتاه شدن دوره رویش رقم موجب می‌شود که زراعت به یک یا دو نوبت آبیاری کمتری نیاز داشته و امکان کشت آن در مناطق با محدودیت آب فراهم آید. همچنین در مناطقی که آب کافی برای کشاورزی در دسترس است، جلو افتادن تاریخ برداشت محصول انجام کشت دوم برای کشاورزان را میسر می‌سازد. در این بررسی رقم زرفام با ۱۵۷ روز، کمترین و رقم اوکاپی با ۱۸۴ روز، بیشترین تعداد روز از کاشت تا گلدهی را داشت. لاین جهش‌یافته Exp-900-1 با ۲۳۸ روز کمترین و T-800-6 با ۲۵۳ روز بیشترین تعداد روز تا رسیدگی کامل را داشتند (شکل ۲). تعداد روز تا رسیدگی کامل در ارقام اکسپرس و طلایه به ترتیب ۲۴۵ و ۲۴۲ روز و در رقم شاهد اوکاپی ۲۵۰ روز بدست آمد. در یک بررسی که روی جهش‌یافته‌های رقم RGS003 و ساری‌گل حاصل از اشعه گاما صورت گرفت، تعداد روز تا گلدهی و رسیدگی کامل در لاین‌های جهش‌یافته نسبت به والد خود کاهش نشان داد (۲). ارتفاع گیاه صفت تاثیرگذار بر عملکرد کلزا است. کاهش ارتفاع باعث افزایش کودپذیری و تحمل به خوابیدگی شده و در نتیجه موجب افزایش عملکرد دانه و روغن می‌شود (۱۰). براساس نتایج مقایسه میانگین، تفاوت به صورت افزایشی و کاهشی در ارتفاع گیاه در برخی از لاین‌ها جهش‌یافته نسبت به شاهد مشاهده شده است. در بین لاین‌های جهش‌یافته، رقم زرفام کمترین ارتفاع (۱۳۷ سانتی‌متر) و T-800-6 بیشترین ارتفاع (۱۸۳ سانتی‌متر) را داشتند. از میان لاین‌های جهش‌یافته، لاین Z-900-3 با ارتفاع۱۴۷/۳ سانتی‌متر کمترین ارتفاع را

1- Nuclear magnetic resonance

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23]

[DOI: 10.29252/jcb.10.26.43]

داشت (جدول ۳). در تحقیقی که توسط رحیمی و همکاران (۲۰) بر روی جهش‌یافته‌های ارقام طلایه و اوکاپی حاصل از شدت‌های ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ گری انجام شده، بیشترین ارتفاع در رقم اوکاپی با تیمار ۲۰۰ گری بوده که باعث خوابیدگی گیاه شد و رقم طلایه نیز با تیمار ۵۰۰ گری کمترین ارتفاع را داشت. در بررسی دیگر جهش‌یافته‌های پاکوتاه با عملکرد بالا از طریق تیمار موتاژن گاما در جمعیتی از خردل بدست آمد (۱۴). قطر ساقه صفتی مهم در زودرسی گیاه است. اکثر ژنوتیپ‌هایی با قطر ساقه کمتر تیپ بهاره هستند. لاین Z-900-3 کمترین قطر ساقه (۱/۲ سانتی‌متر) و لاین T-1200-1 بیشترین قطر ساقه (۱/۸۳ سانتی‌متر) را داشتند (جدول ۳).

تعداد شاخه فرعی در عملکرد بوته تاثیرگذار است. در بررسی حاضر بیشترین تعداد شاخه فرعی در T-800-1 وکمترین مقدار آن در Z-900-6 با ۶ شاخه فرعی به دست آمد (جدول ۳). در تحقیقی که اثر شدت‌های مختلف پرتو گاما (۱۰۰ الی ۶۰۰ گری) بر گیاه کلزا مورد بررسی قرار گرفت، در شدت‌های بالا تعداد شاخه‌های فرعی در گیاه افزایش یافت (۱). ارتفاع اولین خورجین از زمین صفتی مهم در هنگام برداشت ماشینی است. رقم طلایه بیشترین ارتفاع (۱۲۴ سانتی‌متر) و کمترین مقدار این صفت در رقم زرفام (۷۷/۷ سانتی‌متر) به دست آمد (جدول ۳). صفت ارتفاع اولین خورجین از زمین در جهش‌یافته‌های رقم طلایه نسبت به والد خود کاهش داشته است. این روند در ژنوتیپ های اکسپرس و زرفام افزایشی بوده است. در بررسی حاضر تعداد خورجین گیاه در برخی از لاین‌های جهش‌یافته در هر سه شدت اشعه گاما به‌طور معنی‌دار در مقایسه با شاهد افزایش یافت. لاین Z-800-6 بیشترین تعداد خورجین در شاخه‌های اصلی (۶۷ عدد)، در شاخه فرعی (۵۰۸) و کل بوته (۵۷۵ عدد) را دارا بود. همچنین در بین جهش‌یافته‌های مورد بررسی لاین جهش‌یافته T-900-5 بیشترین تعداد خورجین در شاخه فرعی (۶۵۶ عدد) را دارا بود. تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی و کل بوته بیشترین ضریب تغییرات را داشت. محققان زیادی به افزایش تعداد خورجین در کلزا تحت تیمار اشعه گاما اشاره نموده‌اند (۳،۲۵،۵). در مطالعه‌ای دیگر روی نسل‌های M1 و M2 مشخص شد که صفت تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی در اکثر موارد بیشترین ضریب تغییرات را نشان داده که بیان کننده تاثیرپذیری بیشتر این صفت نسبت به مقادیر مختلف پرتودهی اشعه گاما می‌باشد (۲۳). در یک پژوهش که اثر اشعه گاما با شدت‌های مختلف (۸۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۲۰۰ گری) روی دو رقم RGS003 و ساری‌گل صورت گرفت، تعداد خورجین در بوته در شدت ۱۰۰۰ افزایش یافت و شدت ۱۲۰۰ گری اثر کاهشی در این صفت نشان داد (۷). طول خورجین یکی از اجزای موثر بر عملکرد کلزا می‌باشد که با انتخاب برمبنای این صفت به طور غیرمستقیم می‌توان به افزایش عملکرد و در نتیجه افزایش عملکرد روغن دست‌یافت. طول خورجین اصلی در لاین Z-800-6 (با طول ۶/۷۶ سانتی‌متر) بیشترین و طول خورجین فرعی در Exp-800-3 (۶/۸ سانتی‌متر) بیشترین مقدار را داشت (جدول ۳). جهش‌یافته‌هایی با افزایش طول خورجین در کلزا گزارش شده است (۲۴،۲۶). در بررسی که بر روی تاثیر پرتو اشعه گاما در رقم آلتکس[1] در شدت‌های ۱۵، ۱۰، ۲۰، ۲۵، ۳۰ گراد صورت گرفت، افزایش شدت پرتوتابی باعث افزایش تعداد بذر و طول خورجین شد (۱۹). وزن هزار دانه صفتی مهم در عملکرد است. وزن هزار دانه در لاین جهش‌یافته T-900-4 (۵/۱۶ گرم) بیشترین و در لاین Z-800-3 (۳/۶۳ گرم) کمترین مقدار را داشت. در بررسی که بر روی جهش‌یافته‌های رقم RGS003 و ساری‌گل حاصل از اشعه گاما صورت گرفت، وزن هزار دانه جهش‌یافته‌ها نسبت به والد خود افزایش نشان داد (۲).

در پژوهش حاضر پرتوتابی اشعه‌ی گاما موجب افزایش معنی‌دار عملکرد برخی از لاین‌های جهش‌یافته شد. لاین جهش‌یافته Z-800-6 (با عملکرد ۵۲۷۷/۲ کیلوگرم در هکتار) بیشترین عملکرد را نسبت به شاهد اوکاپی (با عملکرد ۱۶۵۹ کیلوگرم در هکتار) داشتند (جدول ۳). در بررسی‌های متعدد سایر محققان نیز مشخص گردید که میانگین عملکرد دانه لاین‌های جهش‌یافته تفاوت معنی‌دار افزایشی یا کاهشی را نشان می‌دهند (۱۸،۱۶،۲۹).

عملکرد روغن در لاین‌ها با شاهد اختلاف معنی‌داری داشت. لاین جهش‌یافته Z-800-6 (با عملکرد ۲۰۴۵/۴ کیلوگرم در هکتار) بیشترین عملکرد روغن را داشت (جدول ۳). در مطالعات دیگری نیز نتایج مقایسه میانگین حاکی از تفاوت معنی‌دار عملکرد روغن برخی از لاین‌های جهش‌یافته به صورت افزایشی نسبت به ارقام شاهد بوده است (۹).

1- Altex

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23]

[DOI: 10.29252/jcb.10.26.43]

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات زراعی در لاین‌های جهش‌یافته و رقم شاهد اوکاپی

Table 2. Analysis of variance for agronomic traits in mutant lines and control variety Okapi

		میانگین مربعات																	
منابع تغییر	درجه آزادی	روز تا شروع گلدهی	روز تا پایان گلدهی	روز تا رسیدگی کامل	ارتفاع بوته	قطر ساقه	تعداد شاخه فرعی	ارتفاع اولین خورجین از زمین	تعداد خورجین در شاخه اصلی	تعداد خورجین در شاخه فرعی	تعداد خورجین در بوته	طول ساقه اصلی	طول خورجین اصلی	طول خورجین فرعی	تعداد دانه در خورجین اصلی	تعداد دانه در خورجین فرعی	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	درصد روغن	عملکرد روغن
بلوک	۲	۸۸/۴۰^{ns}	۴/۸^{ns}	۵۷/۴۱^{ns}	۵۹/۹۲^{ns}	۰/۲۴۳*	۲/۷^{ns}	۱۶۰/۵۴^{ns}	۱۵۴/۱۳^{ns}	۵۸۰۵۸*	۷۷۸۲۶/۱**	۲۸/۶۲^{ns}	۰/۰۳۲^{ns}	۰/۲۳^{ns}	۱/۶۳^{ns}	۰/۸۳^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۹۹۰۲/۶۵^{ns}	۱/۱۲^{ns}	۶/۵۳^{ns}
ژنوتیپ	۱۹	۱۰۶/۸۵*	۱۸/۳۰^{ns}	۴۰/۶۲*	۷۸۳۵/۷۳**	۰/۱۱۳*	۲/۷۲*	۴۰۰/۶۵**	۳۷۸/۷۴**	۳۷۴۶۲/۴**	۴۱۵۶۹/۹**	۱۴۱/۶۳^{ns}	۰/۴۱*	۸/۶۸**	۱۳/۴۸^{ns}	۱۵/۳۳^{ns}	۰/۴۲**	۲۴۳۵۶۳۲/۵**	۶/۱۱**	۳۸۳۴۹۴/۳**
اشتباه آزمایش	۳۸	۴۸/۳۴	۱۰/۴۶	۲۱/۳۹	۱۵۹/۵۴	۰/۰۴۵	۱/۲۶	۱۰۶/۵۴	۷۱/۹۴	۸۱۶۴/۲	۸۷۰۲/۸۵	۸۳/۵	۰/۲۰	۰/۱۰	۱۲/۶۸	۶/۰۱	۰/۰۷	۱۳۶۸۳۸/۱	۲/۵۰	۲۴۷۳۱
CV		۴/۲۶	۱/۵۲	۱/۸۹	۷/۶۲	۱۴/۰۱	۱۴/۳۲	۱۰/۴۰	۱۱/۹۹	۱۹/۶۲	۱۷/۷	۱۶/۴۳	۷/۳۴	۵/۳	۱۱/۷۶	۸/۱۹	۵/۷۳	۱۱/۷۵	۴/۱۱	۱۲/۹۸

ns، * و ** : به ترتیب غیر معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23]

[DOI: 10.29252/jcb.10.26.43]

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی و زراعی لاین‌های جهش‌یافته و رقم شاهد اوکاپی

Table 3. Mean comparison of morphological and agronomical traits mutant lines and control variety, Okapi

شماره لاین‌ها	روز تا شروع گلدهی	روز تا رسیدگی کامل	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	قطر ساقه (سانتی‌متر)	تعداد شاخه فرعی	ارتفاع اولین خوردچین از زمین (سانتی‌متر)	تعداد خوردچین در شاخه اصلی	تعداد خوردچین در شاخه فرعی
Zarfam	۱۵۷/۷^{cb}	۲۴۲/۰^{dc}	۱۳۷/۳^{f}	۱/۵$^{a-e}$	۹/۳^{ba}	۷۷/۷^{h}	۴۸$^{b-e}$	۲۲۷/۷$^{e-g}$
Z-800-3	۱۶۶^{bc}	۲۴۶/۷$^{a-c}$	۱۵۷/۹$^{c-e}$	۱/۲^{e}	۷/۶$^{a-e}$	۹۵/۲$^{g-c}$	۴۲^{ed}	۲۰۱/۳^{gf}
Z-800-6	۱۵۸^{bc}	۲۴۶/۰$^{a-d}$	۱۶۱/۲۳$^{e-d}$	۱/۶$^{d-a}$	۷^{de}	۸۷$^{h-f}$	۶۷/۶^{a}	۵۰۸/۳^{a}
Z-900-3	۱۶۳^{bc}	۲۴۰/۳^{cd}	۱۴۷/۳^{ef}	۱/۴$^{c-e}$	۷/۳$^{e-c}$	۸۷/۹^{hg}	۴۶$^{e-c}$	۳۲۸/۷^{c}
Z-900-6	۱۵۷/۳۳^{c}	۲۴۵/۶۷$^{b-d}$	۱۵۷/۹$^{c-f}$	۱/۳$^{e-d}$	۶^{e}	۹۲/۶$^{c-h}$	۴۱/۶^{ed}	۱۷۳^{gh}
Z-900-7	۱۶۵^{bc}	۲۴۵/۶۷$^{b-d}$	۱۸۱/۹ ^{ba}	۱/۷$^{c-a}$	۶/۶^{de}	۱۰۹/۱$^{d-a}$	۳۷/۶^{e}	۲۲۸/۶۷$^{g-e}$
Z-900-8	۱۶۰/۳^{bc}	۲۴۱/۰^{cd}	۱۵۴$^{f-d}$	۱/۳$^{e-d}$	۷^{de}	۹۲/۲۳$^{h-d}$	۶۶^{a}	۳۳۴/۶^{c}
Z-900-9	۱۶۱/۰^{bc}	۲۴۷/۳$^{a-c}$	۱۷۶/۶$^{c-a}$	۱/۶$^{d-a}$	۷/۶$^{e-b}$	۹۴/۱$^{h-c}$	۵۱/۶$^{b-d`}$	۲۷۳/۳$^{e-c}$
Z-900-10	۱۶۰/۳^{bc}	۲۴۱/۶۷^{cd}	۱۷۲$^{a-d}$	۱/۲۶$^{e-d}$	۸/۳$^{d-a}$	۱۰۷/۶$^{e-b}$	۵۳/۶^{bc}	۳۲۰/۳^{cd}
Talaye	۱۶۰/۳^{bc}	۲۴۲/۶۷^{dc}	۱۸۲/۲^{a}	۱/۳$^{e-d}$	۹$^{a-c}$	۱۲۴/۸^{a}	۴۰/۳^{ed}	۱۷۰^{hg}
T-800-1	۱۶۱/۳^{bc}	۲۴۲/۳۳^{dc}	۱۷۲/۱$^{a-d}$	۱/۵۳$^{a-d}$	۹/۶۷^{a}	۹۶/۶$^{c-f}$	۴۲/۶$^{e-c}$	۲۱۱$^{g-e}$
T-800-6	۱۶۷^{bc}	۲۵۳/۳^{a}	۱۸۳/۱^{a}	۱/۵۶$^{e-a}$	۸/۳$^{d-a}$	۱۲۰/۵^{ba}	۵۰$^{c-d}$	۳۱۶/۷^{cd}
T-900-4	۱۶۲/۳^{bc}	۲۴۴$^{c-d}$	۱۶۴/۲$^{a-e}$	۱/۷۶^{ba}	۷/۶۷$^{e-a}$	۹۱/۵$^{e-h}$	۴۲^{de}	۲۴۴/۶۷^{ff}
T-900-5	۱۶۰/۳^{bc}	۲۴۲/۶۷^{dc}	۱۶۲/۹$^{a-e}$	۱/۷۶^{ba}	۸$^{d-a}$	۹۷/۷$^{g-c}$	۴۰/۶^{ed}	۱۶۷/۳^{gh}
T-1200-1	۱۶۰/۳^{bc}	۲۴۱/۳۳^{dc}	۱۶۹/۹$^{a-d}$	۱/۸۳^{a}	۹/۳^{ba}	۱۰۵/۹$^{b-e}$	۴۳/۳$^{c-d}$	۲۴۸^{ef}
Express	۱۶۸/۳^{bc}	۲۴۵/۶۷$^{d-c}$	۱۷۱/۱$^{a-d}$	۱/۴۶$^{e-a}$	۷/۳$^{e-c}$	۹۷/۱$^{g-c}$	۴۴/۳$^{c-d}$	۲۴۹/۳۳^{fe}
Exp-800-1	۱۶۹/۰^{b}	۲۴۱/۶۷^{dc}	۱۵۷/۳$^{c-f}$	۱/۴$^{e-c}$	۸$^{d-a}$	۹۷/۹$^{g-c}$	۴۵/۶$^{e-c}$	۲۵۶/۷$^{d-f}$
Exp-800-3	۱۶۰/۳^{bc}	۲۴۰/۰^{dc}	۱۶۸/۳$^{a-d}$	۱/۵$^{e-a}$	۷/۶$^{e-b}$	۱۰۹/۵$^{c-a}$	۴۴$^{c-e}$	۳۴۱/۳^{c}
Exp-900-1	۱۶۰/۳^{bc}	۲۳۸/۶۷^{d}	۱۶۸/۲$^{a-d}$	۱/۴$^{e-d}$	۷/۰^{de}	۹۸/۹$^{g-c}$	۵۷/۶^{ba}	۴۲۷/۳^{b}
Okapi	۱۸۴/۰^{a}	۲۵۰/۶۷^{ab}	۱۶۸/۷$^{a-d}$	۱/۸۳^{a}	۸$^{a-d}$	۱۰۴/۲$^{f-b}$	۳۷/۶^{e}	۱۲۵^{h}
LSD5%	۱۱/۶۱	۷/۷	۲۰/۷۲	۰/۲۴	۱/۶۸	۱۷/۲۶	۹/۷۷	۶۱/۰۸

میانگین‌های دارای حروف مشابه در ستون تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

ادامه جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی و زراعی لاین‌های جهش‌یافته و رقم شاهد اوکاپی

Continued Table 3. Mean comparison of morphological and agronomical traits mutant lines and control variety, Okapi

شماره لاین‌ها	تعداد خوردچین در بوته	طول خوردچین اصلی (سانتی‌متر)	طول خوردچین فرعی (سانتی‌متر)	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرددانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)
Zarfam	۲۷۵/۷$^{ı-n}$	۵/۸۳$^{a-c}$	۶/۰۶$^{c-ı}$	۳/۸۵^{cd}	۲۷۹۱/۶$^{g-ı}$	۹۸۰/۹$^{n-κ}$
Z-800-3	۲۴۳/۳^{gn}	۵/۵$^{c-a}$	۵/۵^{g}	۳/۶۳^{eɑ}	۲۵۱۳/۹$^{n-j}$	۹۱۵/۴$^{κ-ı}$
Z-800-6	۵۷۶^{a}	۶/۷۶^{a}	۵/۸۷$^{e-g}$	۴/۹۴^{a}	۵۲۷۷/۲^{a}	۲۰۴۵/۷^{a}
Z-900-3	۳۷۴/۶۷^{ɑc}	۵/۹۶$^{a-c}$	۵/۵۳^{g}	۴/۸۱^{a}	۳۵۴۱/۶$^{ı-ɑ}$	۱۳۷۳/۲$^{ı-c}$
Z-900-6	۲۱۴/۶۷^{ın}	۵/۸۳$^{a-c}$	۵/۶۷^{gı}	۳/۹۶$^{ɒ-ɑ}$	۲۲۷۷/۸^{jı}	۹۰۲/۸$^{κ-ı}$
Z-900-7	۲۶۶/۳۳$^{ı-n}$	۵/۵۳$^{a-ɒ}$	۶/۰۶$^{c-ı}$	۳/۸۳^{ɑc}	۲۶۰۷/۷$^{n-j}$	۹۸۵/۵$^{n-κ}$
Z-900-8	۴۰۰/۶۷^{c}	۶/۵۶$^{a-c}$	۵/۸$^{e-g}$	۴/۹۴^{a}	۴۱۶۶/۷^{cɒ}	۱۶۳۲/۴^{cɒ}
Z-900-9	۳۲۵/۰$^{ɑ-ı}$	۶/۴۳$^{c-a}$	۵/۹$^{e-g}$	۴/۷۵^{a}	۳۹۸۶/۱^{ɑc}	۱۵۳۵/۷^{cɒ}
Z-900-10	۳۷۴^{ɑc}	۶/۰۶$^{c-a}$	۵/۷$^{e-g}$	۴/۸۷^{a}	۳۷۰۸/۳$^{ɑ-e}$	۱۴۰۲/۶$^{e-c}$
Talaye	۲۱۰/۳۳^{nı}	۵/۵۳$^{a-ɑ}$	۵/۶^{rg}	۳/۴۹^{eɑ}	۲۱۱۱/۱^{κj}	۸۳۰$^{ı-j}$
T-800-1	۲۵۳/۶۷$^{ı-n}$	۵/۷$^{a-c}$	۵/۹۶$^{e-g}$	۳/۹۳$^{ɒ-ɑ}$	۲۸۱۹/۴$^{g-ı}$	۱۱۱۳/۱$^{g-ı}$
T-800-6	۳۶۶/۶۷$^{c-e}$	۶/۴$^{a-c}$	۵/۷$^{e-g}$	۴/۷۱^{a}	۳۶۵۲/۸$^{c-ı}$	۱۳۲۴/۲$^{ɑ-g}$
T-900-4	۲۸۶/۶۴^{gı}	۵/۶۳$^{c-a}$	۶/۶۷^{ɒa}	۳/۸۶^{ɑc}	۲۹۰۳/۷^{ng}	۱۱۷/۶$^{n-e}$
T-900-5	۲۰۸/۰۰^{nı}	۵/۴۳^{aɒ}	۶/۵$^{ɑ-a}$	۳/۲۵^{eɑ}	۲۱۸۰/۶^{κj}	۸۰۶/۹^{ıκ}
T-1200-1	۲۹۱/۳^{gı}	۵/۴۶$^{a-c}$	۶/۵$^{ɑ-a}$	۳/۵۶^{eɑ}	۲۹۰۲/۷^{gn}	۱۱۳۳/۲$^{ı-ı}$
Express	۲۹۳/۶۷^{gı}	۵/۵۳$^{a-c}$	۶/۵$^{a-ɑ}$	۳/۷۶^{ɑc}	۲۸۸۸/۸^{hg}	۱۰۷۸/۱$^{j-g}$
Exp-800-1	۳۰۲/۳۳^{geı}	۶/۵۳$^{a-c}$	۶/۲$^{e-ɒ}$	۴/۴۶$^{a-c}$	۳۰۴۸/۶$^{n-ı}$	۱۲۱۰/۷$^{n-e}$
Exp-800-3	۳۸۵^{ɑc}	۶/۶۰$^{a-c}$	۶/۸^{a}	۴/۵۷^{ɒa}	۳۲۴۰/۷$^{g-e}$	۱۳۱۷/۶$^{ɑ-g}$
Exp-900-1	۴۸۵^{ɒ}	۶/۶۶^{aɒ}	۶/۱۳$^{ı-c}$	۴/۷۵^{a}	۴۶۶۶/۶^{ɒ}	۱۸۳۸/۱^{ɒa}
Okapi	۱۶۲/۶۷^{ı}	۵/۳^{c}	۶$^{g-ɑ}$	۲/۹۶^{e}	۱۶۵۹/۰^{κ}	۶۲۸/۳^{ı}
LSD 5%	۶۳/۹۶	۱/۰۹	۰/۴۸	۰/۳۴	۶۰۶/۵۶	۲۶۲/۴۷

میانگین‌های دارای حروف مشابه در ستون تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23]

[DOI: 10.29252/jcb.10.26.43]

نتایج نشان داد که پرتوتابی گاما مورد استفاده در اکثر صفات مورد مطالعه تنوع قابل ملاحظه‌ای را در جهش‌یافته‌ها ایجاد کرد. خصوصیات مورفولوژیک لاین‌های جهش‌یافته و شاهد رقم اوکاپی در جدول ۳ ارائه شده است. لاین‌هایی که از نظر چند صفت مورد بررسی وضعیت مطلوب‌تری نسبت به سایر لاین‌ها و شاهد داشتند، می‌توانند به‌عنوان لاین‌های برتر برای بررسی‌های آتی انتخاب شوند. با توجه به لاین‌های مطلوب بدست آمده از این رقم و نتایج حاصل از بررسی‌های صفات مربوط به اجزای عملکرد مشخص می‌شودکه لاین-Z 800-6 با داشتن بیشترین عملکرد دانه و روغن به‌عنوان بهترین لاین جهش‌یافته انتخاب شد. در تجزیه به مولفه‌های اصلی که براساس ۱۴ صفت در ژنوتیپ‌های کلزا انجام شد، سه مولفه اول که مقادیر ویژه بزرگتر از یک داشتند، در مجموع ۷۹ درصد از تنوع موجود بین داده‌ها را توجیه کردند (جدول ۴). مولفه اول که عملکرد دانه نامیده شد به تنهایی ۵۶ درصد از کل تنوع را تبیین کرد. در این مولفه شاخص ارتفاع بوته، تعداد روز تا شروع گلدهی و رسیدگی کامل منفی و ۱۰ صفت دیگر در جهت مثبت سهیم هستند. در این مولفه، بزرگترین ضرایب عاملی مثبت به ترتیب درصد روغن، عملکرد دانه، تعداد خورجین در بوته و در شاخه فرعی، تعداد دانه در خورجین اصلی و وزن هزار دانه تعلق داشت. به‌طورکلی در گیاه کلزا افزایش عملکرد از طریق افزایش تعداد دانه در خورجین، وزن هزاردانه و تعداد دانه در خورجین صورت می‌گیرد که نشان دهنده رابطه مستقیم بین عملکرد دانه و اجزاء آن است. مولفه دوم (زمان گلدهی) ۱۳ درصد از کل واریانس داده‌ها را توجیه کرد. در این مولفه، بزرگترین ضرایب عاملی مثبت به ترتیب متعلق به صفات تعداد روز تا رسیدگی کامل، طول ساقه اصلی و تعداد روز تا شروع گلدهی بود (جدول ۴). در این مولفه، شاخص تعداد خورجین در شاخه اصلی، وزن هزار دانه و عملکرد روغن منفی بودند. مولفه سوم (عملکرد روغن) ۹ درصد از کل تنوع را توجیه نمود. در این مولفه اکثر صفات دارای ضرایب منفی بوده و تنها صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، طول ساقه اصلی، تعداد دانه در خورجین اصلی و عملکرد روغن مثبت بودند. بنابراین در بین صفات موثر بر عملکرد دانه، صفات تعداد خورجین در بوته و در شاخه فرعی و اصلی، تعداد دانه در خورجین اصلی، وزن هزار دانه، طول خورجین اصلی بیشترین همبستگی را با مولفه اول نشان دادند (جدول ۴). در یک بررسی بر روی عملکرد و اجزای عملکرد کلزا، سه مولفه اصلی جمعاً ۹۲/۲ درصد از تغییرات کل را توجیه کردند. در این بررسی مولفه اول ۴۹/۹ درصد تغییرات را توجیه کرد که دارای بزرگترین ضرایب عاملی بر صفاتی چون عملکرد دانه، تعداد خورجین در بوته، وزن هزار دانه و درصد روغن بود که‌این عامل، عامل عملکرد دانه نامیده شد و مولفه دوم و سوم به ترتیب بزرگترین ضرایب را برای صفات تعداد دانه در خورجین و تعداد گره در ساقه داشتند (۶). در بررسی که روی ۵۵ ژنوتیپ مختلف کلزا صورت گرفت. سه مولفه اول ۶۳ درصد از تنوع کل را توجیه کردند. در مولفه اول صفات وزن بذر در هر بوته و عملکرد روغن، در مولفه دوم تعداد شاخه فرعی در هر بوته و در مولفه سوم صفت طول خورجین بیشترین مقدار را داشتند (۱۲). تانگا و همکاران نیز نتایج مشابهی روی ارقام تجاری کلزا بدست آوردند (۲۸). در نمودار بای‌پلات کلیه لاین‌های جهش‌یافته در دو گروه قرار گرفتند. در گروه سمت راست لاین‌ها با عملکرد دانه و روغن بالا و زودرس و در گروه سمت چپ ژنوتیپ‌های دیررس با عملکرد دانه و روغن پایین به همراه رقم شاهد اکاپی قرار گرفتند (شکل ۱). نتایج حاصل از رگرسیون به روش گام به گام، عملکرد دانه به‌عنوان متغیر تابع و سایر صفات اندازگیری شده به‌عنوان متغیرهای مستقل در جدول ۵ نشان داده شده است که براساس آن صفات تعداد خورجین در شاخه فرعی، تعداد خورجین در بوته، طول خورجین و وزن هزار دانه در مدل رگرسیونی باقی ماندند (جدول ۵) و معادله (۱) به دست آمد که در آن X_1 تعداد خورجین در شاخه بوته، X_2 تعداد خورجین در شاخه فرعی، X_3 طول خورجین اصلی و X_4 وزن هزار دانه است. نتایج همچنین نشان داد که صفت تعداد خورجین در بوته با ضریب تبیین (R^2 = ۰/۹۳) به تنهایی بخش عمده‌ای از تغییرات رگرسیونی را توجیه می‌کند. دیگر صفات گنجانده شده در مدل به ترتیب اهمیت، تعداد خورجین در شاخه فرعی، طول خورجین اصلی و وزن هزار دانه بودند (جدول ۵).

معادله (۱)

$$X_4+۲۶۴/۱X_3+۱۴/۸X_2+۳۳/۹X_1 =۱۷۴۹+۳۸/۳Y$$

نتایج بدست آمده از رگرسیون گام به گام که بر روی ۲۸ ژنوتیپ صورت گرفت، به ترتیب صفات تعداد خورجین در بوته، تعداد شاخه فرعی و طول دوره گلدهی در مدل رگرسیونی باقی ماندند (۲۱).

در یک بررسی که بر روی عملکرد و اجزای عملکرد کلزا صورت گرفت. نتایج نشان داد که صفت تعداد غلاف در بوته دارای ضریب تبیین ۰/۴۱ بود که به تنهایی بخش عمده‌ای از تغییرات مدل رگرسیونی را توجیه نمود (۶).

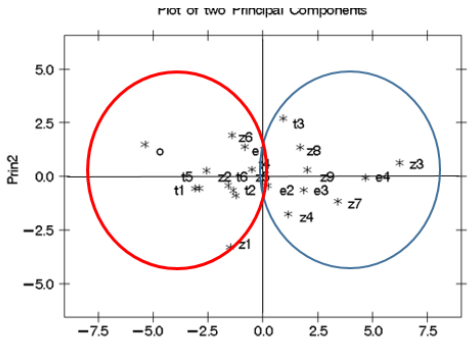
[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23]

[DOI: 10.29252/jcb.10.26.43]

جدول ۴– نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی برای صفات مورد اندازه‌گیری در ژنوتیپ‌های کلزا

Table 4. The result of Component analysis for all traits in canola genotypes

صفت	مولفه اول	مولفه دوم	مولفه سوم
ارتفاع بوته	−۰/۰۲۹	۰/۵۵۲	۰/۳۶۶
تعداد خورجین در شاخه اصلی	۰/۳۱۵	−۰/۰۴۴	−۰/۲۴۷
تعداد خورجین در شاخه فرعی	۰/۳۴۳	۰/۰۲۰	−۰/۶۳۰
تعداد خورجین در بوته	۰/۳۴۵	۰/۰۱۵	−۰/۰۷۹
تعداد شاخه فرعی	۰/۱۳۲	۰/۲۵۷	۰/۰۳۲
طول ساقه اصلی	۰/۱۷۶	۰/۴۴۱	۰/۳۱۸
تعداد دانه در خورجین اصلی	۰/۳۳۴	۰/۰۲۲	۰/۰۴۹
طول خورجین اصلی	۰/۳۱۷	۰/۰۰۱	−۰/۰۶۷
تعداد روز تا شروع گلدهی	−۰/۱۶۸	۰/۳۵۷	−۰/۲۳۸
تعداد روز تا رسیدگی کامل	−۰/۱۰۵	۰/۵۴۴	−۰/۴۰۳
وزن هزار دانه	۰/۳۲۸	−۰/۰۰۶	−۰/۵۸۱
عملکرد روغن	۰/۱۰۱	−۰/۰۵۳	۰/۶۷۱
درصد روغن	۰/۳۵۰	۰/۰۲۶	−۰/۰۱۸
عملکرد دانه	۰/۳۴۷	۰/۰۳۹	−۰/۰۹۹
مقدار ویژه	۷/۸۸	۱/۸۷	۱/۳۷
درصد واریانس	۰/۵۶	۰/۱۳	۰/۰۹
درصد تجمعی واریانس	۰/۵۶	۰/۶۹	۰/۷۹



شکل ۱– نمودار بای‌پلات لاین‌های جهش‌یافته و رقم اکاپی براساس مولفه اول و دوم

Figure 1. Bio plot graph of mutant lines and Okapi cultivar basis of first and second components

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین نشان داد که بین لاین‌های جهش‌یافته و رقم شاهد اختلاف معنی‌دار وجود داشته است. لاین جهش‌یافته Z-800-6 بیشترین عملکرد دانه و روغن را نسبت به شاهد اوکاپی داشت. بیشترین و کمترین تعداد روز تا رسیدگی کامل به ترتیب مربوط به لاین‌های جهش‌یافته T-800-6 و Exp-900-1 بود. تجزیه به مولفه‌های اصلی صفات، سه مولفه را مشخص کرد که بیش از ۷۹ درصد از تنوع بین ژنوتیپ‌ها را توجیه کردند و به ترتیب عملکرد دانه، زمان گلدهی، عملکرد روغن نام‌گذاری شدند. برمبنای نتایج رگرسیون گام به گام صفات تعداد خورجین در بوته و در شاخه فرعی، طول خورجین اصلی و وزن هزار دانه بیشترین تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند و می‌توانند به عنوان یک شاخص در اصلاح رقم باشد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23]

[DOI: 10.29252/jcb.10.26.43]

شکل ۲- لاین جهش‌یافته دیررس T-800-6
Figure 2. Late maturity mutant line T-800-6

منابع

1. Abd el-latifkhedr, E.K. 2012. Studies on the use of gamma irradiation and tissue culture in improving *Brassica napus*. M.Sc. thesis, Benha University, Egypt, 106 pp.
2. Abtahi, M. and A. Arzani. 2013. Molecular and morphological assessment of genetic variability induced by gamma radiation in canola. Journal of Plant Molecular Breeding, 1(2): 69-84.
3. Abtahi Foroushani, S.M., A. Arzani and M. Hossein Fotoukian. 2014. Evaluation of genetic diversity of mutations induced by gamma irradiation on morphological traits in the second generation mutant lines of rapeseed. Iranian Journal of Field Crops. Research, 12(2): 254-263 (In Persian).
4. Anonymous. 2012. Consensus document on the biology of the Brassica crops (*Brassica* spp.). Series on Harmonization of Regulatory Oversight in Biotechnology, OECD Environment, Health and Safety Publications, Paris, France, 54:1-142.
5. 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 Science, 32 (3): 657-662.
6. Baradaran, R., E. Majidi, F. Darvish and M. Azizi. 2006. Study of correlation relationships and Path coefficient analysis between yield and yield components in rapeseed (*Brassica napus* L.). Journal of agricultural sciences Islamic Azad University, 12(4):811-819 (In Persian).
7. Emrani, S.N., A. Arzani, G. Saeidi, M. Abtahi, M. Banifatemeh, M.B. Parsa and M.H. Fotokian. 2012. Evaluation of induced genetic variability in agronomic traits by gamma irradiation in canola (*Brassica napus* L.). Pakistan Journal of Botany, 44(4): 1281-1288.
8. FAO. 2014. FAOSTAT. Food and agricultural commodities production. Available athttp: // faostat. fao. Org/ site/ 339/ default. aspx. FAO.
9. Gerami, M., N. Babaeian Jelodar, R. Moemeni Larimi, A. Ghorbani and N. Bagheri. 2013. Induction of variation in agronomic traits of oilseed rape (*Brassica napus* L.) using gamma irradiation and investigation of induced mutation in loci of oleic acid by molecular markers. Journal of Plant Production, 20(1): 107-123 (In Persian).
10. Gupta, S.K. 2007. Advances in botanical research. Rapeseed breeding. *In*: M. Delseny and J.-C. Kader (Eds.)-Rapeseed Breeding-Elsevier, Academic Press, 45 pp.
11. Hedayati Marzoni, H. and H. Samiezadeh lahiji. 2016. Genetic Diversity Assessment of Lines and Varieties in Winter Rapeseed (*Brassica napus* L.) using RAPD and SSR Molecular Markers, Journal of Crop Breeding, 8(17):131-139 (In Persian).
12. Jankulovska, M., S. Ivanovska, A. Marjanovic-jeromela, S. Bolaric, L. Jankuloski, Z. Dimov, D. Bosev and B. Kuzmanovska. 2014. Multivariate analysis of quantitative traits can effectively classify rapeseed germplasm. GENETIKA, 46(2) 545-559.
13. Khatri, A., I.A. Khan, M.A. Siddiqui, S. Raza and G.S. Nizamani. 2005. Evaluation of high yielding mutants of *Brassica juncea* cv. S-9 developed through gamma rays and EMS. Pakistan Journal of Botany, 37(2): 279-284.
14. Malek, M.A., H.A. Begum, M. Begum, M.A. Sattar, M.R. Ismail and M.Y. Rafii. 2012. Development of two high yielding mutant varieties of mustard [*Brassica juncea* (L.) Czern.]Through gamma rays irradiation. Australian Journal of crop science, 6(5): 922-927.
15. Manjaya, J.G. and R.S. Nandanwar. 2007. Genetic improvement of soybean variety JS 80- 21 through induced mutations. Plant Mutation Reports, 1(3): 36-40.
16. Mirabadi, A.Z. and M. Samadi Gorji. 2014. Effects of gamma irradiation on yield and yield components of rapeseed. Journal of Plant Production Research, 21(4): 193-204.
17. Mohammad jani, A.M., H. Najafi Zarrini and S.R. Mousavi. 2014. Multivariate analysis of important morphological traits in some rapeseed (*Brassica napus* L.) Genotypes. International Journal of Agronomy and Agricultural Research, 5(6): 9-14.
18. Mostafavirad, M., M. Azad Marzabadi and S. Faraji. 2013. Evaluation of agronomic traits and grain quality performance in some superior cultivars of winter oilseed rape. Journal of applied crop breeding, 1(1): 33-42 (In Persian).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23]

[DOI: 10.29252/jcb.10.26.43]

19. Muhammad Khan, W., S.Z. Shah, M. Saleem Khan, Z.U. Islam, S. Ali, F. Hussain, M. Irshad and M. Zahid. 2014. Effects of gamma radiations on some morphological and biochemical characteristics of *Brassica napus* L. (Variety Altex). International Journal of Biosciences, 4(10): 36-41.
20. Rahimi, M.M. and A. Bahrani. 2011. Effect of gamma irradiation on qualitative and quantitative characteristics of canola (*Brassica napus* L.). Middle-East Journal of Scientific Research, 8(2): 519-525.
21. Rameeh, V. 2014. Multivariate regression analyses of yield associated traits in rapeseed (*Brassica napus* L.) Genotypes. Advances in Agriculture, 2014: 1-6.
22. Rosa, A.S., B. Blochtein, N.R. Ferreira and S. Witter. 2010. Apismellifera (*Hymenoptera: Apidae*) as a potential *Brassica napus* pollinator (cv. Hyola 432) (*Brassicaceae*). Brazilian Journal of Biology, 70 (4): 1075-1081.
23. Samadi Gorji, M., N.B. Jelodar and N. Bagher. 2009. Assessment of gamma ray irradiation on germination and morphological characters in rapeseed (*Brassica napus* L.). Journal of Agriculture Science Nat, 16: 315-324 (In Persian).
24. Samadi Gorji, M., A. Zaman Mirabadi, V. Rammeah, M. Hasanpour and A. Esmailifar. 2015. Evaluation of agronomic traits of mutants induced by gamma irradiation in PF and RGS003 varieties of rapeseed (*Brassica napus* L.). Journal of Crop Breeding, 7: 135-144 (In Persian).
25. Schnurbush, T., C. Mollers and H.C. Becker. 2000. A mutant of *Brassica napus* with increased palmitic acid content. Plant Breeding, 119: 141-144.
26. Shah, S.A., I. Ali and K. Rahman. 1990. Induction and selection of superior genetic variables of oilseed rape (*Brassica napus* L.). The Nucleus, 26: 37-40.
27. Siddiqui, M.A., I.A. Khan and A. Khatri. 2009. Induced quantitative variability by gamma rays and ethyl methane sulphonate alone and in combination in rapeseed (*Brassica napus* L.). Pakistan Journal of Botany, 41: 1189-1195.
28. Thagana, W.M., C.M.N. dirangu, E.O. Omolo and T.C. Riungu. 2013. Variability in M2 generations and characteristics of advanced mutant lines of rapeseed (*Brassica napus* L.). Journal of Agricultural Science, 4: 83-86.
29. Yadava, T.P., H. Singh, V.P. Gupta and R.K. Rana. 2010. Heterosis and combining ability in ray for yield and its components. Indian Journal of Genetics and Plant Breeding, 4(3): 684-695.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23]

[DOI: 10.29252/jcb.10.26.43]

The Selection of Superior Genotypes with High Oil Yield Performance in Rapeseed Mutant Lines (*Brassica Napus* L.)

Mehrzad Ahmadi[1], Mansour Omidi[2], Bahram Alizaheh[3] and Ail Akbar Shah Nejat Boushahri[4]

1 and 4- PhD Student and Professor, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran
2- Professor, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran
(Corresponding Author: momidi@ut.ac.ir)
3- Associate Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj
Received: April 29, 2017 Accepted: September 10, 2017

Abstract

With the aim of comparing the grain yield and yield components of 16 oilseed rape (*Brassica napus* L.) mutant lines with cultivars Talayeh, Zarfam, Express and Okapi as check cultivar an experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications during 2015-2016 cropping season in experimental field of Seed and Plant Improvement Institute (SPII) in Karaj. Analysis of variance showed significant differences among the genotypes in length of vegetation period, seed and oil yield. The results showed that the mutant line Z-800-6 had the most grain and oil yield compared to Okapi. The maximum and minimum number of days to maturity was related to mutant lines T-800-6 (256 days) and Exp-900-1 (238 days), respectively. Principal component analysis indicated that three principal components explained more than 79 percent of the variation and were correlated with grain yield, flowering time and oil yield respectively. Stepwise regression analysis showed that number of pod per plant and per main stem, pod length on main stem and 1000-grain weight explained the most of the variation of yield suggesting that they can be used as indices for increasing grain and oil yield in oilseed rape breeding.

Keywords: Canola, Mutant line, Principal component analysis, Seed yield

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23]

[DOI: 10.29252/jcb.10.26.43]