

نشریه علمی یافته‌های تحقیقاتی در گیاهان زراعی و باغی
جلد ۱۴، شماره ۱، سال ۱۴۰۴

روشنا، رقم پرمحصول جدید کلزای بهاره، مناسب برای کشت در مناطق گرم جنوب کشور

Roshana, a new high-yielding spring oilseed rape cultivar, appropriate for cultivation in the south warm regions of Iran

بهنام بخشی^۱، حسن امیری اوغان^۲، سید احمد کلانتراحمدی^۳، ولی اله رائه^۴، مهدی ناصری تفتی^۵، رحمت الله بهرام^۶، سید جلال رستگاری^۵، ابراهیم هزار جریبی^۷، فرامرز مجد^۵، احمد علی خواجه احمد عطاری^۸، مسعود رحیمی^۵، کامران مظفری^۵، ابوالفضل فرجی^۹، نرجس خاتون کازرانی^{۱۰}، حمیدرضا فنایی^{۱۱}، بهرام علیزاده^{۱۱}، حسین صادقی^{۱۲}، سیامک رحمانپور اوزان^{۱۳}، شهریار کیا^{۱۴}، عباس رضایی زاد^{۱۳} و پروانه قلی‌زاده سرچشمه^{۱۴}

- ۱- استادیار، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران.
- ۲، ۸، ۱۱ و ۱۴- به ترتیب، دانشیار، استادیار، استاد و محقق، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، کرج، ایران.
- ۳- استادیار، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی صفی آباد دزفول، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، دزفول، ایران.
- ۴- دانشیار، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، ساری، ایران.
- ۵- استادیار، پژوهشگر تحقیقات کشاورزی، پزشکی و صنعتی سازمان انرژی اتمی ایران (کرج).
- ۶، ۷ و ۹- به ترتیب، استادیار، مربی و استاد، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، گرگان، ایران.
- ۱۰- مربی، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، بوشهر، ایران.
- ۱۲- استادیار، بخش تحقیقاتی ارزیابی فنی و بازرسی مزارع بذری، موسسه تحقیقات ثبت و کنترل بذر و نهال، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، کرج، ایران.
- ۱۳- دانشیار، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، کرمانشاه، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۰۶

چکیده

بخشی، ب.، امیری اوغان، ح.، کلانتراحمدی، س.، ا.، رائه، و.، ناصری تفتی، م.، بهرام، ر.، رستگاری، س. ج.، هزار جریبی، ا.، مجد، ف.، خواجه احمد عطاری، ا. ع.، رحیمی، م.، مظفری، ک.، فرجی، ا.، خاتون کازرانی، ن.، فنایی، ح. ر.، علیزاده، ب.، صادقی، ح.، رحمانپور اوزان، س.، کیا، ش.، رضایی زاد، ع.، و قلی‌زاده سرچشمه، پ. ۱۴۰۴. روشنا، رقم پرمحصول جدید کلزای بهاره، مناسب برای کشت در مناطق گرم جنوب کشور. نشریه علمی یافته‌های تحقیقاتی در گیاهان زراعی و باغی (۱): ۷۴-۵۱.

به منظور ایجاد لاین‌های موتانت پرمحصول کلزا و متحمل به شوری، ارقام RGS003 و ساری‌گل با دزهای مختلف پرتو گاما (۷۰۰، ۸۰۰ و ۹۰۰ گری) تیمار شدند. انتخاب و اداره نسل‌های در حال تفکیک تا نسل پنجم (M5) به روش سبزه‌ای در شرایط خاک شور ایستگاه شوری گرگان انجام شد. از بین ۱۴۸ لاین موتانت انتخابی، ۱۰۰ لاین با درصد روغن بالا برگزیده شدند. در ادامه با ارزیابی سه‌ساله در شرایط خاک شور ایستگاه تحقیقات شوری گرگان، لاین SRL-93-8 حاصل از رقم RGS003 و پرتودهی ۷۰۰ گری به‌عنوان لاین امیدبخش شناسایی و برای ورود به

آزمایش‌های مقدماتی عملکرد انتخاب شد. این لاین در آزمایش‌های عملکرد در مناطق گرگان و ساری، با عملکرد دانه ۲۹۳۰ کیلوگرم در هکتار، نسبت به شاهد RGS003 با ۲۳۸۶ کیلوگرم، ۲۲/۷ درصد برتری نشان داد. همچنین در آزمون سازگاری در ایستگاه‌های اقلیم گرم جنوب و شمال کشور نیز با میانگین عملکرد ۲۵۰۹ کیلوگرم در هکتار، نسبت به شاهد با ۲۱۵۵ کیلوگرم، عملکرد بیشتری داشت. آزمایش تحقیقی-ترویجی نیز برتری این لاین را در شرایط زارع تایید کرد. بنابراین با توجه به ویژگی‌های مطلوب لاین SRL-93-8 نسبت به رقم شاهد، مانند تحمل شوری ($EC = 6-8 ds.m^{-1}$)، عملکرد دانه بیشتر (۴۴۹ کیلوگرم)، وزن هزاردانه بیشتر (۰/۳۶ گرم)، تعداد خورجین بیشتر (۲۶ عدد)، درصد بیشتر اسید اولئیک (۲/۱۳٪) و درصد کمتری از دو اسید چرب لینولئیک (۱/۴٪) و لینولئیک (۱/۳۹٪) برتری ۲۸/۱۱ درصدی عملکرد روغن، پایداری زیاد و یکنواختی در رسیدگی، این لاین در سال ۱۳۹۹ به نام روشنا نامگذاری و برای کشت در مناطق گرم جنوب کشور توصیه شد.

واژه‌های کلیدی: پایداری، زودرسی، شوری، عملکرد دانه

مقدمه

نیاز جهان به مواد غذایی در ۳۰ سال آینده افزایش خواهد یافت و امنیت غذایی یکی از چالش‌های مهم قرن حاضر می‌باشد و انتظار می‌رود که جمعیت فعلی جهان در سال ۲۰۵۰ به ۹/۸ میلیارد نفر برسد. در چند دهه گذشته علم اصلاح نباتات در بهبود ویژگی‌های زراعی محصولات مختلف و همچنین افزایش تولید موثر بوده است (Pourkheirandish *et al.*, 2020). کلزا (*Brassica napus*) همواره به‌عنوان یکی از دانه‌های روغنی مهم و مطرح در جهان پس از سویا است، که به‌دلیل قابلیت کشت پاییزه و بهاره و سازگاری با اقلیم‌های مختلف، نقش کلیدی در تأمین روغن خوراکی دارد. در سال ۱۴۰۲، ایران حدود ۱/۶۷۱ میلیون تن روغن خوراکی به ارزش تقریبی ۲/۳۷۷ میلیارد دلار وارد کرده است. سرانه مصرف روغن خوراکی در ایران بین ۲۲ تا ۲۴ کیلوگرم در سال برآورد شده است، که تقریباً دو برابر میانگین مصرف در اروپا (حدود ۱۱ کیلوگرم) است. بر اساس آمار سازمان خواروبار جهانی، میزان تولید کلزا در جهان و ایران به ترتیب ۷۵ و ۰/۱۴ میلیون تن می‌باشد (Anonymous, 2019). گیاه کلزا به دلیل قابلیت کشت در اقلیم‌های مختلف و قرار گرفتن در تناوب با گندم از اهمیت زیادی جهت توسعه کشت دانه‌های روغنی در کشور برخوردار است. روغن کلزا به دلیل دارا بودن اسیدهای چرب اشباع کم (۷/۰۷-۹/۵۶ درصد)، زیاد بودن اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه

(۶۱/۱۹-۵۴/۳ درصد) و کافی بودن اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه (۳۶/۱۴-۳۱/۴۵ درصد) یکی از روغن‌های خوراکی رایج است (Beyzi *et al.*, 2019). دانه ارقام کلزا دارای ۴۵-۴۷ درصد روغن و ۲۴-۲۰ درصد پروتئین است. روغن کلزا تقریباً دارای ۶۲ درصد اسید اولئیک، ۲۰ درصد اسید لینولئیک، ۱۰ درصد اسید لینولئیک و حدود ۷ درصد اسیدهای چرب اشباع (پالمیتیک و استئاریک) است (Möllers, 2009).

بهبود عملکرد کمی و کیفی هدف اصلی برنامه‌های به‌نژادی در سراسر جهان است. از سال ۱۹۶۰ میلادی برنامه‌های به‌نژادی جهت انتخاب ژنوتیپ‌هایی با اسید اروسیک (کمتر از ۲ درصد) و گلوکوزینولات (کمتر از ۲۵ میکرومول در هر گرم کنجاله) بسیار اندک متمرکز شد. در طول دو دهه اخیر نیز انتخاب بر مبنای زیاد بودن اسید اولئیک و کم بودن اسید لینولئیک مورد توجه قرار گرفته است (Liersch *et al.*, 2020). عملکرد کمی و کیفی تحت تاثیر ژنوتیپ، محیط و همچنین اثر متقابل آنها می‌باشد. سازگاری گیاهان بوسیله سازوکارهای مختلفی از جمله تغییر در مورفولوژی، الگوی رشد و نمو، واکنش‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی آنها انجام می‌شود (Kalantar Ahmadi *et al.*, 2016). از این رو، برنامه‌های به‌نژادی گسترده‌ای در جهان جهت شناخت بیشتر اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در جریان است (Moghadam and Pourdad, 2011; Liersch *et al.*, 2020).

با توجه به تغییرات اقلیمی، توسعه ارقام جدید و سازگار با اقلیم ضروری است. در همین راستا، برنامه‌های پژوهشی اصلاح و معرفی ارقام جدید کلزا با تمرکز بر صفات مورد نیاز اقلیم ایران از جمله مقاومت به کم‌آبی و شوری، تحمل ورس (خوابیدگی)، زودرسی و پرمحصولی در دستور کار قرار گرفته است. در سه دهه گذشته ارقام متعددی از کلزا در ایران به ثبت رسیده است. «ساری گل» و «طلایه» به عنوان اولین ارقام توسط محققان موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در سال ۱۳۷۸ معرفی شدند. در ادامه، در دهه ۸۰ همزمان با اجرای برنامه‌های تحقیقاتی به منظور معرفی ارقام جدید، ارقام وارداتی مانند RGS003، Hyola 420 و Hyola 4815 نیز تحت آزمون قرار گرفتند و سپس معرفی شدند. در دهه ۱۳۹۰ ارقام آزادگرده‌افشان مانند ظفر، احمدی، دلگان، نیما و نفیس برای اقلیم‌های مختلف کشور معرفی شدند. از دیگر اقدامات انجام شده در راستای معرفی رقم در کلزا، استفاده از روش‌های جهش‌زایی با استفاده از پرتوتابی است. رقم روشنا که در مطالعه حاضر به آن پرداخته می‌شود، حاصل پرتوتابی رقم RGS003 و انتخاب از تنوع ایجاد شده در نسل‌های در حال تفرق و نمایش برتری آن در آزمایشات تنش شوری، مقدماتی و سازگاری عملکرد است (Amiri Oghan, 2019).

مواد و روش‌ها

ایجاد تنوع و شناسایی لاین موتانت

پرمحصول متحمل به شوری

مقدار ۶۰ گرم بذر ارقام کلزای پرمحصول و دارای صفات مطلوب زراعی به نام‌های RGS003 و ساری گل پس از رساندن درصد رطوبت بذر آنها به حدود ۱۳ درصد در اتاق گاماسل تحت پرتوگاما با دزهای ۷۰۰، ۸۰۰ و ۹۰۰ گری در مرکز تحقیقات کشاورزی، پزشکی و صنعتی سازمان انرژی اتمی ایران (کرج) پرتوتابی شدند. به منظور داشتن دو نسل در سال، بذور پرتودهی شده (M1) بلافاصله اواخر اردیبهشت سال ۱۳۸۳ به ایستگاه کلاردشت منتقل و به تفکیک میزان پرتو ورقم روی خطوط معجزا کشت شدند. با توجه به درصد زیاد دگرگشتی کلزا (۳۰ درصد) در زمان شروع گلدهی کلیه بوته‌های بارور با نصب پایه‌های فلزی و پوشاندن توری خودگشن و جمعیت نسل دوم (M2) تهیه شد. کلیه دگرشکلی‌های حاصل در مزرعه طی دوره رویش شناسایی و با ذکر نوع دگرشکلی طبقه‌بندی شدند.

در پاییز ۱۳۸۳ بذور M2 به همراه والدین و به تفکیک میزان پرتو ورقم در ایستگاه تحقیقات شوری گرگان ($EC = 7/9 - 9/52 \text{ ds.m}^{-1}$) کشت شدند. گزینش تک‌بوته به روش شجره‌ای به مدت سه سال متوالی تا سال ۱۳۸۶ برای دستیابی به لاین‌های خالص (M5) انجام شد. با هدف غنی‌سازی ژرم پلاسما، کلیه فامیل‌های متحمل یا نسبتاً متحمل به شوری از لحاظ صفات زراعی و موفولوژیکی گزینش و در نهایت تعداد ۱۴۸ لاین موتانت از دورقم RGS003 و ساری گل و دوزهای پرتوتابی ۷۰۰، ۸۰۰ و ۹۰۰ گری حاصل

ارزیابی مقدماتی عملکرد و بررسی سازگاری

به منظور بررسی مقدماتی عملکرد و دیگر صفات زراعی، لاین 8-93-SRL به همراه ۲۱ لاین امید بخش بهاره کلزا و رقم شاهد RGS003 در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت یک سال زراعی (۱۳۹۳-۱۳۹۴) در گرگان و ساری ارزیابی شدند. در ادامه، به منظور تعیین ارزش زراعی، مقایسه عملکرد و سازگاری، لاین 8-93-SRL، به همراه ۱۵ لاین دیگر و رقم شاهد RGS003 در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مناطق گرگان، ساری، برازجان و زابل طی دو سال زراعی (۱۳۹۴-۱۳۹۶) کشت و ارزیابی شدند.

طی آزمایش سازگاری در گرگان، لاین 8-93-SRL به همراه دیگر لاین‌های مورد ارزیابی در مرحله پر شدن دانه‌ها با روش مایه‌زنی مصنوعی به بیماری اسکروتینیایی ساقه ناشی از قارچ با نام علمی *Sclerotinia sclerotiorum* آلوده شدند. در ابتدا جدایه قارچ عامل بیماری روی محیط کشت عمومی سیب زمینی دکستروز آگار کشت و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ روز نگهداری شدند تا به عنوان مایه تلقیح استفاده شود. از هر لاین یا رقم، تعداد شش بوته مایه‌زنی و ده روز پس از آن نسبت به یادداشت برداری طول زخم (میلی‌متر) اقدام و میانگین طول زخم‌های ایجاد شده روی ساقه در گروه بندی و امتیازدهی ژنوتیپ‌ها با در نظر گرفتن سیستم عددی استفاده شد. به طوری که

و بذور سلف شده آنها جداگانه جمع‌آوری شد. لاین‌های موتانت انتخابی در همان سال از لحاظ میزان روغن دانه (۴۴-۳۸ درصد) ارزیابی و تعداد ۱۰۰ لاین موتانت انتخاب شدند. در پاییز ۱۳۸۸ هر یک از ۱۰۰ لاین حاصل (M5) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی عراقی محله گرگان کشت و قبل از شروع گلدهی نسبت به سلف ۲۰ بوته از هر خط با استفاده از پاکت اقدام شد.

در سال ۱۳۸۹ لاین‌های موتانت کلزا (M6) به همراه سه رقم شاهد ساری گل، RGS003 و Hyola401 در شرایط تنش شوری (ایستگاه تحقیقات شوری استان گلستان در شهرستان آق‌قلا) از نظر عملکرد و اجزای عملکرد در قالب طرح آگمنت مورد ارزیابی قرار گرفتند و از بین لاین‌های مورد بررسی، لاین 8-93-SRL به همراه ۱۶ لاین دیگر در سال ۱۳۹۰ در همان مزرعه و در قالب طرح بلوک‌های کامل با سه تکرار بررسی شدند. در ادامه ارزیابی اولیه عملکرد و سایر صفات تعداد شش لاین منتخب از آزمایش شوری شامل لاین 8-93-SRL به همراه چهار رقم شاهد بهاره ظفر، ساری گل، RGS003 و Hyola401 در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه عراقی محله گرگان به مدت یک سال زراعی (۱۳۹۲-۱۳۹۳) انجام شد. در طول فصل زراعی، صفات روز تا شروع گلدهی، روز تا خاتمه گلدهی، طول دوره گلدهی، تعداد خورجین در بوته، ارتفاع بوته، روز تا رسیدگی، وزن هزار دانه و عملکرد دانه یادداشت برداری شد.

مشاهدات بدون زخم در گروه مقاوم، مشاهدات با طول زخم بین صفر تا ۵۰ در گروه نیمه‌مقاوم، مشاهدات با طول زخم ۵۰ تا ۱۰۰ در گروه نیمه‌حساس و بیشتر از ۱۰۰ در گروه حساس طبقه‌بندی شدند (Bradley et al., 2006; Rahmanpour et al., 2011).

ارزیابی کیفیت دانه و روغن در آزمایشگاه ملی بخش تحقیقات دانه‌های روغنی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج با استفاده از ۵۰ گرم بذر از هر لاین انجام شد. ترکیبات اسیدهای چرب لاین جدید با استفاده از روش کروماتوگرافی گازی (Kaushik and Agnihotri, 1997) تعیین و میزان روغن دانه و مقدار گلوکوزینولات دانه و کنجاله به ترتیب توسط دستگاه‌های سوکسله و GC انجام شد.

مقایسه عملکرد لاین منتخب در شرایط زارع

به منظور ارزیابی لاین SRL-93-8 در شرایط کشاورزان و ترویج کشت آن، آزمایش تحقیقی- ترویجی در دو منطقه استان گلستان از توابع گمیشان در شرایط خاک با شوری معادل چهار دسی‌زیمنس بر متر و آب معمولی به همراه رقم شاهد (دلگان) اجرا شد. مساحت کشت برای هر ژنوتیپ حدود ۲۰۰۰ مترمربع و میزان مصرف بذر پنج کیلوگرم در هکتار بود. عملیات کشت توسط دستگاه ریزدانه کار تا کا ۲۲۰۰ انجام شد.

تجزیه‌های آماری

داده‌های به دست آمده از ایستگاه‌های مختلف برای بررسی وجود یا عدم وجود داده‌های پرت

با نمودار جعبه‌ای بررسی و سپس نرمال بودن آن‌ها با استفاده از آزمون آندرسون دارلینگ تایید شد. تجزیه واریانس ابتدا به صورت ساده برای تمام محیط‌های آزمایشی انجام و سپس آزمون بارتلت (سازگاری) برای بررسی همگنی واریانس‌ها انجام شد. تجزیه واریانس مرکب نیز با فرض ثابت بودن اثر ژنوتیپ و تصادفی بودن اثر محیط صورت گرفت و آزمون F با توجه به امید ریاضی منابع تغییرات انجام شد. بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و تجزیه پایداری به دو روش ضریب برتری (Lin and Binns, 1988) و GGE-biplot (Yan and Kang, 2002) انجام شد. آزمایش تحقیقی-ترویجی در شرایط زارع و هر رقم/لاین در سطح ۲۰۰۰ متر و بدون تکرار کشت شد. مقایسه میانگین صفات مورد بررسی نیز با استفاده از آزمون تی استیودنت انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج پرتوتابی و ایجاد تنوع

استفاده از پرتودهی گاما به عنوان روشی برای ایجاد تنوع ژنتیکی و به نژادی در کلزا مورد توجه قرار گرفته است. در این بررسی، مناسب‌ترین دز پرتودهی برای ایجاد موتاسیون در کلزا ۷۰۰ گری شناخته شد. مطالعات مشابه نیز نشان داده‌اند که دزهای پرتودهی بالا، مانند ۱۰۰۰ گری، می‌توانند منجر به کاهش صفات زراعی مطلوب شوند. به عنوان مثال، در پژوهشی روی خردل هندی، دزهای بالاتر از ۱۱۰۰ گری باعث کاهش فراوانی

موتاسیون‌های مفید و افزایش آسیب‌های ژنتیکی شدند (Julia *et al.*, 2018). بنابراین، انتخاب دز مناسب پرتودهی برای هر گونه و رقم خاص، با توجه به حساسیت ژنتیکی آن، از اهمیت بالایی برخوردار است. در این پژوهش، با گذشت هر نسل و افزایش یکنواختی درون جمعیتی، با حذف جمعیت‌های مشابه و انتخاب بوته از جمعیت‌های برتر، درنهایت ۱۰۰ لاین موتانت خالص کلزا (از رقم RGS003 تعداد ۲، ۳ و ۲۷ لاین موتانت و از رقم ساری گل تعداد ۳۲، ۲۶ و ۱۰ لاین موتانت به ترتیب از دزهای ۷۰۰، ۸۰۰ و ۹۰۰ گری) در نسل M6 به دست آمد.

شناسایی لاین موتانت خالص پرمحصول و

متحمل به شوری در منطقه گرگان

مطالعات نشان داده‌اند که پرتودهی گاما می‌تواند منجر به ایجاد لاین‌های موتانت با تحمل بیشتر به تنش‌های محیطی مانند شوری شود (Mosleh *et al.*, 2008). به همین منظور، ارزیابی اولیه ۱۰۰ لاین موتانت نسل M6 در قالب طرح آگمنت و در شرایط تنش شوری در منطقه گرگان انجام شد. مطالعات پیشین تأیید کرده‌اند که تنش شوری می‌تواند با تأثیر بر فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز، جذب نیتروژن و کربن، منجر به کاهش عملکرد دانه در کلزا شود (Wang *et al.*, 2022). بر اساس نتایج ارزیابی لاین‌های موتانت و ارقام شاهد در این مطالعه، عملکرد دانه ارقام شاهد ساری گل، RGS003 و Hyola401 به ترتیب ۲۲۷۶، ۲۰۶۲ و ۲۲۳۸ کیلوگرم در هکتار بود و تعداد ۴۳، ۵۴ و ۶۲ لاین

موتانت عملکرد دانه بیشتری را به ترتیب از ارقام ساری گل، Hyola401 و RGS003 نشان دادند. از این تعداد، ۱۷ لاین با عملکرد بیشتر از تمامی شاهد‌ها از جمله لاین 8-93-SRL به همراه رقم شاهد RGS003 انتخاب و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفتند. تجزیه واریانس نشان داد که بین لاین‌های موتانت از نظر تمامی صفات مورد بررسی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک تا پنج درصد وجود دارد. جدول مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که لاین موتانت 8-93-SRL (حاصل از رقم RGS003 با دز مصرفی ۷۰۰ گری اشعه گاما) با عملکرد دانه ۳۴۶۴ کیلوگرم در هکتار نسبت به رقم شاهد RGS003 به میزان ۷۹۴ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه بیشتری دارد. همچنین مشخص شد لاین موتانت 8-93-SRL دارای بیشترین وزن هزاردانه (۳/۶۷ گرم) و از لحاظ تعداد خورجین در بوته، برتر از رقم شاهد RGS003 بود (جدول ۱).

به منظور ارزیابی اولیه عملکرد لاین‌های برتر موتانت در منطقه گرگان، تعداد شش لاین موتانت برتر از جمله 8-93-SRL در آزمایش شوری برای ارزیابی عملکرد در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در شرایط نرمال انتخاب و مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس حاکی از وجود اختلاف و در نتیجه تنوع ژنتیکی معنی‌دار در سطوح احتمال یک تا پنج درصد بین تیمارها از لحاظ صفات مورد مطالعه بود. مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی نشان داد که

جدول ۱- مقایسه میانگین عملکرد دانه و برخی صفات زراعی و فنولوژیک ژنوتیپ‌های موتانت و ارقام شاهد کلزا در گرگان (۹۱-۱۳۹۰)

Table 1. Comparison of the mean grain yield and some agronomic and phenological traits of mutant genotypes and control cultivars of oilseed rape in Gorgan (2011–2012)

ژنوتیپ Genotype	روز تا شروع گلدهی DSF	روز تا پایان گلدهی DEF	طول دوره گلدهی (روز) FP	روز تا رسیدگی DM	ارتفاع بوته (cm) PH	تعدادخوارجین در بوته PNP	وزن هزار دانه (g) TGW	عملکرد دانه (Kgha ⁻¹) GY
Sarigol 700 Gy	92	126	34	166	80	57	3.17	2143
Sarigol 700 Gy	92	126	34	161	83	53	3.47	2011
Sarigol 700 Gy	90	126	36	160	82	66	3.37	1918
Sarigol 700 Gy	97	127	29	161	73	65	3.20	1954
Sarigol 700 Gy	97	127	30	163	83	60	3.53	3190
Sarigol 700 Gy	95	129	34	163	86	74	3.33	2458
Sarigol 800 Gy	99	133	34	163	89	67	3.40	2127
Sarigol 800 Gy	90	122	32	162	82	72	3.57	2216
Sarigol 800 Gy	98	131	33	170	95	80	3.37	2177
Sarigol 800 Gy	98	130	32	166	86	79	3.53	3259
Sarigol 900 Gy	92	130	37	161	75	70	3.50	2239
RGS003 700 Gy	98	131	33	161	78	58	3.23	2346
RGS003 700 Gy	97	133	36	162	73	52	3.27	3263
RGS003 700 Gy(SRL-93-8)	97	133	36	161	83	74	3.67	3464
RGS003 800 Gy	97	133	36	162	80	55	3.57	2312
RGS003 900 Gy	97	129	33	161	82	57	3.50	3275
RGS003 900 Gy	98	135	36	162	78	51	3.60	2329
Sarigol	96	131	35	165	87	51	3.60	2694
RGS003	96	129	33	161	89	56	3.50	2670
Hyola 401	90	128	38	160	85	56	3.50	2120
Mean	95	129	34	163	82	63	3.44	2508
LSD 5%	1.67	1.70	1.95	1.64	11.20	15.74	0.34	441.80
LSD 1%	2.23	2.27	2.61	2.20	14.99	21.06	0.45	591.11

DSF: Days to start flowering, DEF: Days to end flowering, DM: Days to maturity, FP: Flowering period, GY: Grain yield, PH: Plant height, PNP: Pod number in plant, TGW: Thousand grain weight

وزن هزاردانه (۴/۸۵) در قیاس با رقم شاهد نشان داد.

سازگاری و تعیین ارزش زراعی (VCU)

تجزیه مرکب آزمایش نشان داد که اثر محیط از لحاظ تمامی صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. معنی دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای تمامی صفات در سطح احتمال یک درصد، نشان دهنده واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف و اهمیت انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار در شرایط متنوع محیطی است. در این مطالعه، بین ژنوتیپ‌ها به جز طول دوره گلدهی، ارتفاع بوته و وزن هزار دانه، از لحاظ سایر صفات شامل روز تا شروع و خاتمه گلدهی، روز تارسیدگی، تعداد خورجین در بوته و عملکرد دانه اختلاف معنی داری وجود داشت، که این امر نشان دهنده وجود تنوع ژنتیکی در لاین‌های مورد بررسی بود. اثر ژنوتیپ × محیط برای تمامی صفات در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۵). میانگین صفات مورد مطالعه برای چهار منطقه طی دو سال همراه با میانگین جامعه و حداقل اختلاف معنی دار هر صفت در سطوح احتمال یک و پنج درصد در جدول ۶ نشان داده شده است. لاین SRL-93-8 با عملکرد ۲۵۰۹ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی داری نسبت به رقم شاهد RGS003 با متوسط عملکرد ۲۱۵۵ کیلوگرم در هکتار داشت. همچنین این لاین اختلاف معنی داری را نسبت به رقم شاهد از نظر وزن هزاردانه و تعداد خورجین در بوته نشان داد.

لاین موتانت SRL-93-8 حاصل از RGS003 با پرتوتابی ۷۰۰ گری با تولید ۲۴۴۹ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را داشت. اختلاف عملکرد دانه این ژنوتیپ در قیاس با رقم شاهد RGS003 برابر با ۱۳۳ کیلوگرم در هکتار بود. این ژنوتیپ بیشترین وزن هزار دانه (۴/۷ گرم) را داشت. ارقام شاهد ساری گل، RGS003 و Hyola401 و ظفر به ترتیب دارای میانگین عملکرد ۱۸۱۱، ۲۳۱۶، ۱۷۶۵ و ۱۵۶۲ کیلوگرم در هکتار بودند (جدول ۲).

مقایسه مقدماتی عملکرد لاین موتانت همراه

با لاین‌های امیدبخش بهاره

پس از انتخاب از میان تنوع، ارزیابی در شرایط شور و سپس نرمال، لاین موتانت SRL-93-8 به عنوان لاین موتانت برتر به همراه ۲۱ لاین امیدبخش بهاره و رقم شاهد RGS003 در مناطق گرگان و ساری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفتند. تجزیه مرکب از لحاظ صفات مورد مطالعه اختلاف معنی داری را بین ژنوتیپ‌ها نشان داد. اثر مکان و اثر متقابل ژنوتیپ × مکان در سطح احتمال یک درصد برای تمامی صفات مورد مطالعه معنی دار شد (جدول ۳). نتایج بررسی مقایسه میانگین صفات در مناطق مختلف نشان داد که لاین SRL-93-8 با عملکرد دانه ۲۹۳۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به رقم شاهد RGS003 (۲۳۸۶ کیلوگرم در هکتار) برتر بود (جدول ۴). این لاین تفاوت معنی داری از لحاظ صفات تعداد خورجین در بوته (۱۵۵) و

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه و برخی صفات زراعی و فنولوژیک ژنوتیپ‌های موتانت و ارقام شاهد کلزا در گرگان (۹۳-۱۳۹۲)

Table 2. Comparison of mean grain yield and selected agronomic and phenological traits of mutant genotypes and control cultivars of oilseed rape in Gorgan (2013–2014)

ژنوتیپ Genotype	روز تا شروع گلدهی DSF	روز تا پایان گلدهی DEF	طول دوره گلدهی (روز) FP	روز تا رسیدگی DM	ارتفاع بوته (cm) PH	تعدادخوارجین در بوته PNP	وزن هزار دانه (g) TGW	عملکرد دانه (Kgha ⁻¹) GY
Sarigol 700 Gy	125	155	30	186	130	79	4.0	1866
Sarigol 800 Gy	127	159	32	186	126	73	3.3	1949
RGS003 700 Gy (SRL-93-8)	128	157	29	185	130	99	4.7	2449
RGS003 800 Gy	121	155	35	185	126	76	3.0	2234
RGS003 900 Gy	123	155	32	185	129	113	4.3	1817
RGS003 900 Gy	122	155	33	185	140	84	4.0	1735
Sarigol	126	157	31	186	128	111	4.0	1811
RGS003	120	156	36	185	130	80	4.0	2316
Hyola401	119	150	31	185	111	102	4.0	1765
Zafar	120	155	34	186	128	107	3.3	1562
Mean	123	155	32	185	128	92	3.86	1950
LSD 5%	3.61	2.89	3.73	0.73	15.37	39.25	0.97	453.24
LSD 1%	4.94	3.95	5.11	1.00	21.05	53.77	1.33	620.85

DSF: Days to start flowering, DEF: Days to end flowering, DM: Days to maturity, FP: Flowering period, GY: Grain yield, PH: Plant height, PNP: Pod number in plant, TGW: Thousand grain weight

جدول ۳- میانگین مربعات عملکرد دانه و برخی صفات زراعی و فنولوژیک لاین‌های بهاره و رقم شاهد کلزا در آزمایش مقدماتی عملکرد مناطق گرگان و ساری (۹۴-۱۳۹۳)

Table 3. Mean squares of grain yield and selected agronomic and phenological traits of spring lines and the control cultivar of oilseed rape in the preliminary yield trial conducted in Gorgan and Sari (2014–2015)

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی Df	روز تا شروع گلدهی DSF	روز تا پایان گلدهی DEF	طول دوره گلدهی (روز) FP	روز تا رسیدگی DM	ارتفاع بوته (cm) PH	تعدادخوارجین در بوته PNP	وزن هزار دانه (g) TGW	عملکرد دانه (Kgha ⁻¹) GY
Environment	1	2061.17**	183.75**	325.96*	6696.77**	4583.69**	92.96*	0.02 ^{ns}	24677458**
Error	4	33.05	2.68	29.46	3.84	6.72	607.1	2.48	556076
Genotype	22	348.20**	242.26**	111.50**	38.14**	641.89**	21.92**	0.18**	544239**
Gen. × Env.	22	131**	179.49**	159.42**	51.48**	304.62**	193.01**	0.17**	630936**
Error	88	18.72	7.08	22.23	7.02	65.04	140.14	0.05	253642
CV%		3.56	1.63	11.37	1.28	5.4	9.43	5.44	19.81

ns, * and ** indicate non-significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively. Df: Degree of freedom, DSF: Days to start flowering, DEF: Days to end flowering, DM: Days to maturity, FP: Flowering period, GY: Grain yield, PH: Plant height, PNP: Pod number in plant, TGW: Thousand grain weight

جدول ۴- میانگین عملکرد دانه و برخی صفات زراعی و فنولوژیک لاین‌های بهاره و رقم شاهد کلزا در آزمایش مقدماتی عملکرد مناطق گرگان و ساری (۱۳۹۳-۹۴)

Table 4. Mean grain yield and selected agronomic and phenological traits of spring lines and the control cultivar of oilseed rape in the preliminary yield trial conducted in Gorgan and Sari (2014–2015)

ژنوتیپ Genotype	روز تا شروع گلدهی DSF	روز تا پایان گلدهی DEF	طول دوره گلدهی (روز) FP	روز تا رسیدگی DM	ارتفاع بوته (cm) PH	تعداد خورجین در بوته PNP	وزن هزار دانه (g) TGW	عملکرد دانه (Kgha ⁻¹) GY	رتبه عملکرد Rank
SRL-93-1	132	168	36	210	161	125	4.13	2544	13
SRL-93-2	115	166	41	205	146	99	3.73	2508	14
SRL-93-3	122	163	41	206	135	139	4.14	1552	23
SRL-93-4	108	150	42	199	159	146	4.61	2893	3
SRL-93-5	124	173	49	208	173	156	4.99	2706	9
SRL-93-6	122	156	34	208	156	133	4.91	2338	20
SRL-93-7	134	174	40	209	168	128	4.43	2752	5
SRL-93-8	124	161	37	210	158	155	4.85	2930	2
SRL-93-9	119	159	40	208	138	98	4.41	2425	17
SRL-93-10	110	152	42	206	151	115	4.70	2707	8
RGS003	116	158	42	209	134	122	4.30	2386	18
SRL-93-11	121	169	48	209	152	107	4.42	2737	7
SRL-93-12	111	157	46	208	145	163	4.97	2955	1
SRL-93-13	123	165	42	206	143	131	4.12	2741	6
SRL-93-14	120	165	45	205	150	110	4.07	2335	21
SRL-93-15	131	168	37	207	153	144	3.76	2474	15
SRL-93-16	120	163	43	210	148	123	4.04	2578	11
SRL-93-17	114	160	46	209	135	131	4.39	2143	22
SRL-93-18	123	169	46	210	141	115	4.39	2550	12
SRL-93-19	120	164	44	208	157	108	4.50	2769	4
SRL-93-20	116	164	48	207	144	132	4.11	2651	10
SRL-93-21	136	171	35	210	141	98	4.12	2367	19
SRL-93-22	133	169	36	208	146	112	3.85	2436	16
Mean	122	164	41	207	149	126	4.00	2542	
LSD 5%	4.15	2.55	4.52	2.54	7.73	11.35	0.21	482.68	–
LSD 1%	5.95	3.66	6.48	3.64	11.08	16.27	0.30	692.03	

DSF: Days to start flowering, DEF: Days to end flowering, DM: Days to maturity, FP: Flowering period, GY: Grain yield, PH: Plant height, PNP: Pod number in plant, TGW: Thousand grain weight

جدول ۵- میانگین عملکرد دانه و برخی صفات زراعی و فنولوژیک لاین‌های بهاره و رقم شاهد کلزا در مناطق گرم و مرطوب و گرم و خشک (۹۶-۱۳۹۴)
Table 5. Mean grain yield and selected agronomic and phenological traits of spring lines and the control cultivar of oilseed rape in warm humid and warm arid regions (2015–2017)

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی Df	روز تا شروع گلدهی DSF	روز تا پایان گلدهی DEF	طول دوره گلدهی (روز) FP	روز تا رسیدگی DM	ارتفاع بوته (cm) PH	تعدادخوارجین در بوته PNP	وزن هزار دانه (g) TGW	عملکرد دانه (Kgha ⁻¹) GY
Environment	7	18807**	21920**	1617**	41505**	15129**	36439**	7.02**	5590817**
Error	16	322.13	222.21	17.02	10.9	100.54	569.04	0.13	479784.5
Genotype	15	98.39**	131.44**	153.01	181.12**	847.42	2284.63**	0.28	894856**
Gen. × Env.	105	43.41**	82.99**	99.98**	35.06**	515.74**	639.48**	0.22**	460108**
Error	240	2.62	4.52	24.42	9.98	86.92	143.31	0.1	127741.6
CV%		1.5	1.44	12.34	1.8	6.58	9.09	9.25	15.33

*,** indicate significance at the 5% and 1% probability levels, respectively. Df: Degree of freedom, DSF: Days to start flowering, DEF: Days to end flowering, DM: Days to maturity, FP: Flowering period, GY: Grain yield, PH: Plant height, PNP: Pod number in plant, TGW: Thousand grain weight

جدول ۶- میانگین عملکرد دانه و برخی صفات زراعی و فنولوژیک لاین‌های بهاره و رقم شاهد کلزا در آزمایش سازگاری عملکرد مناطق گرم و مرطوب و گرم و خشک (۹۶-۱۳۹۴)

Table 6. Mean grain yield and selected agronomic and phenological traits of spring lines and the control cultivar of oilseed rape in the yield adaptability trial conducted in warm humid and warm arid regions (2015–2017)

ژنوتیپ Genotype	روز تا شروع گلدهی DSF	روز تا پایان گلدهی DEF	طول دوره گلدهی (روز) FP	روز تا رسیدگی DM	ارتفاع بوته (cm) PH	تعداد خورجین در بوته PNP	وزن هزار دانه (g) TGW	عملکرد دانه (Kgha ⁻¹) GY	رتبه عملکرد Rank
SRL-93-1	107	147	40	174	145	128	3.38	2224	11
SRL-93-2	109	147	38	177	144	123	3.40	2114	16
SRL-93-3	109	148	39	175	139	131	3.36	2150	14
SRL-93-4	99	145	46	166	140	148	3.51	2581	2
SRL-93-5	108	148	39	176	144	131	3.42	2128	15
SRL-93-6	108	152	44	176	144	126	3.44	2276	7
SRL-93-7	109	150	41	176	131	132	3.46	2455	6
SRL-93-8	110	146	36	176	145	148	3.54	2509	3
SRL-93-9	104	144	40	170	131	117	3.33	2237	10
SRL-93-10	109	150	42	175	139	127	3.40	2268	8
RGS003	109	149	40	177	151	129	3.37	2155	13
SRL-93-11	109	149	40	176	147	134	3.48	2479	5
SRL-93-12	107	144	37	175	148	150	3.78	2774	1
SRL-93-13	107	146	39	175	134	120	3.53	2265	9
SRL-93-14	104	145	41	175	146	135	3.43	2491	4
SRL-93-15	111	148	37	175	140	128	3.37	2184	12
Mean	108	147	40	175	142	132	3.45	2331	
LSD 5%	0.92	1.20	2.80	1.79	5.27	6.77	0.18	202.22	–
LSD 1%	1.20	1.58	3.67	2.35	6.93	8.90	0.24	265.78	

DSF: Days to start flowering, DEF: Days to end flowering, DM: Days to maturity, FP: Flowering period, GY: Grain yield, PH: Plant height, PNP: Pod number in plant, TGW: Thousand grain weight

تجزیه پایداری

کوچک P_i نشان می‌دهد که فاصله لاین مورد نظر از ژنوتیپی که دارای حداکثر عملکرد دانه است، کمتر است که نشان‌دهنده سازگاری عمومی است. لاین SRL-93-8 ضمن داشتن عملکرد دانه مطلوب از مقادیر پایین شاخص برتری نیز برخوردار بودند که به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار شناخته می‌شود (جدول ۷).

به‌منظور ارزیابی سازگاری، تجزیه پایداری با دو روش شاخص برتری و تجزیه گرافیکی GGE-biplot انجام شد. شاخص برتری (P_i) به‌صورت میانگین مربعات فاصله بین واکنش ژنوتیپ و حداکثر واکنش در محیط‌ها تعریف شده است (Lin and Binns, 1988). مقادیر

جدول ۷- میانگین عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) و آماره پایداری برای ژنوتیپ‌های بهاره و رقم شاهد کلزا در مناطق گرم و مرطوب و گرم و خشک (۹۶-۱۳۹۴)

Table 7 – Mean grain yield (kg/ha) and stability statistics for spring genotypes and the control cultivar of oilseed rape in warm humid and warm arid regions (2015–2017)

ژنوتیپ	عملکرد دانه	ضریب برتری لین و بینز (P_i)	رتبه ضریب برتری لین و بینز (P_i)
Genotype	Grain yield	Lin and Binns Superiority Index	Lin and Binns index rank
SRL-93-1	2224	33.33	11
SRL-93-2	2114	34.93	13
SRL-93-3	2150	44.06	16
SRL-93-4	2581	17.15	2
SRL-93-5	2128	35.41	14
SRL-93-6	2276	28.14	7
SRL-93-7	2455	21.04	4
SRL-93-8	2509	18.27	3
SRL-93-9	2237	28.74	8
SRL-93-10	2268	34.38	12
RGS003	2155	33.14	10
SRL-93-11	2479	25.33	6
SRL-93-12	2774	8.67	1
SRL-93-13	2265	32.31	9
SRL-93-14	2491	23.54	5
SRL-93-15	2184	43.95	15
Mean	2331		

*ضریب P_i محاسبه شده بر یک میلیون تقسیم شده است.

*The P_i coefficient has been divided by one million.

این تغییرات ۴۶/۱ درصد مربوط به مولفه اول و ۲۷/۵ درصد مربوط به مولفه دوم بود. مختصات محیط متوسط نمایش میانگین ژنوتیپ و پایداری ژنوتیپ‌ها از طریق محوری که از مبدا بای‌پلات

روش گرافیکی GGE-biplot برای ژنوتیپ‌های کلزا نشان داد که دو مولفه اول در مجموع ۷۳/۶ درصد تغییرات مربوط به عملکرد دانه را در محیط‌های مختلف توجیه می‌کنند. از

و محیط متوسط (دایره قرمز رنگ کوچک روی محور) عبور کرده را نشان می‌دهد (شکل ۱). تصاویر علائم ژنوتیپ‌ها بر روی این محور، برآوردی از میانگین عملکرد آنهاست (Yan and Kang, 2002). ضریب همبستگی محاسبه شده بین این رتبه‌بندی و میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها ۰/۹۹ بود که نشان‌دهنده تبیین مناسب میانگین ژنوتیپ‌ها بر روی محور محیط متوسط بود. در این شکل، جهت پیکان قرمز رنگ میانگین بیشتر را نمایش می‌دهد و محور عمودی آبی رنگ، برآوردی از اثر متقابل و پایداری ژنوتیپ‌ها را فراهم می‌کند و فاصله بیشتر از مبداء (نقطه تقاطع با محور قرمز رنگ) معیاری برای تغییرپذیری یا بی‌ثباتی ژنوتیپ‌هاست. بنابراین لاین SRL-93-8 به عنوان یکی از ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار در محیط متوسط اغلب مناطق مورد آزمایش بود. رقم شاهد RGS003 در منتهی‌الیه سمت چپ بای‌پلات و در قسمت منفی مختصات بای‌پلات قرار گرفت که نشان‌دهنده میانگین عملکرد کمتر به ژنوتیپ‌های مورد بررسی بود.

بر این اساس، ارزیابی پایداری عملکرد دانه با استفاده از شاخص برتری (Pi) و روش گرافیکی GGE-Biplot، نشان داد که لاین SRL-93-8 دارای مقادیر پایین شاخص Pi و موقعیت نزدیک به ژنوتیپ ایده‌آل در نمودار GGE-Biplot است، که نشان‌دهنده پایداری و عملکرد مطلوب این لاین در محیط‌های مختلف می‌باشد. این نتایج با مطالعات مشابهی که در

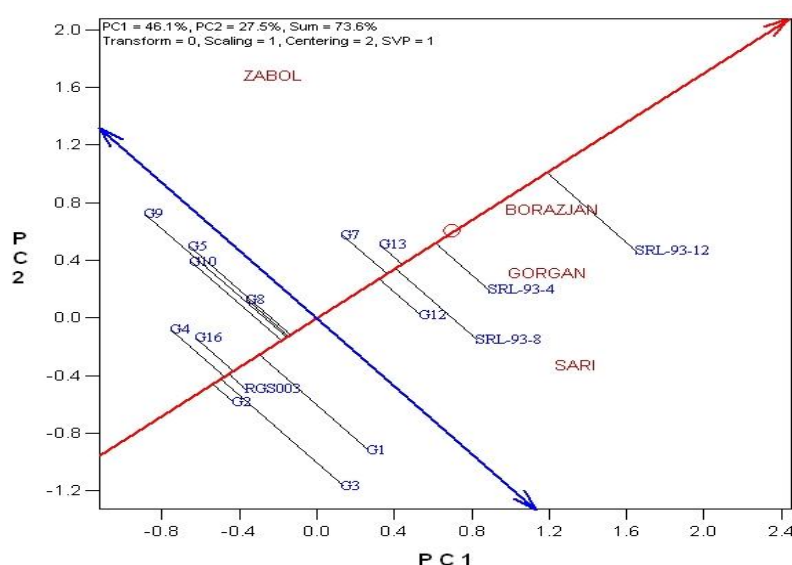
آنها لاین‌های کلزا با عملکرد بالا و پایداری مناسب شناسایی شده‌اند، همخوانی دارد (Bakhshi *et al.*, 2023; Amiri Oghan *et al.*, 2022; Amiri Oghan *et al.*, 2024)

ارزیابی نسبت به بیماری اسکروتینیای ساقه

در سال دوم اجرای آزمایش سازگاری، واکنش ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نسبت به بیماری اسکروتینیای ساقه در استان گلستان به روش ایجاد آلودگی مصنوعی انجام شد. طول زخم ساقه لاین SRL-93-8 برابر با ۵۰ میلی‌متر به دست آمد که حاکی از نیمه حساس بودن این لاین بود. با توجه به اینکه بیماری پوسیدگی اسکروتینیای ساقه یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید کلزا در مناطق شمالی ایران است، شناسایی و استفاده از لاین‌های تحمل نسبی به این بیماری مانند SRL-93-8 می‌تواند نقش مهمی در مدیریت تلفیقی این بیماری ایفا کند.

نتایج خصوصیات مربوط به کیفیت دانه

نتایج پروفایل اسیدهای چرب لاین SRL-93-8 و رقم شاهد RGS003 به همراه استانداردهای ارائه شده توسط کمیته بین‌المللی کدکس (codex) (جدول ۸) نشان داد که درصد هر یک از اسیدهای چرب مربوط به هر دو ژنوتیپ در محدوده تعیین شده توسط کمیته کدکس و مطابق با استاندارد است. لاین SRL-93-8 نسبت به رقم RGS003 دارای درصد بیشتر اسید اولئیک و درصد کمتری از دو اسید چرب لینولئیک و لینولنیک بود. مقدار بالاتر اسید اولئیک و مقادیر کمتر اسیدهای



شکل ۱- بردار محیط متوسط (AEC) پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا به روش تجزیه گرافیکی GGE-biplot در محیط‌های آزمون مختلف

Figure 1. Average Environment Coordination (AEC) view of grain yield stability of oilseed rape genotypes using the GGE biplot graphical analysis method across different test environments

لاین SRL-93-8 برای استفاده در تغذیه دام است. میزان روغن لاین SRL-93-8 و رقم شاهد RGS003 به ترتیب ۴۳/۹۱ و ۴۱/۰۶ درصد تعیین شد. به طور کلی، کیفیت روغن دانه لاین SRL-93-8 و رقم RGS003 به لحاظ ترکیب اسیدهای چرب و گلوکوزینولات در حد استاندارد بود، ولی لاین SRL-93-8 در مقایسه با رقم RGS003 به دلیل دارا بودن مقادیر بیشتر اسید چرب تک غیر اشباع (عمدتاً اسید اولئیک بیشتر) و مقادیر کمتر اسیدهای چرب چند غیر اشباع (عمدتاً اسید لینولیک کمتر) و نیز مقدار گلوکوزینولات در حد استاندارد از کیفیت بهتری برخوردار بوده است.

لینولیک و لینولیک در مقایسه با رقم شاهد RGS003، نشان دهنده پایداری اکسیداتیو بیشتر روغن این لاین است. مطالعات پیشین نیز تأیید کرده‌اند که افزایش اسید اولئیک و کاهش اسیدهای چرب چند غیر اشباع می‌تواند پایداری روغن را بهبود بخشد (Bakhshi *et al.*, 2024). میزان اسید اروسیک هر دو ژنوتیپ نیز کمتر از حد مجاز آن (۲٪) است. مقدار گلوکوزینولات کنجاله لاین SRL-93-8 و رقم RGS003 به ترتیب ۳/۸۱ و ۳/۵۴ میکرومول بر گرم ماده خشک کنجاله اندازه گیری شد، که هر دو کمتر از حد مجاز آن (۲۰ میکرومول بر گرم کنجاله) است. این امر نشان دهنده کیفیت بالای کنجاله

جدول ۸- میزان روغن دانه، گلوکوزینولات کنجاله و پروفیل اسیدهای چرب (%) لاین SRL-93-8 و رقم شاهد RGS003
Table 8. Seed oil content, meal glucosinolate level, and fatty acid profile (%) of line SRL-93-8 and the control cultivar RGS003

ژنوتیپ Genotype	میزان روغن (%) Oil content (%)	گلوکوزینولات دانه ($\mu \text{mol g}^{-1}$) SGC ($\mu \text{mol g}^{-1}$)	اسید پالمیتیک (%) PA (C16:0) (%)	اسید پالمیتوئیک (%) POA (C16:1) (%)	اسید استئاریک (%) SA (C18:0) (%)	اسید اولئیک (%) OA (C18:1) (%)
SRL-93-8	43.91	3.81	6.5346	0.1032	1.0062	65.4870
RGS003	41.06	3.54	4.7061	0.1128	2.0152	63.3562
Codex	-	Nd-20	2.5-7.0	Nd-0.6	0.8-3.0	51.0-70.0
ژنوتیپ Genotype	اسید لینولئیک (%) LA (C18:2) (%)	اسید لینولنیک (%) LNA (C18:3) (%)	اسید آراشیدیک (%) AA (C20:0) (%)	اسید ایکوزونوئیک (%) EiA (C20:1) (%)	اسید بهنیک (%) BeA (C22:0) (%)	اسید اروسیک (%) ErA (C22:1) (%)
SRL-93-8	16.8586	8.2962	0.4421	0.8102	0.2703	0.1916
RGS003	18.2573	9.6824	0.4986	0.9400	0.3529	0.0785
Codex	15.0-30.0	5.0-14.0	0.2-1.2	0.1-4.3	Nd-0.6	Nd-2.0

Nd یا Not detected به مفهوم مقدار کمتر از حد تشخیص دستگاه است که صفر یا ناچیز در نظر گرفته می‌شود.
Nd stands for Not detected, indicating a value below the detection limit of the instrument, which is considered zero or negligible. AA: Arachidic Acid, BeA: Behenic Acid, EiA: Eicosenoic Acid, ErA: Erucic Acid, LA: Linoleic Acid, LNA: Linolenic Acid, OA: Oleic Acid, PA: Palmitic Acid, POA: Palmitoleic Acid, SA: Stearic Acid, SGC: Seed glucosinolate content

نتایج آزمایش تحقیقی- ترویجی

نتایج پروژه تحقیقی ترویجی مقایسه عملکرد لاین 8-93-SRL به همراه ارقام شاهد دلگان و RGS003 در سیمین شهر از توابع شهرستان گمیشان استان گلستان نشان داد که عملکرد دانه رقم شاهد دلگان و لاین 8-93-SRL به ترتیب برابر با ۳۳۰۰ و ۳۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بود که اختلافشان از لحاظ آماری غیرمعنی دار بود، اما عملکرد لاین 8-93-SRL نسبت به عملکرد دانه رقم RGS003 (۲۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) برتری معنی داری داشت. از نظر طول دوره رشد نیز لاین 8-93-SRL در مقایسه با شاهد دلگان سه روز زودتر رسید به بلوغ.

خصوصیات زراعی و مورفولوژیک

لاین 8-93-SRL

براساس نتایج آزمایشات مقدماتی و سازگاری میانگین عملکرد دانه لاین 8-93-SRL و رقم شاهد RGS003 به ترتیب ۲۷۲۰ و ۲۲۷۱ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. لاین 8-93-SRL از لحاظ صفات فنولوژیکی مانند رسیدگی مشابه رقم شاهد بود، متوسط ارتفاع بوته آن نیز ده سانتی متر بیشتر از رقم شاهد به دست آمد. لاین 8-93-SRL از لحاظ تعداد خورجین در بوته و وزن هزار دانه نیز برتری خود را نسبت

به رقم شاهد نشان داد (جدول ۹).

توصیه ترویجی

این رقم به عنوان یک لاین آزاد گرده افشان از سازگاری مناسبی در شرایط اقلیم گرم جنوب کشور شامل استانهای سیستان و بلوچستان، بوشهر، خوزستان و هرمزگان برخوردار است. ویژگی تحمل به شوری این لاین $(EC = 8-6 \text{ ds.m}^{-1})$ در مقایسه با رقم RGS003 برای اراضی شور مناطق گرم جنوب کشور زمینه توسعه هر چه بیشتر کشت این گیاه را فراهم می کند. این لاین حساسیت خاصی به آفات مهم کلزا یعنی شته مومی کلم ندارد. مستندات موجود از عملکردهای حاصل از آزمایشات مقدماتی و سازگاری در سالهای مختلف برخورداری از عملکرد دانه بیشتر به میزان ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به رقم RGS003 را نشان می دهد. برتری ۲۸/۱۱ درصدی عملکرد روغن نسبت به شاهد RGS003 از دیگر ویژگی های ممتاز این لاین است. افزون بر این، لاین 8-93-SRL در مقایسه با رقم شاهد RGS003 به دلیل دارا بودن مقادیر بیشتر اسید چرب تک غیر اشباع و مقادیر کمتر اسیدهای چرب چند غیر اشباع و نیز مقدار کمتر گلوکوزینولات از کیفیت بهتری برخوردار است.

جدول ۹- مشخصات مورفولوژیکی، زراعی و کیفی لاین SRL-93-8 در مقایسه با رقم شاهد RGS003

Table 9. Morphological, agronomic, and quality characteristics of line SRL-93-8 compared to the control cultivar RGS003

ردیف No.	Characteristics	مشخصات	RGS003(Check)		SRL-93-8	
1	Growth type	تیپ رشد	Spring	بهاره	Spring	بهاره
2	Variety type	نوع رقم	Open pollinated	آزادگرده افشان	Open pollinated	آزادگرده افشان
3	Origin	منشأ	Germany	آلمان	Iran	ایران
4	Plant height (cm)	ارتفاع بوته (cm)	143		152	
5	Days to maturity (North warm regions)	روز تا رسیدگی (مناطق گرم شمال کشور)	209		210	
6	Days to maturity (South warm regions)	روز تا رسیدگی (مناطق گرم جنوب کشور)	177		176	
7	Pod number in plant	تعداد خورجین در بوته	126		152	
8	1000-seed weight (g)	وزن هزار دانه (g)	3.84		4.20	
9	Grain yield (kg ha ⁻¹)	عملکرد دانه (kg ha ⁻¹)	2271		2720	
10	Yield stability	پایداری عملکرد	Moderate	متوسط	High	زیاد
11	Oil content (%)	میزان روغن دانه (%)	41.06		43.91	
12	Oil yield (kg ha ⁻¹)	عملکرد روغن (kg ha ⁻¹)	932		1195	
13	Seed glucosinolate (μmol g ⁻¹)	گلوکوزینولات دانه (μmol g ⁻¹)	3.54		3.81	
14	Reaction to sclerotinia stem rot	واکنش به بیماری اسکروتینیا	Relatively tolerant	نسبتاً متحمل	Moderately sensitive	نیمه حساس
15	Reaction to salinity (EC = 6–8 dSm ⁻¹)	واکنش به شوری (EC=6-8 dSm ⁻¹)	Moderate	متوسط	Tolerant	متحمل
16	Suitable regions	مناطق کشت	South warm	گرم جنوب	South warm	گرم جنوب
17	Suitable sowing date	تاریخ کاشت مناسب	Early to late November	اول تا آخر آبان	Early to late November	اول تا آخر آبان

References

- Amiri Oghan, H., Bakhshi, B., Rameeh, V., Faraji, A., Askari, A., and Fanaei, H. R., 2022.** Comparison of AMMI, parametric and non-parametric models in identifying high-yielding and stable oilseed rape genotypes. *Turk. J. Field Crops* 27(2): 224-234. DOI:10.17557/tjfc.1055496
- Amiri Oghan, H., Bakhshi, B., Rameeh, V., Tabrizi, H. Z., Faraji, A., Ghodrati, G., Fanaei, H. R., Askari, A., Kiani, D., Payghamzadeh, K., and Sadeghi, H., 2024.** Comparative study of univariate and multivariate selection strategies based on an integrated approach applied to oilseed rape breeding. *Crop Sci.* 64(1): 55-73. DOI:10.1002/csc2.21104
- Amiri Oghan, H. 2019.** Naming and release report of the new high-yielding mutant spring oilseed rape line SRL-93-8 (RGS003 700 Gy) suitable for cultivation in the warm southern regions of the country (provinces of Sistan and Baluchestan, Bushehr, Khuzestan, and Hormozgan). Registration No. 57740. 30 pp.
- Anonymous. 2019.** FAO Statistical Data. Available on: www.faostat.org.
- Bakhshi, B., Amiri Oghan, H., Rameeh, V., Fanaei, H. R., Askari, A., Faraji, A., Ghodrati, G., Tabrizi, H. Z., Payghamzadeh, K., Kiani, D., and Sadeghi, H. 2023.** Analysis of genotype by environment interaction to identify high-yielding and stable oilseed rape genotypes using the GGE-biplot model. *Ecol. Genet. Genom.* 28:100187. DOI: 10.1016/j.egg.2023.100187
- Bakhshi, B., Nazari, M., and Valipour, M. B. 2024.** Trait-guided selection for superior safflower genotypes: towards enhanced oil yield and composition. *Genet. Resour. Crop Evol.* 72: 1921–1935. DOI: s10722-024-02069-1
- Beyzi, E., Gunes, A., Beyzi, S. B., and Konca, Y. 2019.** Changes in fatty acid and mineral composition of rapeseed (*Brassica napus* ssp. *oleifera* L.) oil with seed sizes. *Ind. Crops Prod.* 129: 10-14. DOI: 10.1016/j.indcrop.2018.11.064
- Bradley, C. A., Henson, R. A., Porter, P. M., LeGare, D. G., del Río, L. E., and Khot, S. D. 2006.** Response of canola cultivars to *Sclerotinia sclerotiorum* in controlled and field environments. *Plant Dis.* 90: 215-219. DOI: 10.1094/PD-90-0215
- Doyle, J. J., and Doyle, J. L. 1990.** Isolation of Plant DNA from Fresh Tissue. *Focus* (San Francisco, Calif.) 12 (1): 13-15. DOI: 10.2307/2345401
- Kalantar Ahmadi, S., Ebadi, A., Daneshian, J., Siadat, S. A., and Jahanbakhsh, S., 2016.** Effect of drought stress and foliar application of growth regulators on photosynthetic pigments and seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L. cv. Hyola 401). *Iran. J. Crop Sci.* 18(3): 196-217. (in persian)
- Kaushik, N., and Agnihotri, A. 1997.** Evaluation of improved method for determination of rapeseed-mustard FAMES by GC. *Chromatographia* 44: 97-99. DOI: 10.1007/BF02313308
- Liersch, A., Bocianowski, J., Nowosad, K., Mikołajczyk, K., Spasibionek, S., Wielebski, F., Matuszczak, M., Szala, L., Cegielska-Taras, T., Sosnowska, K., and Bartkowiak-Broda, I. 2020.** Effect of genotype× environment interaction for seed traits in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Agric.* 10(12): 607. DOI: 10.3390/agriculture10120607
- Julia, T., Renuka, T. H., Nanita, H., and Jambhulkar, S., 2018.** Mutagenic

- effectiveness and efficiency of gamma rays in Indian mustard (*Brassica juncea* L. Czern and Coss). Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci. 7(3): 3376-3386. DOI: 10.20546/ijcmas.2018.703.390
- Lin, C. S., and Binns, M. R. 1988.** A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. Can. J. Plant Sci. 68: 193-198. DOI: 10.4141/cjps88-018
- Moghaddam, M. J., and Pourdad, S. S. 2011.** Genotype× environment interactions and simultaneous selection for high oil yield and stability in rainfed warm areas rapeseed (*Brassica napus* L.) from Iran. Euphytica: 180(3), 321-335. DOI: 10.1007/s10681-011-0371-8
- Möllers, C. 2009.** Potential and future prospects for rapeseed oil. pp. 186–212. In: Gunstone, F.D. (ed.) Rapeseed and Canola Oil. Production, Processing, Properties and Uses; Gunstone, F.D. Oxford, UK.
- Mosleh, E., Mohammadi, A., Omid, M., and Rastegari, S. J. 2008.** In vitro mutagenesis for salt tolerant rapeseed (*Brassica napus* L.) using gamma irradiation. Pp. 829. In: VI Int. Symp. In Vitro Cult. Hortic. Breed, August 2008, Brisbane, Australia.
- Pourkheirandish, M., Golicz, A. A., Bhalla, P. L., and Singh, M. B. 2020.** Global role of crop genomics in the face of climate change. Front. Plant Sci.11: 922. DOI: 10.3389/fpls.2020.00922
- Rahmanpour, S., Backhouse, D., and Nonhebel, H. M. 2011.** Reaction of *Brassica* species to *Sclerotinia sclerotiorum* applying inoculation techniques under controlled conditions. Crop Breed. J. 1(2): 143-149. DOI: 10.22092/cbj.2011.100364
- Wang, L., Zuo, Q., Zheng, J., You, J., Yang, G., and Leng, S., 2022.** Salt stress decreases seed yield and postpones growth process of canola (*Brassica napus* L.) by changing nitrogen and carbon characters. Sci. Rep. 12(1):17884. DOI: 10.1038/s41598-022-22815-8
- Yan, W., and Kang, M. S. 2019.** GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and aAgronomists. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA. 288 pp. DOI: 10.1201/9781420040371

Roshana, a new high-yielding spring oilseed rape cultivar, appropriate for cultivation in the south warm regions of Iran

**B. Bakhshi¹, H. Amiri Oghan², S. A. Kalantarahmadi³, V. Rameeh⁴,
M. Naseri Tafti⁵, R. Behmaram⁶, S. J. Rastegari⁵, E. Hezarjaribi⁷, F. Majd⁵,
A. A. Khajeh Ahmad Attari⁸, M. Rahimi⁵, K. Mozafari⁵, A. Faraji⁹,
N. Khatoon Kazerani¹⁰, H. R. Fanaei¹¹, B. Alizadeh¹¹, H. Sadeghi¹², S.
Rahmanpoor Ozan², Sh. Kia⁶, A. Rezaeizad¹³
and P. Gholizadeh Sarcheshmeh¹⁴**

1. Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO), Zabol, Iran
- 2, 8, 11 and 14. Associate professor, Assistant Professor, Professor and Researcher, respectively, Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
3. Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, Safiabad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO), Safiabad, Iran
4. Associate professor, Horticulture Crops Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO), Sari, Iran
5. Assistant Professor, Agricultural, Medical and Industrial Research Institute of the Atomic Energy Organization of Iran (Karaj)
- 6, 7 and 9. Assistant Professor, Researcher and Professor, respectively, Crops and Horticultural Research Department, Gorgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO), Gorgan, Iran
10. Researcher, Horticulture Crops Research Department, Bushehr Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO), Bushehr, Iran
12. Assistant Professor, Seed and Plant Certification and Registration Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
13. Associate professor, Horticulture Crops Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO), Kermanshah, Iran

ABSTRACT

Bakhshi, B., Amiri Oghan, H., Kalantarahmadi, S. A., Rameeh, V., Naseri Tafti, M., Behmaram, R., Rastegari, S. J., Hezarjaribi, E., Majd, F., Khajeh Ahmad Attari, A. A., Rahimi, M., Mozafari, K., Faraji, A., Khatoon Kazerani, N., Fanaei, H. R., Alizadeh, B., Sadeghi, H., Rahmanpoor Ozan, S., Kia, Sh., Rezaeizad, A., and Gholizadeh Sarcheshmeh, P. 1404. Roshana, a new high-yielding spring oilseed rape cultivar, appropriate for cultivation in the south warm regions of Iran. *Research Achievements for Field and Horticulture Crops Journal* 14 (1): 51-74. (in Persian).

To develop high-yielding and salt-tolerant mutant lines of oilseed rape, the cultivars RGS003 and Sarigol were treated with different doses of gamma radiation (700, 800, and

900 Gy). Selection and management of segregating generations up to the fifth generation (M5) were carried out using the pedigree method under saline soil conditions at the Gorgan Salinity Research Station. Among the 148 selected mutant lines, 100 lines with high oil content were chosen. Following a three-year evaluation under saline soil conditions in Gorgan, line SRL-93-8 derived from RGS003 and treated with 700 Gy, was identified as a promising line and selected for evaluation in preliminary yield trials. In yield trials conducted in Gorgan and Sari, line SRL-93-8 achieved a grain yield of 2,930 kg ha^{-1} , showing a 22.7% superiority over the control cultivar RGS003, which yielded 2,386 kg ha^{-1} . In the adaptability trial, the line also outperformed the control, with an average yield of 2,509 kg ha^{-1} compared to 2,155 kg/ha. On-farm research-extension trials further confirmed the superiority of this line under farmers' conditions. Given the favorable characteristics of SRL-93-8 compared to the control such as salt tolerance ($EC = 8-16 \text{ dSm}^{-1}$), higher grain yield (+449 kg), higher 1,000-seed weight (+0.36 g), more siliques per plant (+26), higher oleic acid content (+2.13%), and lower levels of linoleic acid (-1.4%) and linolenic acid (-1.39%) as well as its 28.11% higher oil yield, high stability, and uniform maturity, this line was officially named Roshana in 2020 and recommended for cultivation in the south warm regions of the country.

Keywords: Stability, Early maturity, Salinity, Seed yield.

Corresponding author: amirioghan2014@gmail.com

Tel.: +982634853771

Received: 17, February, 2025

Accepted: 28, June, 2025