



ارزیابی برخی ژنوتیپ‌های پاییزه کلزا براساس صفات زراعی و شاخص SIIG

اکبر عبدالهی حصار^۱، امید سفالیان^۲، بهرام علیزاده^۳، علی اصغری^۴ و حسن زالی^۵

۱- دانشجوی دکتری اصلاح نباتات گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران (نویسنده مسوول: sofalian@gmail.com)
۳- دانشیار، بخش تحقیقات دانه‌های روغنی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۴- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۵- استادیار، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، داراب، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۲۴
صفحه: ۱۵۱ تا ۱۵۹

چکیده

به منظور بررسی تنوع ژنتیکی، روابط بین صفات و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر با استفاده از شاخص SIIG، آزمایشی در اراضی کشاورزی شهر تیکمه‌دانش از توابع استان آذربایجان شرقی در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ انجام شد. در این آزمایش ۲۲ ژنوتیپ کلزای پاییزه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی برای مطالعه تعدادی از صفات زراعی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های Okapi، L963 و Licord دارای میانگین عملکرد دانه بیشتر بودند. همچنین ژنوتیپ‌های یاد شده از نظر صفات تعداد غلاف در بوته، عملکرد تک‌بوته و عملکرد دارای ضریب تنوع فنوتیپی بالا بودند که نشان‌دهنده تأثیر محیط بر صفات مذکور است. ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی نشان داد که ژنوتیپ‌ها از نظر صفاتی مانند تعداد غلاف در بوته، عملکرد تک‌بوته و عملکرد دارای تنوع ژنتیکی بالایی هستند. وراثت‌پذیری عمومی برای صفات روز تا گل‌دهی، تعداد غلاف در ساقه اصلی و عملکرد بالا و برای صفات تعداد روز تا غلاف‌دهی، تعداد روز تا رسیدگی و ارتفاع بوته پایین بود. در تجزیه به عامل‌ها به روش مولفه‌های اصلی، پنج عامل در مجموع ۶۹/۶۵٪ از کل تغییرات را توجیه نمودند. بر اساس شاخص SIIG، ژنوتیپ‌های HW101، L83، SW101 و L963 با مقدار SIIG بیشتر (به ترتیب ۰/۷۱۰، ۰/۶۷۲، ۰/۶۵۳ و ۰/۶۵۳) جزء ژنوتیپ‌های برتر بودند. از طرفی ژنوتیپ‌های Talayah، Zarfam، L957 و SLM046 با مقدار SIIG کمتر (به ترتیب ۰/۱۸۵، ۰/۲۴۳، ۰/۲۷۱ و ۰/۲۷۲) جزء ژنوتیپ‌های ضعیف از نظر اکثریت صفات مورد مطالعه بودند. ژنوتیپ‌های L14، Nafis، Okapi و L963 با داشتن مقدار SIIG بالا و هم‌چنین عملکرد بالاتر از متوسط کل، جزء ژنوتیپ‌های برتر از نظر عملکرد دانه و سایر صفات مورد مطالعه بودند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به عامل‌ها، تنوع ژنتیکی، کلزا، گزینش، وراثت‌پذیری

مقدمه

دانه‌های روغنی پس از غلات دومین منبع انرژی مردم جهان را تشکیل می‌دهند (۱۴). در این میان گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی در سطح جهان مطرح می‌باشد و کشت و کار آن نیز به‌طور روزافزون استمرار دارد (۷). کلزا که دارای روغن و پروتئین زیادی است در ایران به‌خصوص استان‌های شمالی آن طرفداران زیادی دارد. افزایش عملکرد روغن در کلزا جزء اهداف اصلی اصلاح‌گران در سال‌های متمادی بوده است. برای افزایش عملکرد، مطالعه اثرات مستقیم و غیرمستقیم اجزاء عملکرد در موفقیت یک برنامه اصلاحی حائز اهمیت زیادی است. بنابراین افزایش عملکرد به‌مقدار زیادی به کارایی انتخاب صفات مرتبط با آن بستگی دارد (۹). آگاهی از تنوع ژنتیکی و سازمان‌دهی منابع ژنتیکی به‌عنوان گام مهم برنامه‌های به‌نژادی تلقی می‌شود. تنوع و گزینش دو رکن اصلی هر برنامه اصلاحی بوده و گزینش در صورتی ممکن است که برای هر صفت مورد مطالعه، تنوع مطلوبی در مواد آزمایشی موجود باشد. به‌طوری‌که تنوع ژنتیکی گیاهی را یکی از اجزاء کلیدی سامانه‌های واقعی تولید کشاورزی در هر اکوسیستم می‌دانند (۲۳). در برنامه‌های به‌نژادی، انتخاب براساس تعداد صفات مورفولوژیکی انجام می‌شود که ممکن است بین آنها همبستگی مثبت و منفی وجود داشته باشد. لذا محققان از تحلیل‌های آماری بدین منظور استفاده می‌کنند و در این خصوص استفاده از همبستگی میان صفات متداول

است (۱). استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره این امکان را فراهم می‌سازد تا مهم‌ترین صفات موثر بر عملکرد دانه و نیز عوامل پنهانی که موجب ایجاد همبستگی میان صفات شده‌اند شناسایی شوند. هدف کلی روش‌های آماری چندمتغیره، در نظر گرفتن همزمان تعداد زیادی صفت است که همه آنها در ابتدا برای محقق دارای ارزش یکسان بوده‌اند (۸). از ضرایب تنوع ژنتیکی، محیطی و فنوتیپی برای تعیین وجود یا عدم وجود تنوع استفاده می‌شود. هر چه نسبت تنوع ژنوتیپی به فنوتیپی زیادتر باشد، بازدهی انتخاب بیشتر بوده و راحت‌تر می‌توان ژنوتیپ‌های مطلوب را از نامطلوب تشخیص داد (۲۱). میزان بازدهی انتخاب به‌وسیله قابلیت توارث بیان می‌شود که عامل مهمی در تعیین روش مناسب برای بهبود صفات در برنامه‌های به‌نژادی است که به تأثیر نسبی عوامل ژنتیکی و غیرژنتیکی در بروز تفاوت‌های فنوتیپی آن صفات، بستگی دارد (۴). از طرف دیگر، در تجزیه عامل‌ها، هدف اصلی بیان وجود روابط کوواریانس میان بسیاری از متغیرها براساس چند کمیت تصادفی غیرقابل مشاهده است که عامل‌ها نامیده می‌شوند. به عبارت دیگر، از تجزیه به عامل‌ها به‌منظور پیدا کردن علت وجود همبستگی و توصیف رابطه بین صفات و ژنوتیپ‌ها بر حسب تعداد کمتری شاخص که روی این صفات تأثیر گذارند، استفاده می‌شود (۶). مرادی و همکاران (۱۲، ۱۳) در بررسی رابطه عملکرد دانه و صفات وابسته در ژنوتیپ‌های کلزای بهاره با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره مشخص کردند که افزایش عملکرد دانه

بهتر ژنوتیپ‌های مختلف و انتخاب بهترین ژنوتیپ و تعیین فواصل بین ژنوتیپ‌ها و گروه‌بندی آن‌ها استفاده نمود. از ویژگی‌های روش SIIG این است که برای محاسبه آن، می‌توان از تمام صفات اعم از مورفولوژیک و فیزیولوژیک استفاده نمود و هیچ محدودیتی وجود ندارد. از آنجایی که ممکن است هر ژنوتیپی از نظر یک شاخص یا صفتی ژنوتیپ برتر باشد و در نهایت با افزایش تعداد صفات یا شاخص‌ها، انتخاب ژنوتیپ مناسب برای محقق دشوار شود، ولی به کمک روش SIIG تمام شاخص‌ها و صفات به صورت یک شاخص درآمد، رتبه‌بندی و تعیین ژنوتیپ‌های برتر بسیار راحت‌تر می‌شود. از جمله مزیت‌های این روش آن است که معیارها یا صفات به کار رفته برای مقایسه می‌توانند دارای واحدهای سنخش متفاوتی بوده و طبیعت منفی و مثبت داشته باشند (۲۶،۲۵).

با توجه به ضرورت توجه به پتانسیل بالای موجود در ژرم‌پلاسم گیاهی و ضرورت ارزیابی ذخایر ژنتیک گیاهی به منظور به‌کارگیری پتانسیل این مواد در برنامه‌های اصلاحی و افزایش تولید گیاهان زراعی از جمله کلزا، این تحقیق به منظور بررسی ارتباط بین صفات زراعی و اثر آن بر عملکرد و اهمیت صفات مورفولوژیک در شناسایی ژنوتیپ‌ها و بررسی تنوع ژنتیکی در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه و انتخاب برترین ژنوتیپ‌ها براساس شاخص SIIG انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش تعداد ۲۲ ژنوتیپ کلزای پاییزه از بخش دانه‌های روغنی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه گردید که اسامی و مشخصات آن‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است (ژنوتیپ‌های انتخابی شامل تعدادی از لاین‌های امیدبخش و ارقام آزاد گرده‌افشان کلزا بود). آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در اراضی کشاورزی شهر تیکمه داش از توابع استان آذربایجان شرقی با ارتفاع ۱۸۵۳ متر از سطح دریا و طول و عرض جغرافیایی به ترتیب ۳۷ درجه و ۴۳ دقیقه شمالی و ۴۶ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی، میانگین بارش سالانه ۲۷۰ میلی‌متر، حداکثر دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد بالای صفر و حداقل دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد زیر صفر اجرا شد (براساس آمار و اطلاعات مرکز هواشناسی شهرستان بستان‌آباد). عملیات تهیه زمین شامل شخم و دیسک، در پاییز اجرا گردید. هنگام تهیه زمین براساس آزمون خاک ۲۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات و مقدار ۳۰ کیلوگرم کود اوره در دو نوبت به خاک اضافه گردید. فاصله بلوک‌ها از یکدیگر ۳ متر و فاصله کرت‌ها ۹۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر کرت شامل چهار خط چهارمتری با فاصله ۳۰ سانتی‌متر بود. پس از حذف اثرات حاشیه‌ای از ابتدا، انتها و کنار هر کرت از دو ردیف میانی هر کرت تعداد پنج بوته به‌طور تصادفی انتخاب و صفات مورد نظر اندازه‌گیری شد. صفات مورد بررسی شامل درصد زنده‌مانی، تعداد روز تا گل‌دهی، تعداد روز تا ساقه‌دهی، تعداد روز تا غلاف‌دهی، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، قطر ساقه اصلی، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد غلاف در ساقه

عمدتاً^۱ در اثر افزایش وزن هزار دانه و تعداد دانه در غلاف و کاهش مدت زمان پایان گل‌دهی و ارتفاع بوته می‌باشد. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان اظهار داشت که، برای گزینش غیرمستقیم عملکرد دانه کلزا و گزینش ژنوتیپ‌های برتر می‌توان از صفات وزن هزار دانه و تعداد دانه در غلاف اقدام نمود. مرادی و همکاران (۱۱) در بررسی ژنوتیپ‌ها مختلف کلزای بهاره ضریب تنوع ژنتیکی بیشتر را برای صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در غلاف و تعداد روز تا رسیدگی و ضریب تنوع فنوتیپی بیشتر را نیز برای همان صفات بدست آوردند و همچنین محققین مذکور در همان آزمایش تجزیه به عامل‌ها را نیز انجام دادند که به دو عامل مهم به‌نام‌های عامل مقصد فیزیولوژیک و عامل رشد رویشی دست یافتند. محمدی و همکاران (۱۰) برای ارزیابی تنوع ژنتیکی لاین‌های دو جمعیت جو تحت شرایط نرمال و تنش خشکی در مرحله گیاهچه‌ای از روش تجزیه‌های چندمتغیره در شرایط گلخانه استفاده کردند. نتایج تجزیه و تحلیل‌های چند متغیره مانند تجزیه خوشه‌ای و تجزیه تابع تشخیص نشان داد که تنوع زیاد و قابل توجهی در هر دو جمعیت جو وجود داشت، به‌طوری که می‌توان از این جمعیت‌ها به کمک نشانگرهای ملکولی در نقشه‌یابی مکان‌های ژنی کنترل‌کننده صفات کمی مرتبط با تحمل به خشکی در جو بهره برد. سفالیان و همکاران (۲۰) برای ارزیابی تنوع ژنتیکی و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مختلف جو بهاره تحت شرایط تنش خشکی از صفات مورفولوژیک و نشانگرهای ISSR استفاده کردند. بر اساس تجزیه خوشه‌ای این ژنوتیپ‌ها در چهار خوشه قرار گرفتند که نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی قابل توجهی در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این تحقیق بود. روستا باغی و همکاران (۱۸،۱۷) با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره به بررسی تنوع و ارزیابی روابط بین عملکرد و اجزای عملکرد کلزا پرداختند. نتایج حاصل از تجزیه علیت نشان داد که افزایش عملکرد دانه عمدتاً در اثر افزایش وزن هزار دانه و کاهش مدت زمان پایان گل‌دهی می‌باشد. براساس نتایج به‌دست آمده می‌توان اظهار داشت که در شرایط عادی، برای گزینش غیرمستقیم عملکرد دانه کلزا و گزینش ژنوتیپ‌های برتر می‌توان از وزن هزار دانه نیز اقدام نمود (۳،۲). با توجه به وراثت‌پذیری نسبتاً بالای صفت وزن هزار دانه توصیه می‌شود در برنامه‌های اصلاحی آتی برای تعریف شاخص گزینش به‌منظور افزایش عملکرد دانه کلزا، از این صفت استفاده گردد.

برای انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها، استفاده از یک صفت به تنهایی ممکن است منجر به نتایج مطلوبی نشود، ولی از طریق ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از صفات مختلف، احتمال پیدا کردن ژنوتیپ‌های ایده‌آل افزایش می‌یابد. بنابراین از شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG)^۱ جهت ادغام صفات مختلف استفاده و ارزیابی بهتر ژنوتیپ‌ها انجام می‌گیرد (۲۵). این شاخص برای اولین بار برای ادغام شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی (۲۶) و روش‌های مختلف تجزیه پایداری (۲۵)، برای افزایش کارایی انتخاب ژنوتیپ‌های ایده‌آل استفاده شده است. از روش SIIG می‌توان برای رتبه‌بندی و مقایسه

1- Selection index of ideal genotype

اصولی، تعداد غلاف در بوته، طول غلاف، تعداد دانه در غلاف، عملکرد تک بوته و وزن هزار دانه بود. عملکرد دانه در هکتار پس از برداشت محصول کرت‌ها محاسبه گردید.

تجزیه و تحلیل‌های آماری شامل تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن، تعیین همبستگی بین صفات، تجزیه به عامل‌ها با استفاده از روش تابع تشخیص و انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش SIIG و با بهره‌گیری از نرم‌افزار SPSS و Excel انجام شد. به منظور ادغام صفات مختلف مورد مطالعه از روش SIIG استفاده شد که نحوه محاسبه این شاخص به شرح ذیل است:

محاسبه شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG)
در آخرین مرحله شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل از رابطه زیر محاسبه شد:

$$SIIG = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad i=1, 2, \dots, m, \quad 0 \leq SIIG \leq 1 \quad (۶)$$

مقدار SIIG بین صفر و یک تغییر می‌کند و هر چه گزینه مورد نظر به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک‌تر باشد مقدار SIIG آن به یک نزدیک‌تر خواهد بود. بر اساس این روش، بهترین ژنوتیپ، نزدیک‌ترین ژنوتیپ به ژنوتیپ‌های ایده‌آل و دورترین از ژنوتیپ‌های ضعیف است. در اینجا منظور از ژنوتیپ ایده‌آل، ژنوتیپی فرضی است که از نظر صفات مورد بررسی در بهترین حالت باشد. درحالی‌که ژنوتیپ ضعیف، ژنوتیپی فرضی است که از نظر صفات مورد بررسی در شرایط مطلوب نباشد (۲۶، ۲۵). به‌طور خلاصه، ژنوتیپ ایده‌آل از مجموع مقادیر ایده‌آل هر یک از صفات به‌دست می‌آید، درحالی‌که ژنوتیپ ضعیف از مجموع مقادیر ضعیف هر یک از صفات حاصل می‌گردد. به‌عنوان مثال در مورد عملکرد، حداکثر عملکرد یک ژنوتیپ، مقدار ایده‌آل و عملکرد پایین، به‌عنوان مقدار ضعیف در نظر گرفته می‌شود.

تشکیل ماتریس داده‌ها

با توجه به تعداد ژنوتیپ‌ها و تعداد صفات مختلف مورد بررسی، ماتریس داده‌ها به‌صورت زیر تشکیل شد.

$$D = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1m} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{nm} \end{bmatrix} \quad (۱)$$

در این ماتریس X_{ij} مقدار شاخص (صفت) i ام ($i = 1, 2, \dots, n$) در رابطه با ژنوتیپ j ام ($j = 1, 2, \dots, m$) می‌باشد.

تبدیل ماتریس داده‌ها به یک ماتریس نرمال

از رابطه ذیل برای نرمال کردن داده‌ها استفاده شد:

$$r_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n X_{ij}^2}} \quad (۲)$$

ماتریس R به‌صورت زیر تشکیل شد:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix} \quad (۳)$$

پیدا کردن ژنوتیپ ایده‌آل و ژنوتیپ غیر ایده‌آل (ضعیف)
در این مرحله برای هر شاخص یا صفت به‌طور جداگانه، بهترین و ضعیف‌ترین ژنوتیپ انتخاب شد.

محاسبه فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل و ژنوتیپ ضعیف

در این مرحله برای هر شاخص، فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل (d_i^+) و ژنوتیپ ضعیف (d_i^-) به‌ترتیب از روابط زیر محاسبه شد:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_{ij} - r_j^+)^2} \quad i=1, \dots, n \quad (۴)$$

در روابط فوق r_j^+ در رابطه با n ژنوتیپ j ام

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس، بیشترین و کمترین مقدار صفات، واریانس‌های ژنتیکی و فنوتیپی، وراثت‌پذیری عمومی صفات، ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که واریانس بیشتر صفات مورد مطالعه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. ضریب تغییرات فنوتیپی بالا مربوط به تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد غلاف در بوته، عملکرد تک بوته و عملکرد دانه در هکتار بود که نشان‌دهنده تأثیر محیط بر صفات مذکور است و ضریب تغییرات ژنتیکی بالا نیز مربوط به تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد غلاف در بوته، عملکرد تک بوته و عملکرد دانه در هکتار بود. لذا می‌توان نتیجه گرفت که از طریق اصلاح دو صفت اخیر می‌توان نسبت به افزایش عملکرد اقدام نمود. اندازه ضریب تغییرات فنوتیپی برای همه صفات بیشتر از ضرایب تغییرات ژنتیکی بود که می‌توان علت آنرا به تأثیر محیط بر بیان صفات نسبت داد (جدول ۲).

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌ها و لاین‌های امیدبخش کلزا

ردیف	ژنوتیپ	نوع ژنوتیپ	منشاء	ردیف	ژنوتیپ	نوع ژنوتیپ	منشاء
۱	SLM046	آزاد گرده افشان	آلمان	۱۲	L1009	لاین	ایران
۲	Opera	آزاد گرده افشان	سوئد	۱۳	Zarfam	آزاد گرده افشان	ایران
۳	L963	لاین	ایران	۱۴	Nafis	آزاد گرده افشان	ایران
۴	Okapi	آزاد گرده افشان	فرانسه	۱۵	HW101	لاین	ایران
۵	L62	لاین	ایران	۱۶	Licord	آزاد گرده افشان	ایران
۶	Nima	آزاد گرده افشان	ایران	۱۷	KS7	لاین	ایران
۷	KH4	لاین	ایران	۱۸	L14	لاین	ایران
۸	Talayeh	آزاد گرده افشان	ایران	۱۹	SW101	لاین	ایران
۹	L957	لاین	ایران	۲۰	L1008	لاین	ایران
۱۰	Ahmadi	آزاد گرده افشان	ایران	۲۱	L83	لاین	ایران
۱۱	KR18	لاین	ایران	۲۲	L120	لاین	ایران

کمترین مقدار مربوط به لاین ژنوتیپ L120 با میانگین عملکرد ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار و بیشترین مقدار مربوط به لاین L963 با میانگین عملکرد ۶۵۳۰ کیلوگرم در هکتار بود. ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان داد که عملکرد بیشترین همبستگی مثبت را با تعداد شاخه‌های فرعی و عملکرد تک بوته داشت بنابراین هر یک از ژنوتیپ‌ها که دارای شاخه‌های فرعی و عملکرد تک بوته بیشتری باشد عملکرد بیشتری نیز خواهند داشت. همبستگی منفی بین عملکرد و صفات تعداد روز تا ساقه‌دهی و تعداد روز تا غلاف‌دهی حکایت از این دارد که هر چه مراحل نمو زودتر و به موقع آغاز یا تکمیل گردد به عبارتی مقدار دو صفت مذکور از نظر عددی کاهش یابد عملکرد افزایش خواهد یافت.

در صفاتی مانند تعداد روز تا گل‌دهی، تعداد روز تا ساقه‌دهی، تعداد روز تا غلاف‌دهی، عملکرد تک بوته، عملکرد دانه تفاوت جزئی بین ضرایب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی وجود داشت که نشان‌دهنده نقش بیشتر ژنوتیپ‌ها و تأثیر کمتر محیط بر این صفات بود. صفت تعداد غلاف در ساقه اصلی دارای بیشترین وراثت‌پذیری بود. وراثت‌پذیری پایین برای برخی صفات مانند تعداد روز تا رسیدگی و ارتفاع بوته را می‌توان به بزرگ بودن واریانس فنوتیپی آنها نسبت داد که بخش اعظم آن واریانس محیطی بوده است (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین صفات به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ در جدول ۳ نشان داده شده است. دامنه اختلاف زیاد بین بیشترین و کمترین میزان صفات در ژنوتیپ‌های مورد بررسی نشان دهنده تنوع زیاد بین ژنوتیپ‌ها است. به عنوان مثال در مورد صفت میزان عملکرد

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس کمترین و بیشترین، انحراف استاندارد، اجزای واریانس، ضرایب تنوع و وراثت‌پذیری صفات مختلف
Table 2. Results of variance analysis, minimum, maximum, standard deviation, variance component, coefficients of variation and heritability of different traits

صفات	حداکثر (max)	حداقل (min)	دامنه (D)	میانگین (M)	انحراف استاندارد (Sd)	واریانس (Var)	ژنتیکی (GV)	محیطی (EV)	واریانس فنوتیپی (PV)	وراثت پذیری (h ²)	ضریب تنوع ژنتیکی (CVG)	DF
DF	۲۱۶	۲۰۷	۹	۲۱۱	۲/۵۲	۱۵/۷۰**	۴/۶۴	۱/۷۸	۶/۴۲	-۰/۷۲	۱/۰۲	۱۰
DST	۲۲۲	۲۰۹	۱۳	۲۱۳	۲/۶۴	۱۲/۷۹**	۳۰/۲۴	۳/۷۶	۷/۱۱	-۰/۴۷	۰/۸۶	۱۰
DPO	۲۳۴	۲۲۵	۹	۲۲۹	۲/۲۷	۶/۳**	۰/۶۹	۴/۲۱	۴/۹۱	-۰/۱۴	۰/۳۶	۱۰
DRI	۳۰۵	۲۹۸	۷	۳۰۲	۱/۹۷	۳/۴**	-۰/۰۶	۳/۶۰	۳/۵۴	-۰/۰۲	۰/۴۳	۱۰
H	۱/۸۵	۱/۱۹	-۰/۶۶	۱/۵۳	۰/۱۳	۰/۰۱۷**	-۰/۰۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۱۰	۲/۴۷	۱۰
DIMS	۲/۰۷	۱/۰۶	۱/۰۱	۱/۴۲	۰/۱۸	۰/۰۴۹*	-۰/۰۰۹	-۰/۰۲	-۰/۰۳	-۰/۲۷	۶/۵۲	۱۰
NB	۱۰	۳/۲	۶/۸	۵/۵۷	۱/۴۸	۵/۱۹**	۱/۴۷	-۰/۷۷	۲/۲۵	-۰/۶۶	۲۱/۷۹	۱۰
NPMS	۵۶/۲	۱۹/۲	۳۷	۴۰/۲	۷/۷۱	۱۵۰/۲**	۴۵/۱۴	۱۴/۷۷	۵۹/۹۲	-۰/۷۵	۱۶/۷۳	۱۰
NPP	۴۴۲	۴۵/۲	۳۹۶/۸	۱۶۱	۶۵/۵۳	۷۸۰۹**	۱۷۵۱	۲۵۵۵	۴۳۰۶	-۰/۴۱	۲۵/۹۸	۱۰
LP	۶/۹۱	۴/۹۹	۱/۹۲	۵/۷۶	۰/۴۳	۰/۳۹**	-۰/۱۰۲	-۰/۰۸	-۰/۱۹	-۰/۵۵	۵/۵۶	۱۰
NSP	۳۰	۱۵/۶۰	۱۴/۴۰	۲۳/۸۶	۳/۱۳	۲۱**	۵/۶۳	۴/۱۰	۹/۷۴	-۰/۵۸	۹/۹۵	۱۰
TSW	۵/۱۵	۳/۲۲	۱/۹۳	۳/۹۵	۰/۴۱	۰/۲۷۳*	-۰/۰۴۸	-۰/۱۲۸	-۰/۱۸	-۰/۲۷	۵/۵۶	۱۰
YSP	۳۰/۴۲	۳/۲۹	۲۷/۱۳	۱۴/۰۹	۵/۹۹	۸۲/۲۹**	۲۲/۷۸	۱۳/۹۲	۳۶/۷۱	-۰/۶۲	۳۷/۸۷	۱۰
Yield	۶۹۶۶	۵۶۳	۶۴۰۳	۲۵۴۷	۱۴۴۰	۵۱۹۷۱۲۵**	۱۵۳۱۹۳۳	۶۰۰۱۳۳۷	۲۱۳۳۲۷۰	-۰/۷۲	۴۸/۵۹	۱۰

DF: تعداد روز تا گل‌دهی؛ DST: تعداد روز تا ساقه‌دهی؛ DPO: تعداد روز تا غلاف‌دهی؛ DRI: تعداد روز تا رسیدگی؛ H: ارتفاع بوته؛ DIMS: قطر ساقه اصلی؛ NB: تعداد شاخه‌های فرعی؛ NPMS: تعداد غلاف در ساقه اصلی؛ NPP: تعداد غلاف در بوته؛ LP: طول غلاف؛ NSP: تعداد دانه در غلاف؛ TSW: وزن هزار دانه؛ YSP: عملکرد تک بوته؛ Yield: عملکرد در هکتار

*، ** و ms به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیر معنی‌دار

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات با استفاده از روش دانکن در ۲۲ ژنوتیپ کلزا
Table 3. Mean comparison of traits by Duncan method in 22 rapeseed genotypes

ژنوتیپ‌ها	DF	DST	DPO	DRI	H	DIMS	NB	NPMS	NPP	LP	NSP	TSW	YSP	Yield
SLM046	۲۱۰ ^{et}	۲۱۳ ^{bc}	۲۲۹ ^d	۳۰۱ ^a	۱/۴۶ ^{ab}	۱/۲۶ ^c	۴/۶۰ ^f	۴۰/۹ ^{cd}	۹۴ ^e	۵/۸۱ ^b	۲۴/۴۸ ^c	۳/۹۷ ^d	۱۱ ^e	۲۵۷۰ ^c
Opera	۲۱۳ ^{ab}	۲۱۶ ^a	۲۲۹ ^d	۳۰۱ ^a	۱/۴۹ ^a	۱/۴۱ ^b	۷/۴۰ ^d	۳۸/۳ ^e	۱۴۰ ^c	۶/۵۰ ^a	۲۴/۰۸ ^c	۴/۶۳ ^{ab}	۱۴/۳ ^c	۲۱۷۳ ^c
L963	۲۰۹ ^{en}	۲۱۱ ^c	۲۲۷ ^d	۳۰۳ ^a	۱/۴۹ ^a	۱/۴۹ ^a	۷/۰۷ ^d	۴۰/۳ ^e	۲۲۳ ^a	۵/۶۶ ^{cd}	۲۴/۳۳ ^c	۴/۱۳ ^{cd}	۲۱/۱ ^a	۶۵۳۰ ^a
Okapi	۲۱۴ ^a	۲۱۵ ^a	۲۲۸ ^{ab}	۳۰۱ ^a	۱/۴۶ ^{ab}	۱/۵۷ ^{ab}	۵/۱۰ ^e	۴۱/۸ ^c	۱۵۸ ^d	۵/۷۶ ^c	۲۵/۰۰ ^b	۴/۰۰ ^a	۱۶/۹ ^b	۴۱۰۵ ^b
L62	۲۱۵ ^a	۲۱۷ ^a	۲۳۰ ^a	۳۰۳ ^a	۱/۴۸ ^a	۱/۵۰ ^a	۴/۶۰ ^f	۳۵/۸ ^f	۲۲۵ ^a	۵/۱۷ ^h	۱۸/۷۹ ^h	۴/۳۶ ^d	۱۵/۹ ^c	۱۱۵۷ ^b
Nima	۲۱۳ ^{ab}	۲۱۴ ^a	۲۲۳ ^a	۳۰۳ ^a	۱/۴۶ ^c	۱/۴۹ ^a	۵/۲۰ ^e	۳۸/۶ ^e	۱۶۹ ^b	۵/۱۱ ^h	۲۰/۹۸ ^f	۳/۶۵ ^{bc}	۷/۷ ^f	۲۱۹۱ ^{de}
KH4	۲۰۸ ^h	۲۱۱ ^c	۲۲۸ ^{ab}	۳۰۱ ^a	۱/۴۴ ^{ab}	۱/۴۷ ^a	۴/۴۰ ^f	۳۵/۷ ^g	۱۴۳ ^c	۵/۲۷ ^{gh}	۲۱/۱۷ ^e	۴/۲۶ ^d	۱۰/۸ ^e	۱۳۳۱ ⁿ
Talayeh	۲۱۰ ^{et}	۲۱۵ ^a	۲۲۱ ^a	۳۰۳ ^a	۱/۵۴ ^a	۱/۲۵ ^d	۵/۰۷ ^e	۳۴/۱ ^g	۱۱۹ ^d	۵/۴۲ ⁱ	۱۹/۸۸ ^g	۳/۹۸ ^d	۱۰/۸ ^e	۳۵۵۳ ^{pd}
L957	۲۰۹ ^{en}	۲۱۱ ^c	۲۲۸ ^{ab}	۳۰۳ ^a	۱/۵۳ ^a	۱/۵۱ ^a	۴/۶۰ ^f	۳۶/۳ ^f	۱۲۶ ^{cd}	۵/۸۷ ^d	۲۶/۰۰ ^b	۳/۸۹ ^d	۹/۸ ^e	۲۲۶۰ ^{cd}
Ahmadi	۲۱۵ ^a	۲۱۶ ^a	۲۲۹ ^a	۳۰۳ ^a	۱/۵۹ ^a	۱/۵۹ ^a	۵/۴۰ ^{de}	۳۸/۵ ^e	۱۰۶ ^e	۵/۵۱ ⁱ	۲۸/۵۰ ^a	۳/۹۴ ^d	۱۱/۳ ^e	۳۷۴۰ ^d
KR18	۲۰۹ ^{en}	۲۱۳ ^{bc}	۲۲۶ ^d	۳۰۰ ^{ab}	۱/۴۱ ^b	۱/۴۳ ^{ab}	۹/۴۰ ^a	۲۲/۱ ^j	۱۱۶ ^e	۵/۶۳ ^d	۲۵/۳۰ ^d	۳/۸۸ ^d	۱۳/۴ ^{de}	۱۵۳۱ ^{fg}
L1009	۲۱۶ ^d	۲۱۳ ^{bc}	۲۲۹ ^a	۳۰۰ ^{ab}	۱/۴۹ ^a	۱/۳۱ ^{bc}	۴/۳۰ ^{fg}	۴۷/۸ ^d	۱۶۶ ^d	۵/۴۴ ⁱ	۲۰/۸۰ ^f	۳/۳۵ ^e	۵/۹ ^g	۱۰۸۲ ^{hi}
Zarfam	۲۱۱ ^c	۲۱۶ ^a	۲۲۶ ^d	۳۰۰ ^{ab}	۱/۴۹ ^a	۱/۵۳ ^a	۳/۸۰ ^g	۳۳/۶ ^{gh}	۷۷ ^e	۵/۵۷ ^e	۲۱/۳۵ ^f	۳/۹۳ ^d	۹/۶ ^e	۱۵۳۷ ^f
Nafis	۲۱۴ ^a	۲۱۵ ^a	۲۲۹ ^a	۳۰۳ ^a	۱/۵۷ ^{ab}	۱/۴۹ ^a	۴/۰۰ ^{cd}	۳۸/۵ ^e	۱۵۹ ^d	۵/۸۳ ^d	۲۵/۱۸ ^d	۳/۵۴ ^{de}	۲۶/۴ ^d	۲۵۴۱ ^c
HW101	۲۱۳ ^h	۲۱۶ ^a	۲۲۸ ^{ab}	۳۰۳ ^a	۱/۶۵ ^a	۱/۵۰ ^a	۶/۴۰ ^{bc}	۴۵/۳ ^c	۲۸۴ ^a	۶/۳۳ ^d	۲۹/۵۷ ^a	۳/۶۹ ^d	۱۶/۸ ^d	۱۹۴۶ ^{ef}
Licord	۲۱۵ ^a	۲۱۴ ^a	۲۲۰ ^a	۳۰۴ ^a	۱/۶۶ ^a	۱/۴۶ ^{ab}	۵/۰۷ ^e	۵۳/۳ ^a	۱۵۵ ^d	۵/۹۱ ^d	۲۴/۷ ^{cd}	۳/۶۱ ^c	۹/۷ ^e	۴۰۳۸ ^d
KS7	۲۰۹ ^{en}	۲۱۱ ^c	۲۲۹ ^a	۳۰۱ ^a	۱/۵۳ ^a	۱/۳۸ ^d	۵/۵۳ ^{cd}	۳۲/۶ ^{gh}	۱۶۶ ^d	۵/۸۷ ^d	۲۲/۹۵ ^f	۳/۷۷ ^d	۱۰/۸ ^e	۲۹۶۶ ^e
L14	۲۱۳ ^{ab}	۲۱۳ ^{bc}	۲۲۹ ^a	۳۰۳ ^a	۱/۴۹ ^a	۱/۳۷ ^d	۴/۰۰ ^{cd}	۳۸/۹ ^e	۱۵۹ ^d	۵/۱۱ ^h	۲۳/۹۱ ^c	۳/۷۹ ^d	۱۸/۳ ^d	۳۳۱۷ ^{pd}
SW101	۲۱۲ ^d	۲۱۴ ^a	۲۲۸ ^{ab}	۳۰۳ ^a	۱/۶۴ ^a	۱/۵۹ ^a	۷/۰۰ ^d	۴۷/۳ ^{cd}	۳۴۹ ^a	۶/۰۹ ^{ab}	۲۵/۶۱ ^d	۴/۱۹ ^d	۲۰ ^a	۲۸۱۹ ^d
L1008	۲۱۰ ^{et}	۲۱۱ ^c	۲۲۷ ^d	۳۰۱ ^a	۱/۶۳ ^a	۱/۲۵ ^d	۵/۱۰ ^e	۴۲/۷ ^c	۱۴۰ ^c	۵/۷۷ ^c	۲۲/۳۸ ^c	۲/۸۳ ^d	۱۱ ^e	۱۷۰۹ ^f
L83	۲۱۱ ^d	۲۱۳ ^a	۲۲۹ ^a	۳۰۳ ^a	۱/۶۷ ^a	۱/۷۳ ^c	۵/۷۰ ^c	۵۴/۵ ^a	۲۱۶ ^a	۵/۸۰ ^b	۲۴/۴۸ ^c	۴/۱۴ ^d	۳ ^a	۲۰۳۹ ^e
L120	۲۱۳ ^d	۲۱۵ ^a	۲۳۰ ^a	۳۰۳ ^a	۱/۴۹ ^a	۱/۵۱ ^a	۵/۰۰ ^e	۴۲/۱ ^c	۱۶۳ ^d	۶/۱۵ ^a	۲۵/۴۵ ^d	۴/۳۵ ^d	۱۵/۵ ^c	۷۰۰ ^f

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی در ۲۲ ژنوتیپ کلزا
Table 4. Correlation coefficients between studied traits of 22 rapeseed genotypes

DF	DST	DPO	DRI	H	DIMS	NB	NPMS	NPP	LP	NSP	TSW	YSP	Yield
DF	۰/۶۲۳**												
DST	۰/۳۳۹**												
DPO	۰/۲۵۷*	۰/۳۳۹**											
DRI	۰/۲۵۰*	۰/۲۵۷*	۰/۲۳۴**										
H	۰/۰۶۹	۰/۰۵۴	۰/۰۴۱	۰/۲۲۲									
DIMS	۰/۱۷۷	۰/۰۵۹	۰/۱۷۸	۰/۲۳۶*	۰/۳۵۰**								
NB	۰/۰۰۱	۰/۰۳۳	۰/۰۱۳	۰/۰۹۷	۰/۰۵۷	۰/۰۹۷							
NPMS	۰/۳۶۰**	۰/۰۴۳	۰/۰۳۹	۰/۳۰۰*	۰/۴۵۰**	۰/۴۰۳**	۰/۱۴۱						
NPP	۰/۳۰۷*	۰/۰۹۶	۰/۲۱۵	۰/۳۰۰*	۰/۲۲۲	۰/۳۹۸**	۰/۳۹۶**	۰/۲۰۸					
LP	۰/۱۳۶	۰/۰۵۶	۰/۲۶۷*	۰/۰۰۱	۰/۳۳۱	۰/۳۰۸*	۰/۳۰۰*	۰/۲۳۷	۰/۳۰۰*				
NSP	۰/۱۶۴	۰/۰۴۷	۰/۱۲۹	۰/۱۹۴	۰/۱۶۴	۰/۱۹۴	۰/۱۹۴	۰/۱۷۶	۰/۵۹۸**	۰/۱۷۶			
TSW	۰/۰۸۲	۰/۲۰۰	۰/۰۶۹	۰/۲۱۹	۰/۱۳۸	۰/۱۷۰	۰/۲۵۵*	۰/۱۱۹	۰/۱۰۵	۰/۱۱۹	۰/۰۹۸		
YSP	۰/۲۱۲	۰/۱۴۶	۰/۱۹۰	۰/۲۵۰*	۰/۱۹۱	۰/۵۳۳**	۰/۳۲۱*	۰/۲۸۱*	۰/۴۱۴**	۰/۴۱۴**	۰/۲۸۶*	۰/۱۷۵	
Yield	۰/۰۰۳	۰/۰۸۷	۰/۲۸۱	۰/۱۵۵	۰/۱۶۶	۰/۱۳۵	۰/۲۵۳*	۰/۱۳۷	۰/۲۰۰	۰/۱۵۳	۰/۱۸۷	۰/۳۰۴*	۰/۳۰۴*

DF: تعداد روز تا گل‌دهی؛ DST: تعداد روز تا ساقه‌دهی؛ DPO: تعداد روز تا غلاف‌دهی؛ DRI: تعداد روز تا رسیدگی؛ H: ارتفاع بوته؛ DIMS: قطر ساقه اصلی؛ NB: تعداد شاخه‌های فرعی؛ NPMS: تعداد غلاف در ساقه اصلی؛ NPP: تعداد غلاف در بوته؛ LP: طول غلاف؛ NSP: تعداد دانه در غلاف؛ TSW: وزن هزار دانه؛ YSP: عملکرد تک‌بوته؛ Yield: عملکرد در هکتار

*, **, ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیر معنی‌دار

عامل مورفولوژیکی نام‌گذاری گردید. عامل دوم ۱۴/۹۱ درصد از تغییرات را توجیه نمود صفات قطر ساقه اصلی، تعداد شاخه‌های فرعی، وزن هزاردانه و عملکرد تک‌بوته دارای بار عامل‌های بزرگ و مثبت بودند لذا عامل دوم به‌نام عامل عملکرد بوته نام گرفت. عامل سوم ۱۴/۵۳ درصد از تغییرات را توجیه نمود و صفات تعداد روز تا گل‌دهی، تعداد روز تا ساقه‌دهی، و تعداد روز تا غلاف‌دهی دارای بار عامل‌های بزرگ بود و به‌نام عامل فنولوژیکی نام گرفت. در عامل چهارم که ۱۲/۸۶ درصد تغییرات را توجیه می‌کند صفات طول غلاف و تعداد دانه در غلاف دارای بار عامل‌های مثبت و بزرگ بودند و به‌نام خصوصیات غلاف نامیده شد. عامل پنجم ۷/۷۲ درصد از تغییرات را توجیه نمود که صفت عملکرد دانه در هکتار دارای بار عاملی مثبت و بزرگ بود و عامل عملکرد کلی نامیده شد.

از تجزیه به عامل‌ها به‌منظور شناسایی روابط موجود بین صفات و گروه‌بندی آنها بر اساس این روابط استفاده می‌شود (۱۹) در این تحقیق تجزیه به عامل‌ها به‌روش مولفه‌های اصلی انجام گرفت. به‌منظور توجیه بهتر، عامل‌ها به‌روش وریماکس (۵) دوران داده شدند که در نهایت با توجه به توجیه منطقی عامل‌ها تعداد ۵ عامل استخراج و مورد تفسیر قرار گرفت. در جدول ۵ نتایج تجزیه به عامل‌ها شامل بردار بار عامل‌های دوران یافته، نسبت واریانس توجیه شده توسط هر عامل و نسبت تجمعی واریانس توجیه‌شده، نشان داده شده است. ۵ عامل انتخاب شده در مجموع ۶۵/۶۹ درصد از تغییرات کل را توجیه نمود. در عامل اول که ۱۵/۶۷ درصد از تغییرات را توجیه نمود صفاتی مانند تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در ساقه اصلی و تعداد غلاف در بوته دارای بار عامل‌های بزرگ و مثبت بودند و به‌همین دلیل به‌نام

جدول ۵- بردار ضرایب عاملی دوران یافته، نسبت واریانس توجیه شده با هر عامل، نسبت تجمعی واریانس توجیه شده در تجزیه عامل‌های ۲۲ ژنوتیپ کلزا

Table 5. Factor coefficients, the ratio of variance by each factor, the cumulative proportion of variance in 22 rapeseed genotypes

عامل	صفت
اول	تعداد روز تا گل‌دهی
دوم	تعداد روز تا ساقه‌دهی
سوم	تعداد روز تا غلاف‌دهی
چهارم	تعداد روز تا رسیدگی
پنجم	ارتفاع بوته
	قطر ساقه اصلی
	تعداد شاخه‌های فرعی
	تعداد غلاف در ساقه اصلی
	تعداد غلاف در بوته
	طول غلاف
	تعداد دانه در غلاف
	وزن هزار دانه
	عملکرد تک بوته
	عملکرد
	نسبت واریانس توجیه شده
	واریانس توجیه شده تجمعی

۰/۲۷۲) جزء ژنوتیپ‌های ضعیف از نظر اکثریت صفات مورفولوژیک بودند (جدول ۶).

به منظور انتخاب ژنوتیپ‌هایی که هم از نظر صفات مورفولوژیک و هم عملکرد دانه در وضعیت مطلوبی باشند، از نمودار دو بعدی (شکل ۱) استفاده شد. در این نمودار، محور افقی عملکرد دانه می‌باشد. نقطه چین افقی در این نمودار نشان‌دهنده میانگین SIIG است. بنابراین ژنوتیپ‌هایی که در بالای محور نقطه چین افقی قرار دارند جزء ژنوتیپ‌های خوب از نظر بیشتر صفات مورفولوژیک می‌باشند. بنابراین ژنوتیپ‌های SW101، L14، Nafis، Okapi و 963 هم با داشتن مقدار SIIG بالا و هم عملکرد بالاتر از متوسط کل، جزء بهترین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد و سایر صفات مورفولوژیک بودند. ژنوتیپ‌های L83، HW101، Opera، L62، L120 و KR18 هرچند مقدار SIIG بالاتر از متوسط کل را داشتند ولی از عملکرد خوبی برخوردار نبودند که این مطلب همستگی ضعیف عملکرد با بسیاری از صفات مورد بررسی در این تحقیق را نشان داد.

در تحقیقی دیگر یاقوتی‌پور و همکاران (۲۴) از شاخص SIIG به منظور ادغام شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی در گندم نان استفاده نمودند و بیان داشتند که شاخص SIIG یک روش ترکیبی جدید و کارا در انتخاب مؤثرتر ژنوتیپ‌های مطلوب می‌باشد. زالی و همکاران (۲۶) صفات مختلف تحمل به خشکی را با استفاده از شاخص SIIG ادغام نموده و بیان نمودند که شاخص SIIG با ادغام صفات یا شاخص‌های مختلف، انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب را مؤثرتر انجام می‌دهد. زالی و همکاران (۲۶) از شاخص SIIG به منظور ادغام روش‌های مختلف تجزیه پایداری پارامتری و ناپارامتری در کلزا استفاده نمودند. آنها شاخص SIIG را روشی مناسب به منظور ادغام صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک و همچنین سایر شاخص‌های تجزیه پایداری معرفی نمودند. نتایج مشابهی نیز در مورد کاربرد شاخص SIIG توسط طهماسبی و همکاران (۲۲) گزارش شده است.

به منظور بررسی بهتر ژنوتیپ‌ها با استفاده از تمام صفات مورد بررسی به طور هم زمان از شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) استفاده شد (جدول ۶). شاخص SIIG، بر مبنای ۱۳ صفت (به جزء عملکرد) شامل درصد زنده‌مانی، تعداد روز تا گل‌دهی، تعداد روز ساقه‌دهی، تعداد روز غلاف‌دهی، تعداد روز تا ۵۰ درصد رسیدگی، ارتفاع بوته، قطر ساقه اصلی، تعداد شاخه‌های فرعی، طول غلاف، تعداد غلاف در ساقه اصلی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزاردانه و عملکرد تک بوته محاسبه شد (جدول ۶). در واقع این روش، نتایج صفات مورفولوژیک را ادغام نموده و تبدیل به یک شاخص واحد می‌نماید و کارایی تصمیم‌گیری را افزایش می‌دهد (۲۶، ۲۵). از آنجایی که میزان تغییرات این شاخص بین صفر و یک می‌باشد هرچه مقدار SIIG برای ژنوتیپی به یک نزدیک‌تر باشد آن ژنوتیپ از نظر بیشتر صفات مورد بررسی از وضعیت مطلوب‌تری برخوردار می‌باشد و هرچه مقدار SIIG برای ژنوتیپی به صفر نزدیک‌تر باشد ژنوتیپ مورد بررسی از نظر بیشتر صفات از وضعیت مطلوبی برخوردار نیست. در واقع به کمک شاخص SIIG، محقق تصمیم نهایی را در انتخاب بهترین و ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مورد نظر می‌گیرد.

نجفی میرک و همکاران (۱۵) با استفاده از روش SIIG، ۱۲ شاخص مختلف تحمل به خشکی را در گندم نان ادغام نمودند و براساس آن ژنوتیپ‌های ایده‌آل و ضعیف را مشخص نمودند. در ضمن آنها شاخص SIIG را یک روش ترکیبی مناسب برای ادغام صفات یا شاخص‌های مختلف معرفی نمودند.

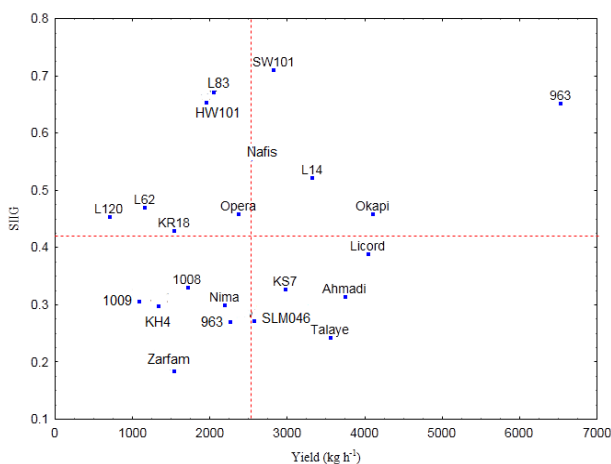
بر اساس شاخص SIIG، ژنوتیپ‌های SW101، L83، HW101 و 963 با مقدار SIIG بیشتر (به ترتیب ۰/۷۱۰، ۰/۶۷۲، ۰/۶۵۳ و ۰/۶۵۳) جزء ژنوتیپ‌های برتر بودند. از طرفی ژنوتیپ‌های Talayeh، Zarfam، L957 و SLM046 با مقدار SIIG کمتر (به ترتیب ۰/۱۸۵، ۰/۲۴۳، ۰/۲۷۱ و

اساس صفات متفاوت تصمیم‌گیری روی لاین‌های حساس و متحمل کار راحتی نیست. در صورتی‌که، با جمع این شاخص‌ها در قالب یک شاخص تحت عنوان شاخص SIIG کار تصمیم‌گیری راحت‌تر می‌شود.

رمزی و همکاران (۱۶) از شاخص SIIG به منظور بررسی تحمل لاین‌های پیشرفته گندم دوروم تحت شرایط تنش آلومینیوم استفاده نمودند و بیان نمودند که در استفاده از شاخص تحمل Ti (مقدار صفت در سطح تنش تقسیم بر مقدار صفت در سطح شاهد) به دلیل وجود Tiهای مختلف بر

جدول ۶- شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) بر مبنای صفات مختلف مورد مطالعه و فواصل از ژنوتیپ‌های ایده‌آل (d⁺) و غیر ایده‌آل (d⁻)
Table 6. Selection index of ideal genotype (SIIG) based on morphological different traits and distance from ideal (d⁺) and non-ideal (d⁻) genotypes

رتبه	عملکرد دانه (kg ha ⁻¹)	رتبه	SIIG	d ⁺	d ⁻	ژنوتیپ‌ها
۹	۲۵۷۰	۱۹	-/۲۷۲	-/۳۹۱	-/۱۴۶	SLM046
۱۱	۲۳۷۱	۹	-/۴۵۹	-/۲۸۴	-/۲۴۱	Opera
۱	۶۵۳۰	۴	-/۶۵۳	-/۱۷۷	-/۳۳۲	L963
۲	۴۱۰۵	۸	-/۴۵۹	-/۲۸۰	-/۲۳۸	Okapi
۲۰	۱۱۵۷	۷	-/۴۷۱	-/۲۸۹	-/۲۵۷	L62
۱۳	۲۱۹۱	۱۷	-/۲۹۹	-/۳۷۵	-/۱۶۰	Nima
۱۹	۱۳۳۱	۱۸	-/۲۹۸	-/۳۶۸	-/۱۵۶	KH4
۵	۳۵۵۳	۲۱	-/۲۴۳	-/۳۸۵	-/۱۲۴	Talaye
۱۲	۲۲۶۰	۲۰	-/۲۷۱	-/۳۷۹	-/۱۴۱	L957
۴	۳۷۴۰	۱۵	-/۳۱۴	-/۳۶۵	-/۱۶۷	Ahmadi
۱۸	۱۵۳۱	۱۱	-/۴۳۰	-/۳۳۷	-/۲۵۵	KR18
۲۱	۱۰۸۲	۱۶	-/۳۰۶	-/۴۰۳	-/۱۷۸	L1009
۱۷	۱۵۳۷	۲۲	-/۱۸۵	-/۴۳۹	-/۰۹۹	Zarfam
۱۰	۲۵۴۱	۵	-/۵۵۶	-/۲۶۵	-/۳۳۲	Nafis
۱۵	۱۹۴۶	۳	-/۶۵۳	-/۱۹۳	-/۳۶۳	HW101
۳	۴۰۳۸	۱۲	-/۳۹۰	-/۳۴۱	-/۲۱۸	Licord
۷	۲۹۶۶	۱۴	-/۳۲۸	-/۳۴۲	-/۱۶۷	KS7
۶	۳۳۱۷	۶	-/۵۲۲	-/۲۴۶	-/۲۶۹	L14
۸	۲۸۱۹	۱	-/۷۱۰	-/۱۴۸	-/۳۶۳	SW101
۱۶	۱۷۰۹	۱۳	-/۳۳۱	-/۳۴۹	-/۱۷۳	L1008
۱۴	۲۰۳۹	۲	-/۶۷۲	-/۱۸۰	-/۳۶۹	L83
۲۲	۷۰۰	۱۰	۴۵۴/۰	۲۸۴/۰	-/۲۳۶	L120



شکل ۱- نمودار دو بعدی پراکنش ۲۲ ژنوتیپ کلزا براساس عملکرد دانه و روش SIIG
Figure 1. Two-dimensional graph of distribution of 22 canola genotypes based on grain yield and SIIG method

برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و صفات مطلوب بهتر است شاخص SIIG بر مبنای همه صفات به‌جز عملکرد محاسبه شود و در نهایت انتخاب ژنوتیپ‌ها در یک نمودار دو بعدی که یک محور آن شاخص SIIG و محور دیگر آن عملکرد است صورت گیرد. در ضمن ژنوتیپ‌های SW101، L14، Nafis، Okapi و L963 با داشتن مقدار SIIG بالا و همچنین عملکرد بالاتر از متوسط کل، جزء ژنوتیپ‌های برتر از نظر عملکرد دانه و سایر صفات مورد مطالعه بودند.

شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) یک مدل گزینش‌گر بوده و به منظور انتخاب ایده‌آل‌ترین ارقام و لاین‌ها از بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی به کار می‌رود. با استفاده از روش SIIG می‌توان صفات مختلف را به صورت یک شاخص واحد درآورد و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر را مطمئن‌تر و دقیق‌تر انجام داد. از دیگر ویژگی‌های شاخص SIIG، ادغام صفات با واحدهای مختلف است. همان‌طور که مشاهده گردید در این تحقیق از صفاتی با واحدهای متفاوت استفاده شد. در صورتی‌که در تحقیقی تعداد صفات مورد بررسی زیاد باشد

منابع

1. Acquach, G.M., W. Adams and J.D. Kelly. 1992. A factor analysis of plant variables Associated with architecture and seed size in dry bean. *Euphytica*, 60: 171-177.
2. 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*, 12: 811-819.
3. Bayat, M., B. Rabiei, M. Rabiee and A. Moumeni. 2008. Assessment of relationship between grain yield and important agronomic traits of rapeseed as second culture in paddy fields. *Journal of Crop Production and Processing*, 12: 475-486 (In Persian).
4. Burton, G.W. and E.H. Devan. 1953. Estimating heritability in tall fescue (*Festuca arundinacea*) from replicated clonal material. *Agronomy Journal*, 45: 478-481.
5. Guertin, W.H. and J.P. Bailey. 1982. *Intrudocion to modern factor analysis*. Edwards Brothers Inc., Michigan, 329 pp.
6. Guo, J.C., X.X. Guo and R.H. Lia. 1987. A study of correlations between yield components in mutants of *Brassica Napus* L. *Oil Crops of China*, 2: 23-25.
7. Hejazi, A. 2000. *Rapeseed cultivation*. Rozaneh Pub, 147 pp.
8. Johnson, R.A. and D.W. Wichern. 1982. *Appliedmulyivariate statistical analysis*. Prentice Hall Internet, New York.
9. Marjanovic-Jeromela, A., A.K. Spika, D.S. Pankovic, R. Marinkovic and N. Hristov. 2009. Phenotypic and molecular evaluation of genetic diversity of rapeseed (*B.Napus* L.) genotypes. *Afric J biotechnol*, 8: 4835-4844.
10. Mohammadi, A., O. Sofalian, H. Jafari, A. Asghari and F. Shekari. 2017. Assessing the genetic diversity of two population of barley under normal and drought stress conditions in seedling stage using multivariate analyses. *Cereal Research*, 7(3): 399-420.
11. Moradi, M. and M.S. Howyzeh. 2018. Evaluation of genetic Diversity and Heritability of the Grain Yield and Yield Components in Spring Rapeseed Cultivars. *Crop Breeding*, 26: 207-214.
12. Moradi, M., M. Soltani Hoveize and E. Shahbazi. 2017. Study the Relations between Grain Yield and Related Traits in Canola by Multivariate Analysis. *Journal of Crop Breeding*, 9(23): 187-194 (In Persian).
13. Murat, T. and C. Vahdettin. 2007. Relationships between yield and some yield components in rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars by using correlation and path analysis. *Pakistan Journal of Botany*, 39: 81-84.
14. Nabavi, A. 1995. Effect of density and planting date on yield and phenological stages of canola cultivars. Master's Thesis, Faculty of agriculture, Mashhad University.
15. Najafi Mirak, T., M. Dastfal, B. Andarzian, H. Farzadi, M. Bahari and H. Zali. 2018. Assessment of non-parametric methods in selection of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) stable genotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 19(2): 126-138 (In Persian).
16. Ramzi, E., A. Asghari, S. Khomari and H.M. Chamanabad. 2018. Investigation of durum wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. Durum Desf) lines for tolerance to aluminum stress condition. *Journal of Crop Breeding*, 10(25): 63-72 (In Persian).
17. Roustabaghi, B., H. Dehghani, B. Alizadeh and N. Sabaghnia. 2012. Investigation of diversity and evaluation of relationship between yield and yield components of rapeseed by multivariate methods. *Journal of crop production and processing*, 2: 53-63 (In Persian).
18. Sabaghnia, N., H. Dehghani, B. Alizadeh and M. Moghaddam. 2010. Interrelationships between seed yield and 20 related traits of 49 canola (*Brassica napus* L.) genotypes in non-stressed and water-stressed environments. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8: 356-370.
19. Singh, K.B., B. Geletu and R.S. Malhotra. 1990. Association of some characters with seed yield in chickpea collections. *Euphytica*, 49: 83-88.
20. Sofalian, O., F. Ajri, A. Sabouri, A. Asghari and S. Hasanian. 2019. Consistency of upland and lowland rice genotypes grouping by microsatellite markers and drought tolerance indices. *Crop Biotech*, 8(4): 51-64.
21. Subhaashchandra, B., H.C. Lohithaswa, A.S. Desai and R.R. Hanchinal. 2010. Assessment of genetic variability and relationship between genetic diversity and transgressive segregation in tetraploid wheat. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 22: 36-38.
22. Tahmasebi, S., M. Dastfal, H. Zali and M. Rajaei. 2018. Drought tolerance evaluation of bread wheat cultivars and promising lines in warm and dry climate of the south. *Cereal Research*, 8(2): 209-225 (In Persian).
23. Vejdani, P. 1993. The role of the gene bank and plant genetic material in increasing crop production. Key articles of the first congress of agriculture and plant breeding, University of Tehran, Karaj, Iran.
24. Yagoutipour, A., E. Farshadfar and M. Saeedi. 2017. Assessment of durum wheat genotypes for drought tolerance by suitable compound method. *Environmental Stress in Crop Sciences*, 10(2): 247-256 (In Persian).
25. Zali, H., O. Sofalian, T. Hasanloo, A. Asghari and S.M. Hoseini. 2015. Appraising of drought tolerance relying on stability analysis indices in canola genotypes simultaneously, using selection index of ideal genotype (SIIG) technique: Introduction of new method.
26. Zali, H., O. Sofalian, T. Hasanloo, A. Asghari and M. Zeinalabedini. 2016. Appropriate strategies for selection of drought tolerant genotypes in canola. *Journal of Crop Breeding*, 78(20): 77-90 (In Persian).

Evaluation of Some Autumn Canola Genotypes Based on Agronomy Traits and SIIG Index

Akbar Abdollahi Hesar¹, Omid Sofalian², Bahram Alizadeh³, Ali Asghari⁴ and Hassan Zali⁵

1- Ph.D. Student of Biometrical Genetics at the University of Mohaghegh Ardabil

2- Professor, Department of Plant Breeding, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

(Corresponding author: sofalian@gmail.com)

3- Associate Professor, Oil crops Research Department, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

4- Associate Professor, Department of Plant Breeding, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

5- Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Darab, Iran

Received: December 16, 2019 Accepted: June 13, 2020

Abstract

To verify diversity, relationship between traits, and selection of superior genotypes using the selection index of ideal genotype (SIIG) technique, an experiment was carried out on agricultural land in Tikmeh Dash city, from the province of East Azarbaijan, Iran in 2017-18. In this experiment, 22 autumn canola genotypes were studied in a randomized complete block design (RCBD) for some of agronomy traits. The results showed L963, Okapi and Licord genotypes have the highest yield mean. Also, the traits of the number of pods per plant (NPP), yield and yield of single plant in these genotypes had a high coefficient of phenotypic diversity, which indicates the effect of environment on these traits. Phenotypic and genotypic diversity coefficients the traits of the number of pods per plant (NPP), yield, and single yield (YSP) in all genotypes had high genetic diversity. Heritability was low for the day to flowering (DF), number of pods per main stem (NPMS), and yield traits; however, it was high for the day to pod (DPO) day to ripping index (DRI) and plant height (H) traits. Altogether 65.69% of the total variation was justified through the 5 factors that had been determined by the factor analysis to the principle component. Based on the SIIG technique, the genotypes SW101, L83, HW101 and 963 with the highest SIIG values (0.710, 0.672, 0.6531 and 0.6530 respectively) were the best genotypes. On the other hand, Zarfam, Talayeh, 957 and SLMO16 genotypes with the least amount of SIIG value (0.185, 0.243, 0.271 and 0.272 respectively) were the weakest genotypes for most morphological traits. The genotypes of SW101, L14, L944, Okapi, and L963 both having high SIIG value and high yield, are the best genotype from the point of yield and other morphological traits.

Keywords: Canola, Factor analysis, Genetic diversity, Heritability, Selection