به‌نژادی گیاهان زراعی و باغی
دوره ٤ ■ شماره ١ ■ بهار و تابستان ١٣٩٥
صفحه‌های ١٠٣-٩١
انتشار الکترونیکی: بهار ١٣٩٨

تجزیه‌وتحلیل‌های آماری چندمتغیره صفات وابسته به عملکرد دانه در ارقام کلزای بهاره

محمد مرادی[1*]، مهدی سلطانی حویزه[2]

١. گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران.
٢. گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ١٣٩٥/٠٤/١٩ تاریخ پذیرش مقاله: ١٣٩٥/٠٦/٢٠

چکیده

به‌منظور بررسی صفات مؤثر بر عملکرد و نیز تعیین عوامل پنهانی دخیل در ایجاد تنوع و دسته‌بندی ژنوتیپ‌های کلزای بهاره (*Brassica napus* L.) آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ١٧ ژنوتیپ در ٤ تکرار در سال زراعی ١٣٩٥-١٣٩٤ در مزرعه‌ای در صفی‌آباد واقع در شهرستان دزفول اجرا گردید. نتایج ضرایب هم‌بستگی نشان داد که عملکرد دانه با وزن هزاردانه و تعداد دانه در غلاف بیشترین هم‌بستگی مثبت را داشت و در سطح احتمال ١ درصد معنی‌دار بود. انجام رگرسیون مرحله‌ای برای کلیه صفات نشان‌دهنده اهمیت و نقش تعیین‌کننده صفات وزن هزاردانه، تعداد دانه در غلاف، شاخص برداشت و تعداد روز تا رسیدگی بر عملکرد ژنوتیپ‌ها بود. نتایج تجزیه مسیر نشان داد که صفات تعداد دانه در غلاف و وزن هزاردانه بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر عملکرد دانه دارا بودند. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که صفات تعداد دانه در غلاف، وزن هزاردانه، شاخص برداشت و عملکرد دانه بیشترین هم‌بستگی را با مؤلفه اول و صفات تعداد روز تا رسیدگی، تعداد روز تا گل‌دهی و طول دوره گل‌دهی بیشترین هم‌بستگی را با مؤلفه دوم داشتند. با انجام تجزیه‌وتحلیل عامل‌ها، دو عامل مهم شناسایی شدند که عامل اول «صفات مرتبط با عملکرد و یا عامل مقصد فیزیولوژیک» و عامل دوم عامل «رشد رویشی» تعیین گردید. بنابراین امکان استفاده از این صفات در برنامه‌های اصلاحی برای بهبود عملکرد دانه ارقام بهاره کلزا به‌عنوان معیار انتخاب وجود دارد. تجزیهٔ خوشه‌ای به‌روش وارد، ژنوتیپ‌ها را در ٥ گروه قرارداد و بیشترین فاصلهٔ ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های گروه ١ و ٥ مشاهده شد. بنابراین، پیش‌بینی می‌شود که تلاقی ژنوتیپ‌های گروه ١ و ٥ بهترین دو رگ‌ها را ایجاد و در نسل‌های در حال تفرق تنوع مطلوبی برای برنامه‌های بهنژادی فراهم کند.

کلیدواژه‌ها: تجزیهٔ خوشه‌ای، تجزیه علیت، روش‌های آماری چند متغیره، کلزا، هم‌بستگی.

* نویسنده مسئول
Email: moradim_17@yahoo.com

مقدمه

کلزا (*Brassica napus* L.) به‌عنوان یک گیاه روغنی به‌طور متوسط حاوی ٤٠ تا ٤٥ درصد روغن دردانه است [٥]. با توجه به روند رو به رشد افزایش جمعیت در کشور و همچنین نیاز روزافزون به افزایش تولید محصولات کشاورزی در واحد سطح، بررسی میزان رابطهٔ عملکرد دانه و صفات وابسته برای بهره‌برداری بیشتر از آن‌ها در برنامه‌های بهنژادی ضروری است. در برنامه‌های اصلاح نباتات انتخاب براساس تعداد زیادی صفت زراعی صورت می‌گیرد که ممکن است بین آن‌ها هم‌بستگی مثبت و منفی وجود داشته باشد، لذا روش‌های تجزیه‌وتحلیلی که بدون از بین بردن میزان زیادی از اطلاعات مفید، تعداد صفات مؤثر در عملکرد را کاهش دهند، برای پژوهشگران باارزش است [١٢]. به‌طورکلی شانس موفقیت متخصصان اصلاح نباتات درگرو انتخاب مواد مناسب و وجود تنوع بوده و والدینی که از نظر ژنتیکی متفاوت هستند، هیبریدهایی با هتروزیس بیشتر تولید می‌کنند و احتمال به‌دست‌آوردن نتاج تفرق‌یافتهٔ برتر (تفکیک متجاوز) افزایش می‌یابد. از طرف دیگر تعیین مشخصات و گروه‌بندی ژرم‌پلاسم به بهنژادگران امکان می‌دهد تا از تکرار در نمونه‌گیری از جمعیت‌ها اجتناب نمایند. در تجزیهٔ عامل‌ها، هدف اساسی بیان وجود روابط کوواریانس میان بسیاری از متغیرها بر اساس چند کمیت تصادفی غیرقابل مشاهده است که عامل‌ها نامیده می‌شوند. به‌عبارت‌دیگر، از تجزیه به عامل‌ها به‌منظور پیدا کردن علت وجود همبستگی و توصیف رابطه بین صفات و ژنوتیپ‌ها برحسب تعداد کمتری شاخص که روی این صفات تأثیرگذارند، استفاده می‌شود [١٠]. در این راستا، محقق دیگری در مطالعه‌ای تجزیه عامل‌ها را برای ١٠ صفت تعیین‌کننده عملکرد در ژنوتیپ کلزا به‌کار برد و ٤ عامل را استخراج نمود [١٣]. همین محقق در مطالعه دیگری [٢] تجزیه عامل‌ها را برای صفات تعیین‌کننده عملکرد در ارقام کلزا بکار برد و ٣ عامل را استخراج نمود که جمعاً ٧٤ درصد از تغییرات کل را توجیه کردند.

روش تجزیه علیت به‌عنوان ابزاری برای تعیین اهمیت صفات مؤثر بر عملکرد، مورداستفاده قرار می‌گیرد. این روش ماهیت همبستگی‌های ساده را نشان داده و میزان اثرات مستقیم و غیرمستقیم متغیرهای وابسته را تعیین می‌کند [١٠]. پژوهش‌گران دیگری با بررسی هم‌بستگی و تجزیه علیت بین صفات در کلزا گزارش نمودند که عملکرد دانه دارای هم‌بستگی مثبتی با وزن هزاردانه، شاخص برداشت و طول دوره رسیدگی بود. در رگرسیون گام‌به‌گام عملکرد با سایر صفات، وزن هزاردانه و پایان گل‌دهی بیشترین تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند. نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه علیت نیز نشان داد که صفات وزن هزاردانه و پایان گل‌دهی اثر مستقیم قابل‌توجهی بر عملکرد دانه داشتند [٢٧]. پژوهشگران بررسی هم‌بستگی و تجزیه علیت بین صفات در کلزا گزارش کرده‌اند که عملکرد دانه دارای هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری با صفات وزن هزاردانه، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف بود. نتایج حاصل از تجزیه علیت نشان داد که صفات وزن هزاردانه، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف بیشترین اثر مستقیم را روی عملکرد دانه داشتند [٢٣]. پژوهش‌گران با بررسی هم‌بستگی و تجزیه علیت بین صفات در ٤٩ ژنوتیپ کلزا گزارش نمودند که هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با اکثر صفات موردبررسی وجود دارد. در این مطالعه بیشترین اثر مستقیم را تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، شاخص برداشت، روز تا رسیدگی و وزن هزاردانه روی عملکرد دانه داشتند [٢٨]. برای آن‌که بهنژادگر از پدیدهٔ هتروزیس بتواند بیشترین بهره‌برداری را به‌دست آورد، ابتدا بایستی از میزان تنوع موجود در بین ژنوتیپ‌های

مورد مطالعه آگاهی داشته باشد و سپس برای حصول هیبریدهای پر محصول با صفات مطلوب از طریق دورگ‌گیری بین ژنوتیپ‌های با فاصلهٔ دور ژنتیکی اقدام کند. از بین روش‌های آماری چند متغیره، روش‌های تجزیهٔ خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در بیان و تشریح تنوع ژنتیکی کاربرد زیادی دارند [۱۶]. تجزیهٔ خوشه‌ای حداقل در دو مورد می‌تواند به به‌نژادگر کمک کند: یکی پیدا کردن گروه‌های واقعی بر اساس تشابه ژنتیکی بین آن‌ها و دیگری کاهش داده‌ها و انتخاب افراد محدودی از هر گروه یا دسته [۱۶]. والدینی که از لحاظ ژنتیکی متفاوت‌اند، هیبریدهایی با هتروزیس بیشتر تولید می‌کنند و احتمال به‌دست‌آوردن نتاج تفرق‌یافتهٔ برتر تفکیک متجاوز) را افزایش می‌دهند، از جهتی تعیین مشخصات و گروه‌بندی ژرم‌پلاسم به بهنژادگران امکان می‌دهد تا از دوباره‌کاری در نمونه‌گیری از جمعیت‌ها خودداری کنند [۲۹].

هدف از این پژوهش، استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره جهت شناسایی صفات مهم و تأثیرگذار و تعیین میزان سهم نسبی هر یک بر عملکرد و دسته‌بندی ژنوتیپ‌های کلزا برای استفاده در برنامه‌های بهنژادی است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌منظور ارزیابی صفات زراعی و کمی مؤثر بر عملکرد دانه و نیز عوامل پنهانی دخالت‌کننده در ایجاد تنوع و دسته‌بندی ژنوتیپ‌های کلزای بهاره با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره، در مزرعه‌ای در صفی‌آباد واقع در ۱۸ کیلومتری جنوب شهرستان دزفول با ارتفاع ۸۲ متر از سطح دریا با طول و عرض جغرافیایی به‌ترتیب ٤٨ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی و ۳۲ درجه و ٢٤ دقیقه شمالی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹٤ اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل ١٦ رقم کلزای تیپ بهاره دو صفر به‌همراه رقم هیبرید هایولا٤٠١ به‌عنوان شاهد بود. که عبارتند از: S-83، RG4403، Amica، RGAS0324، RGS006، Kimberley، RG405/02، RG405/03، Hyola401، Sarigol، Hysun110، RGS003، Hyola420، Hyola308، Hyola60، pF و Option500. کاشت بذرها در تاریخ ۲۰ آبان‌ماه به‌صورت هیرم‌کاری انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل ٤ ردیف ۵ متری به فاصله خطوط ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۵ سانتی‌متر بود. پس از عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک و ماله، براساس نتایج آزمایش‌های تجزیه خاک، ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار ازت خالص (ثلث اول هنگام کاشت، ثلث دوم در مرحله روزت و ثلث باقی‌مانده در مرحله قبل از گل‌دهی) و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم و علف‌کش ترفلان به‌صورت یکنواخت در سطح مزرعه پخش شد و به‌وسیله دیسک سبک، کود و علف‌کش با خاک مخلوط گردید. در مرحله شش برگی در صورت نیاز وجین به‌صورت دستی انجام شد. آبیاری به‌صورت نشتی و با کمک آب‌شویه انجام شد. در طول دوره رشد، صفاتی از قبیل صفات تعداد روز تا شروع گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی، طول دوره گلدهی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، ارتفاع بوته، وزن هزاردانه برای ۱۰ بوته که به‌صورت تصادفی از دوپشته میانی با حذف اثر حاشیه انتخاب شده بودند، اندازه‌گیری شد. برداشت محصول در هر کرت از دوپشته میانی برای حذف اثر حاشیه به‌طور دستی انجام شد. عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و عملکرد دانه اندازه‌گیری و محاسبه شدند. ضرایب همبستگی فنوتیپی بین صفات موردمحاسبه قرار گرفت. از تجزیه رگرسیون مرحله‌ای، به‌منظور تعیین صفاتی که بیشترین توجیه را در تغییرات عملکرد دانه داشتند، استفاده شد. با استفاده از

نرم‌افزار آماری Path analysis نیز تجزیه ضرایب مسیر برای تعیین اثرات مستقیم و غیرمستقیم اجزای عملکرد بر عملکرد دانه استفاده شد. برای تعیین عوامل پنهانی، با استفاده تجزیه به عامل‌ها از نرم‌افزار SAS استفاده گردید. تجزیه خوشه‌ای به روش وارد و با استفاده از میانگین متغیرهای استانداردشده با نرم‌افزار SPSS و مربع فاصله اقلیدسی به‌عنوان معیار تشابه مورداستفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث

ضرایب هم‌بستگی

ضرایب هم‌بستگی بین صفات در ارقام کلزای موردمطالعه، در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج نشان داد که عملکرد دانه با وزن هزاردانه و تعداد دانه در غلاف بیشترین هم‌بستگی مثبت را داشت و در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود، نتایج محققانی نظیر [۷، ۱۵، ۱٦ و ۲٦] با نتایج این تحقیق مشابهت داشت. محققان دیگری گزارش کردند که ضریب هم‌بستگی عملکرد دانه با صفات تعداد غلاف در بوته عملکرد بیولوژیک و درصد روغن معنی‌دار است [۸]. در آزمایشی دو ساله در کلزا گزارش‌شده که عملکرد دانه در سال اول با تعداد شاخه فرعی در بوته و وزن هزاردانه هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار بود و در سال دوم فقط با وزن هزاردانه هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار داشت [۹]. هم‌بستگی عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت مثبت و در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با توجه به این‌که شاخص برداشت یکی از مهم‌ترین شاخص‌های فیزیولوژیکی درزمینه بهبود عملکرد دانه می‌باشد می‌توان با انتخاب و بهبود صفات همبسته با آن عملکرد را افزایش داد. همچنین هم‌بستگی عملکرد دانه با تعداد روز تا رسیدگی منفی و در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول۱). نتایج این تحقیق با نتایج سایر محققان [۷] مطابقت داشت.

پژوهش‌گران دیگری در گیاه کلزا هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه در بوته با ارتفاع بوته، درصد روغن دانه و وزن هزاردانه گزارش نمودند [۱٦]. منتهی نکته بسیار مهم در این مورد، آن است که ضرایب منفی هم‌بستگی‌های موجود بین تعداد روز تا رسیدگی و تعداد روز تا گلدهی با عملکرد دانه، نباید باعث بروز اشتباه گردد، زیرا وجود این علامت منفی بیانگر این مطلب است که هرچه مراحل نموی، زودتر و به‌موقع، آغاز یا تکمیل شده‌اند و به‌عبارتی از نظر عددی کاهش یافته‌اند، عملکرد دانه افزایش یافته است (جدول ۱). هم‌بستگی وزن هزاردانه با صفت تعداد دانه در غلاف مثبت و با صفت تعداد روز تا رسیدگی منفی و در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. به‌نظر می‌رسد هرچه رشد رویشی گیاه بیشتر گردد، تعداد دانه در غلاف افزایش می‌یابد و با توجه به محدود بودن مواد فتوسنتزی در گیاه هرچه تعداد دانه بیشتر شود، وزن دانه کمتر می‌شود. این نتایج با نتایج سایر پژوهش‌گران [۷ و ۱٦] مطابقت داشت. هم‌بستگی تعداد دانه در غلاف با صفات ارتفاع بوته و تعداد روز تا رسیدگی منفی و در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. این صفت با عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت هم‌بستگی مثبت و نسبتاً بالایی داشت. هم‌بستگی شاخص برداشت با صفات درصد روغن و تعداد روز تا رسیدگی منفی و در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). در مطالعه دیگری گزارش‌شده که شاخص برداشت هم‌بستگی معنی‌داری با وزن هزاردانه ندارد و با تعداد دانه در غلاف هم‌بستگی منفی و معنی‌دار و با عملکرد بیولوژیک هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری دارد [٦]. پژوهش‌گران دیگری نیز رابطه وزن هزاردانه را با تعداد دانه در غلاف مثبت و معنی‌داری و با تعداد روز تا شروع گل‌دهی و تعداد روز تا خاتمه گل‌دهی منفی و معنی‌دار عنوان کردند [۱۵].

جدول ۱. ضرایب هم‌بستگی بین صفات موردبررسی در ۱۷ رقم بهاره کلزا

صفات	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
۱- عملکرد دانه	۱										
۲- وزن هزاردانه	۰/۸۱**	۱									
۳- تعداد غلاف در بوته	۰/۳۵	۰/۰۷	۱								
٤- تعداد دانه در غلاف	۰/۷۸**	۰/۵۷*	-۰/۲۱	۱							
٥- درصد روغن	-۰/۳۷	۰/۰۳	-۰/٤۹*	۰/۰۱	۱						
٦- ارتفاع بوته	-۰/٤۱	-۰/۱۸	۰/٤۷*	-۰/۷۹**	-۰/۱۸	۱					
۷- تعداد روز تا گلدهی	-۰/۱۲	-۰/۱٤	۰/۳۱	-۰/۲۷	-۰/۲۸	۰/۳۲	۱				
۸- تعداد روز تا رسیدگی	-۰/٦٤**	-۰/۵۲*	۰/۱۲	-۰/٦۸**	۰/۳۹	۰/٤۳	-۰/۲۵	۱			
۹- طول دوره گلدهی	-۰/٤۷*	-۰/٤۹*	۰/۲۸	-۰/۱۹	۰/۰۸	۰/۲۱	-۰/۳۵	۰/٤۵	۱		
۱۰- عملکرد بیولوژیک	۰/۵٤*	۰/۱۸	۰/٤۲*	۰/۲۷	-۰/٤۳	۰/۰۹	-۰/٤۷*	-۰/۳۰	-۰/۱۸	۱	
۱۱- شاخص برداشت	۰/۵۸*	۰/۵۳*	۰/۳۵	۰/٤۱	-۰/۵۱*	-۰/۲۳	۰/۲۷	-۰/۵٦*	-۰/۳٤	-۰/۳۹	۱

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

تجزیه رگرسیون مرحله‌ای

به‌منظور تعیین مهم‌ترین صفات مؤثر در عملکرد دانه و حذف متغیرهای کم‌اهمیت و برای شروع تجزیه علیت، ابتدا تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام صورت گرفت. نتایج تجزیه رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد دانه به‌عنوان متغیر تابع و صفات دیگر به‌عنوان متغیرهای مستقل در جدول ۲ نشان داده شده است در این زمینه صفات وزن هزاردانه با ضریب تبیین ٤٦/۱ درصد، تعداد دانه در غلاف با ضریب تبیین ۲۰/۱ درصد، شاخص برداشت با ضریب تبیین ۱۱/۹ درصد و رسیدگی فیزیولوژیکی با ضریب تبیین ۱۱/۲ درصد، به‌ترتیب وارد مدل شدند. این صفات به میزان ۸۹/۳ درصد از تغییرات مدل رگرسیون مربوط را توجیه می‌کنند (جدول ۲). به‌طورکلی با توجه به نتایج حاصل از رگرسیون مرحله‌ای برای ژنوتیپ‌های کلزا اولین و دومین متغیرهایی که وارد مدل رگرسیون شدند صفات وزن هزاردانه و تعداد دانه در غلاف بودند که بیشترین سهم را در تبیین عملکرد دانه داشتند و هم‌چنین با توجه به بالا بودن ضرایب همبستگی فنوتیپی این صفات با عملکرد دانه می‌توان گفت که این صفات مهم‌ترین جز عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های موردمطالعه هستند و می‌توانند در برنامه‌های اصلاحی برای گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالاتر موردتوجه قرار گیرد عملکرد و شاخص برداشت بیشتر نشان‌دهنده اختصاص بهتر مواد فتوسنتزی به عملکرد اقتصادی می‌باشد که می‌تواند به‌عنوان یک صفت مناسب در اصلاح ارقام با عملکرد بالا استفاده شود. صفت شاخص برداشت در اصلاح محصولات زراعی بسیار مهم می‌باشد که می‌تواند از ارقام با شاخص برداشت بالا اما پتانسیل تولید کم به ارقام با صفات زراعی برتر اما شاخص برداشت پایین منتقل گردد [۳۰]. پژوهش‌گران دیگری در رگرسیون گام‌به‌گام عملکرد کلزا با سایر صفات، نشان داد که صفات وزن هزاردانه و پایان گل‌دهی بیشترین تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند [۲۷]. نتایج مطالعه‌ای دیگر در کلزا نشان داد که صفات ارتفاع بوته و تعداد غلاف در بوته بهترتیب بیشترین تأثیر کاهشی و افزایشی را بر عملکرد دانه داشتند [۲٦].

تجزیه علیت

به‌منظور درک بهتر و تفسیر دقیق‌تر نتایج به‌دست‌آمده از هم‌بستگی‌های ساده و رگرسیون گام‌به‌گام، متغیرهای واردشده در مدل رگرسیون، مورد تجزیه علیت قرار گرفت. این صفات درمجموع ۸۸/٤ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند. آثار مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد دانه در جدول ۳ آورده شده است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، در بین صفات موردبررسی، وزن هزاردانه، تعداد دانه در غلاف و شاخص برداشت بیشترین اثر مستقیم مثبت و معنی‌دار را بر عملکرد دانه دارا بودند (به‌ترتیب ۰/٦۳، ۰/۸۱ و ۰/۵۱). اثر غیر وزن هزاردانه بر عملکرد دانه از طریق تعداد دانه در غلاف مثبت و بالابود (۰/٤٦) ولی آثار غیرمستقیم این صفت از طریق صفات شاخص برداشت و تعداد روز تا رسیدگی منفی و کم بود (به‌ترتیب ۰/۱٦- و ۰/۱۹-). آثار غیرمستقیم تعداد دانه در غلاف از طریق شاخص برداشت و تعداد روز تا رسیدگی بر عملکرد دانه مثبت و کم بودند (به‌ترتیب ۰/۲۳ و ۰/۱۳). ولی اثر غیرمستقیم این صفت از طریق تعداد روز تا رسیدگی بر عملکرد منفی و نسبتاً زیاد بود (۰/۳۵-). نتایج حاصل مشابه با نتایج آزمایش‌های [۱۱، ٦، ۱۵ و ۲۸] بود، به‌طوری‌که آن‌ها نیز گزارش کردند که صفات وزن هزاردانه و تعداد دانه در غلاف دارای بیشترین اثر بر عملکرد دانه بودند.

ازنظر فیزیولوژیک نیز انتظار می‌رفت صفت وزن هزاردانه و تعداد دانه در غلاف دارای بیشترین تأثیر بر عملکرد دانه باشند. بنابراین می‌توان استنباط نمود که صفات وزن هزاردانه و تعداد دانه در غلاف در ژنوتیپ‌های موردبررسی در انتخاب برای عملکرد بالا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند. در بررسی دیگری در گیاه کلزا گزارش‌شده که بیشترین اثر مستقیم را ارتفاع بوته و تعداد غلاف در بوته روی عملکرد دانه در بوته داشتند [۱٦]. برخی پژوهش‌گران نیز گزارش کرده‌اند که صفت تعداد غلاف در بوته دارای بیشترین اثر مستقیم و اثرهای غیرمستقیم بر عملکرد دانه است و بعدازآن صفات وزن هزاردانه و تعداد دانه در غلاف دارای بیشترین اثر مستقیم و اثرهای غیرمستقیم بر عملکرد دانه می‌باشند [۲۱].

جدول ۲. نتایج رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل

مرحله ورود متغیر به مدل	متغیر واردشده به مدل	ضریب رگرسیون جزء	خطای استاندارد	F	R^2
۱	وزن هزاردانه	۰/٤٦۱	٤۲/۱٦	۱٤۲/۱۵**	۰/٤٦۱
۲	تعداد دانه در غلاف	۰/۲۰۱	۲۷/۵۱	٦۳/۷۰**	۰/٦٦۲
۳	شاخص برداشت	۰/۱۱۹	۳۱/۳۹	۲۵/۱۷*	۰/۷۸۱
٤	رسیدگی فیزیولوژیکی	۰/۱۱۲	۲۵/٦۸	۱۹/۰۵*	۰/۸۹۳

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.
۲۰۸۱/۳٤- = عرض از مبدأ.

جدول ۳. آثار مستقیم (روی قطر) غیرمستقیم وزن هزاردانه، تعداد دانه در غلاف، در صد روغن و ارتفاع بوته بر عملکرد دانه

	وزن هزاردانه	تعداد دانه در غلاف	شاخص برداشت	تعداد روز تا رسیدگی	ضریب هم‌بستگی با عملکرد دانه	اثرات باقیمانده
وزن هزاردانه	۰/٦۳**	۰/٤٦	-۰/۱٦	-۰/۱۹	۰/۸۱**	
تعداد دانه در غلاف	۰/۲۳	۰/۸۱**	۰/۱۳	-۰/۳۵	۰/۷۸**	
شاخص برداشت	۰/۱۳	-۰/۰۵	۰/۵۱*	۰/۱۰	۰/۵۸*	
تعداد روز تا رسیدگی	-۰/۱٦	۰/۳۹	۰/۱۱	-۰/۳۸*	-۰/٦٤**	۰/۲۳

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای رسیدن به اهداف تشریح و توجیه تنوع موجود در جامعه، تعیین سهم هر صفت در تنوع و کاهش تعداد متغیرهای اصلی از طریق محاسبه مؤلفه‌های غیر همبسته که ترکیبی از متغیرهای اصلی می‌باشند، استفاده می‌شود [۲۹]. نتایج حاصل از تجزیه مؤلفه‌های اصلی شامل بردارهای مشخصه، ریشه‌های مشخصه، نسبت واریانس توجیه‌شده توسط هر مؤلفه و کل واریانس توجیه شده در جدول ٤ نشان داده شده است. ریشه‌های مشخصه سه مؤلفه اول به‌ترتیب ۳/۲۵، ۲/۱۹ و ۱/۰۹ بود. این سه مؤلفه به‌ترتیب ٤۲، ۲۹ و ۱۷ درصد و درمجموع ۸۸ درصد از تنوع بین صفات زراعی موردبررسی را تبیین نمودند. یکی از اهداف این تجزیه این است که ۱۱ صفت زراعی موردبررسی را در قالب چند مؤلفه اصلی خلاصه نموده و نقش این صفات را در تبیین تنوع کل بیان نماید. عامل اول ٤۲ درصد از تغییرات کل را توجیه نمود و صفات وزن هزاردانه، تعداد دانه در غلاف، شاخص برداشت و عملکرد دارای بار عاملی مثبت و بالایی بودند، بنابراین این عامل را می‌توان عامل عملکرد و اجزای آن نام‌گذاری کرد. در عامل دوم صفات تعداد روز تا شروع گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی و طول دوره گلدهی دارای بار عاملی مثبت و بزرگ می‌باشند. بنابراین این عامل را می‌توان عامل فنولوژی نام‌گذاری کرد. عامل سوم دارای بار عاملی مثبت و بالا برای صفت ارتفاع گیاه می‌باشد که می‌توان آن را عامل رشد رویشی نامید. بررسی پژوهش‌گران دیگری با استفاده از تجزیه مؤلفه‌های اصلی، منجر به شناسایی ٤ مؤلفه گردید که ۸۷ درصد از تنوع کل را توجیه نمودند [۱۳]. پژوهشگران دیگری نیز با استفاده از رگرسیون گام‌به‌گام در کلزا نشان دادند که پنج صفت شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزاردانه، درصد روغن و تعداد گره در ساقه در مدل رگرسیونی قرارگرفته و درمجموع ۷۸ درصد از تنوع عملکرد دانه کلزا را توجیه نمودند [٦]. در مطالعات مشابهی، تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد که دو صفت تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف نقش تعیین‌کننده و مهمی در توجیه عملکرد دانه‌دارند [۱۲].

جدول ٤. بردارهای مشخصه، ریشه‌های مشخصه، نسبت واریانس توجیه‌شده توسط هر مؤلفه و نسبت تجمعی

صفات	بردارهای مشخصه		
	مؤلفه اول	مؤلفه دوم	مؤلفه سوم
وزن هزاردانه	۰/۸۵	۰/۰۹	۰/۰۳
تعداد دانه در غلاف	۰/٦۹	۰/۰۳	۰/۰۹
تعداد روز تا رسیدگی	-۰/۱۰	۰/۸۵	-۰/۱۱
شاخص برداشت	۰/۷۲	-۰/۰٤	۰/۰۷
طول دوره گلدهی	-۰/۰۱	۰/۷٦	-۰/۱۳
تعداد غلاف در بوته	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۱
تعداد روز تا شروع گلدهی	-۰/۰۵	۰/۷۹	۰/۱۱
عملکرد بیولوژیک	۰/۰۲	۰/۲۵	۰/۰۹
درصد روغن	۰/۱۳	-۰/۰۹	-۰/۰٦
ارتفاع بوته	-۰/۱۰	۰/۱۳	۰/۸۱
عملکرد دانه	۰/۵٦	۰/۰٤	۰/۱۰
نسبت واریانس توجیه‌شده	۰/٤۲	۰/۲۹	۰/۱۷
واریانس توجیه شده تجمعی	۰/٤۲	۰/۷۱	۰/۸۸
ریشه مشخصه	۳/۲۵	۲/۱۹	۱/۰۹

تجزیه عامل‌ها

از تجزیه عامل‌ها جهت شناسایی روابط موجود بین صفات و گروه‌بندی آن‌ها بر اساس این روابط استفاده شده است [۳۰]. در این تحقیق تجزیه عامل‌ها به روش مؤلفه‌های اصلی انجام گرفت. به‌منظور توجیه بهتر، عامل‌ها را به‌روش وریماکس [۱۱] دوران داده که درنهایت با توجه به توجیه منطقی عامل‌ها و تعداد

ریشه‌های مشخصه بزرگ‌تر از یک، تعداد معدودی عامل استخراج و مورد تشریح و تفسیر قرار گرفتند. در جدول ۵ نتایج حاصل از تجزیه عامل‌ها شامل بردار بار عامل‌های دوران یافته، نسبت واریانس توجیه‌شده توسط هر عامل، نسبت تجمعی واریانس توجیه‌شده و ریشه‌های مشخصه مربوط به هر عامل نشان داده شده است. دو عامل استخراج شد درمجموع ۷۵ درصد از تغییرات کل را توجیه نمودند. عامل اول ٤٨ درصد از تغییرات کل را توجیه نمود. در عامل اول صفات وزن هزاردانه، تعداد دانه در غلاف دارای بار عامل‌های بزرگ و مثبت هستند، بنابراین این عامل را می‌توان عامل صفات مرتبط با عملکرد و یا عامل مقصد فیزیولوژیک تلقی نمود؛ زیرا با افزایش شمار تعداد دانه در غلاف و وزن هزاردانه، امکان ذخیره مواد فتوسنتزی بیشتری فراهم می‌شود. بنابراین، این عامل می‌تواند نقش مهمی را به‌عنوان شاخص انتخاب در برنامه‌های بهنژادی و جهت تولید ارقام با عملکرد مطلوب ایفا کند. در عامل دوم که ۲۷ درصد از تغییرات را شامل می‌شود، صفات طول دوره گلدهی، تعداد روز تا شروع گلدهی و ارتفاع بوته دارای بار عامل‌های بزرگ و مثبت هستند که درنتیجه می‌توان این عامل را عامل رشد رویشی در نظر گرفت. درواقع این متغیرهای فنولوژیک با اثر روی صفات، رشد رویشی مربوط به سرمایهٔ ثابت (ساختارهای درونی و ساخت مواد فتوسنتزی) سبب ذخیرهٔ مواد برای رشد زایشی گیاه می‌شوند. با استفاده از این عامل به‌عنوان شاخص انتخاب می‌توان ژنوتیپ‌های زودرس‌تر با ارتفاع کمتر را انتخاب نمود. همان‌طوری‌که مشاهده می‌شود. این اطلاعات پژوهش‌گر را قادر می‌سازد که تصمیم بگیرد برای افزایش عملکرد، انتخاب را چگونه انجام دهد. در مطالعه‌ای با بررسی هم‌بستگی و تجزیه به عامل‌ها در ژنوتیپ‌های کلزا مشخص شد سه عامل اول درمجموع ۸۱ درصد از تغییرات و تنوع بین صفات را توجیه نمود و عامل اول را عامل سرمایهٔ ثابت و عامل‌های دوم و سوم را عامل ظرف‌شویی نام‌گذاری شده است [٢٤]. پژوهش‌گران دیگری نیز با بررسی تنوع ژنتیکی در ژنوتیپ‌های کلزا با استفاده از تجزیه به عامل‌ها نشان دادند که نه عامل اول درمجموع ۸۹/۱ درصد تنوع کل داده‌ها را توجیه کردند [۱۷].

جدول ۵. بردار بار عامل‌های دوران یافته، نسبت واریانس توجیه‌شده، نسبت تجمعی واریانس توجیه‌شده و ریشه‌های مشخصه

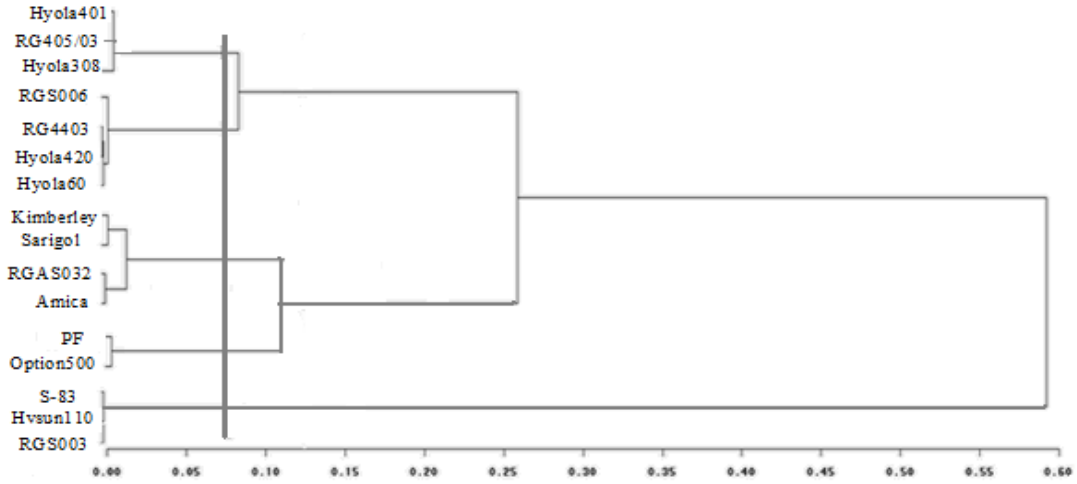
صفات	بار عامل‌های	
	اول	دوم
وزن هزاردانه	۰/٦۷	-۰/۱۰
تعداد دانه در غلاف	۰/۷۲	۰/۰۹
تعداد روز تا رسیدگی	-۰/۰۱	۰/۵۱
شاخص برداشت	۰/۱۰	۰/۱٤
طول دوره گلدهی	-۰/۰٤	۰/۷۳
تعداد غلاف در بوته	۰/۱۸	۰/۰۹
تعداد روز تا شروع گلدهی	-۰/۱۱	۰/٦۵
عملکرد بیولوژیک	۰/۲۳	۰/۰۳
درصد روغن	۰/۱۸	۰/۰۱
ارتفاع بوته	۰/۰٦	۰/۷۱
عملکرد دانه	۰/٦۵	۰/۰۱
نسبت واریانس توجیه‌شده	٤۸	۲۷
واریانس توجیه‌شده تجمعی	٤۸	۷۵
ریشه مشخصه	۲/٦۳	۱/۷۸

تجزیه خوشه‌ای

تجزیه خوشه‌ای یکی از روش‌های تجزیه‌وتحلیل چندمتغیره است که جهت بررسی رابطه خویشاوندی مواد گیاهی مورداستفاده قرار می‌گیرد. این روش برای گروه‌بندی ارقام موردمطالعه یک گیاه ازنظر ژنتیکی و جغرافیایی و تعیین والدین در هیبریداسیون مفید می‌باشد. دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ۱۷ ژنوتیپ بر اساس ۱۱ صفت زراعی استانداردشده در شکل ۱ آمده

است. این تجزیه به‌روش وارد و با استفاده از مربع فاصله اقلیدسی به‌عنوان معیار تشابه انجام گرفت. بر اساس این گروه‌بندی ارقام موردمطالعه در محلی که اختلاف بین گروه‌های تشکیل‌شده معنی‌دار بود، تشکیل ۵ گروه زیر را دادند. جدول ٦ خصوصیات هر گروه از ژنوتیپ‌ها و مقایسه میانگین‌های انجام‌شده ۵ گروه دندروگرام را نشان می‌دهد. گروه اول ۱۷/٦ درصد از مجموع کل ارقام را در برداشت و شامل ژنوتیپ‌های Hyola401، RG405/03 و Hyola308 بود. این ژنوتیپ ازنظر صفات وزن هزاردانه، تعداد دانه در غلاف، شاخص برداشت و عملکرد دانه در بالاترین موقعیت نسبت به سایر گروه‌ها بودند. این ژنوتیپ‌ها ازنظر صفات تعداد روز تا رسیدگی، طول دوره گلدهی و تعداد روز تا شروع گلدهی نسبتاً دیررس بودند. از دیگر خصوصیات این گروه این‌که ازنظر صفات درصد روغن و ارتفاع بوته این گروه نسبت به دیگر گروه‌ها در حالت متوسط قرار داشت. گروه دوم مجموعاً با ٤ ژنوتیپ و ۲۳/٤ درصد از کل ارقام موردمطالعه شامل ژنوتیپ‌های RG4403، RGS006، Hyola60 و Hyola420 بود. این ژنوتیپ‌ها ازنظر صفات وزن هزاردانه، تعداد دانه در غلاف، شاخص برداشت و عملکرد دانه در موقعیت متوسط ولی ازنظر صفت تعداد غلاف در بوته نسبت به سایر گروه‌ها در موقعیت برتری بودند. این ژنوتیپ‌ها ازنظر صفات تعداد روز تا رسیدگی، طول دوره گلدهی و تعداد روز تا شروع گلدهی جزء دیررس‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند. از دیگر خصوصیات این گروه این‌که ازنظر صفات درصد روغن و ارتفاع بوته این گروه نسبت به دیگر گروه‌ها در حالت برتری قرار داشت. ژنوتیپ‌های Kimberley، Sarigol، Amica و RGAS0324 در گروه سوم قرار دارند که ۲۳/٤ درصد از کل ژنوتیپ‌ها را شامل بود. این ژنوتیپ‌ها ازنظر صفات وزن هزاردانه، تعداد غلاف در بوته، عملکرد بیولوژیک و درصد روغن در موقعیت برتری نسبت به سایر گروه‌ها بودند. ژنوتیپ‌های این گروه ازنظر صفات تعداد روز تا رسیدگی، طول دوره گلدهی و تعداد روز تا شروع گلدهی جزء دیررس‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند. تعداد غلاف در بوته، ارتفاع بوته و عملکرد دانه این ژنوتیپ‌ها در حد متوسط بود. گروه چهارم مشتمل بر ۲ ژنوتیپ Option500 و PF ۱۱/۸ درصد از کل ژنوتیپ‌ها را تشکیل داده بود. عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت نسبتاً بالای این گروه از طریق بالا بودن تعداد غلاف در بوته ایجاد شده است و ازنظر صفات تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه در موقعیت پایینی نسبت به سایر گروه‌ها قرار داشتند. این ژنوتیپ‌ها جزء ژنوتیپ‌های نسبتاً زودرس می‌باشند. گروه پنجم ۲۳/٤ درصد از مجموع کل ارقام را در برداشت و شامل ژنوتیپ‌های S-83، RGS003 و Hysun110 بود. ژنوتیپ‌های این گروه ازنظر صفات تعداد روز تا رسیدگی، طول دوره گلدهی و تعداد روز تا شروع گلدهی زودرس بودند. ارتفاع در ژنوتیپ‌های این گروه برتر از سایر گروه‌ها بود. این ژنوتیپ‌ها ازنظر تعداد دانه در غلاف، شاخص برداشت و عملکرد دانه در حد متوسط و ازنظر صفت وزن هزاردانه، تعداد غلاف در بوته، عملکرد بیولوژیک و درصد روغن در مرتبه پایینی قرار داشتند. نتایج نشان می‌دهد که افراد موجود در گروه ۱ با افراد موجود در گروه ۵ بیشترین فاصلهٔ ژنتیکی و یا کمترین قرابت ژنتیکی را دارند. بنابراین، با توجه به هدف، در برنامه‌های دورگ‌گیری می‌توان ژنوتیپ‌های گروه‌های ۱ و ۵ را به‌عنوان والدین برای حصول بیشترین تنوع ژنتیکی انتخاب کرد که به‌نظر می‌رسد با توجه به فاصلهٔ ژنتیکی بین آن‌ها با انجام تلاقی، هتروزیس بیشتری را می‌توان به‌دست آورد و بنابراین با توجه به هدف اصلاحی موردنظر می‌توان در برنامه‌های بهنژادی با انجام تلاقی بین آن‌ها امکان دستیابی به ژنوتیپ‌های مطلوب‌تر

ازنظر عملکرد دانه و اجزای عملکرد را فراهم نمود. تجزیه خوشه‌ای به‌طور گسترده‌ای برای تشریح تنوع ژنتیکی و گروه‌بندی جوامع براساس صفات مشابه مورداستفاده قرارگرفته است [۲، ٤، ۲۱ و ۲۵]. در این راستا پژوهش‌گران با استفاده از تجزیه خوشه‌ای و استفاده از تجزیه واریانس چند متغیره ژنوتیپ‌های کلزا را به ۵ خوشه متفاوت تقسیم کردند. به‌طوری‌که بر اساس عملکرد دانه و وزن هزاردانه، ژنوتیپ‌های موجود در خوشه پنجم و براساس بیشترین تعداد غلاف در بوته، ژنوتیپ‌های خوشه سوم موردتوجه قرار گرفتند [۲۷]. پژوهش‌گران دیگری نیز در بررسی تجزیه خوشه‌ای روی ۱۷ ژنوتیپ کلزا در کنیا دریافتند که روش تجزیه خوشه‌ای روش مناسبی برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بود. به‌طوری‌که توانایی تفکیک ارقامی با منشأ اروپایی و کانادایی را داشت [۲۱].



شکل ۱. دندروگرام حاصل تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های کلزا به روش وارد

جدول ٦. مقایسه میانگین‌های صفات برای گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های کلزا

صفت	میانگین				
	گروه اول	گروه دوم	گروه سوم	گروه چهارم	گروه پنجم
وزن هزاردانه	٤/١^{a}	۳/۲^{b}	۳/۹^{ab}	۲/۸^{bc}	۲/۵^{c}
تعداد دانه در غلاف	۲۸^{a}	۲۲^{bc}	۲۱^{bc}	۱۸^{c}	۲۵^{b}
تعداد روز تا رسیدگی	۱٦۰^{bc}	۱٦۵^{a}	۱٦٦^{a}	۱٦۲^{b}	۱۵۸^{c}
شاخص برداشت	۰/۳۲۱^{a}	۰/۲۵۱^{bc}	۰/۲٤۲^{c}	۰/۲٦۸^{b}	۰/۲۵٤^{bc}
طول دوره گلدهی	۱٦۲^{b}	۱٦٦^{a}	۱٦۸^{a}	۱٦۳^{b}	۱٦۰^{c}
تعداد غلاف در بوته	۲۳^{b}	۲۵^{ab}	۲۷^{a}	۲۸^{a}	۲۰^{c}
تعداد روز تا شروع گلدهی	۱۰۸^{b}	۱۱۳^{a}	۱۱٤^{a}	۱۱۱^{ab}	۱۰۲^{d}
عملکرد بیولوژیک	۷۵٤۳/٤^{bc}	۷٤۵۷/٤^{bc}	۷٦۰۷/٤^{a}	۷۵۹۸/٤^{a}	٦۹۷۸/۵^{c}
درصد روغن	۳۸/۷^{b}	٤۰/۲^{ab}	٤۱/۳^{a}	۳۵/۱^{b}	۲۸/٤^{c}
ارتفاع بوته	۱۸٦^{b}	۲٦۰^{a}	۱۷۹^{b}	۱٦٤^{c}	۲٦۲^{a}
عملکرد دانه	۳۵٤۸/۳^{a}	۲۷۸٤/٦^{bc}	۲٦۸۹/۳^{bcd}	۲۵٤۱/۲^{d}	۲۸۸۱/۷^{bc}

* در هر ردیف میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، ازنظر آماری با آزمون LSD معنی‌دار نیست.

نتیجه‌گیری

روش‌های آماری چندمتغیره ابزاری مفید برای درک روابط هم‌زمان بین صفات برای تشخیص مطلوب تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های گیاهی است. انتخاب والدین مناسب به‌منظور دورگ‌گیری یکی از عوامل مهم در برنامهٔ دورگ‌گیری است. بررسی صفات زراعی ژنوتیپ‌های موردبررسی، تنوع مطلوبی ازنظر روش‌های آماری چند متغیره نشان داد. به‌طورکلی، نتایج حاصل از هم‌بستگی‌های ساده، رگرسیون مرحله‌ای، تجزیه به مؤلفه‌ها و تجزیه عامل‌ها مؤید یکدیگر بودند. به‌طوری‌که در ضرایب هم‌بستگی ساده، صفات وزن هزاردانه و تعداد دانه در غلاف بیشترین هم‌بستگی را با عملکرد دانه داشتند. تفکیک ضرایب هم‌بستگی بین عملکرد دانه با سایر صفات به اثرات مستقیم (ضرایب علیت) و غیرمستقیم از طریق تجزیه علیت نیز نشان داد که صفاتی مانند وزن هزاردانه و تعداد دانه در غلاف اثر مستقیم مثبت و بالابر عملکرد دانه در کلزا دارند. درروش رگرسیون گام‌به‌گام نیز این صفات بیشترین ضرایب تبیین را در مدل چند متغیره داشتند. نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌ها و تجزیه عامل‌ها نشان داد که افزایش عملکرد دانه عمدتاً در اثر افزایش وزن هزاردانه و تعداد دانه در غلاف و کاهش مدت‌زمان پایان گل‌دهی و ارتفاع بوته می‌باشد. تجزیهٔ خوشه‌ای، ژنوتیپ‌ها را در ۵ گروه قرارداد و بیشترین فاصلهٔ ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های گروه ۱ و ۵ مشاهده شد؛ بنابراین، پیش‌بینی می‌شود که تلاقی ژنوتیپ‌های گروه ۱ و ۵ بهترین دورگ‌ها را ایجاد و در نسل‌های در حال تفرق تنوع مطلوبی برای برنامه‌های بهنژادی فراهم کند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان اظهار داشت که برای گزینش غیرمستقیم عملکرد دانه کلزا و گزینش ژنوتیپ‌های برتر می‌توان از صفات وزن هزاردانه و تعداد دانه در غلاف اقدام نمود. با توجه به وراثت‌پذیری نسبتاً بالای صفات وزن هزاردانه و تعداد دانه در غلاف [۸] توصیه می‌گردد در برنامه‌های اصلاحی برای تعریف شاخص گزینش به‌منظور افزایش عملکرد دانه کلزا، از این صفات استفاده گردد.

سپاسگزاری

هزینه‌های مربوط به اجرای این تحقیق از محل اعتبارات پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر مربوط به طرح پژوهشی تحت عنوان: "ارزیابی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های کلزا (*Brassica napus* L.) با استفاده از تجزیه‌وتحلیل آماری چند متغیره" تأمین شده است که بدین‌وسیله تشکر می‌گردد.

منابع

۱. بیات م، ربیعی ب ربیعی م و مومنی ع (۱۳۸۷) ارزیابی روابط بین عملکرد دانه و صفات مهم زراعی کلزا به عنوان کشت دوم در شالیزار. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال دوازدهم. شماره چهل و پنجم. ٤٨٦-٤٧٥.

۲. روستاباغی ب.، دهقانی ح علیزاده ب و صباغ‌نیا ن (۱۳۹۱) بررسی تنوع و ارزیابی روابط بین عملکرد و اجزای عملکرد کلزا به روش‌های چندمتغیره. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. سال دوم. شماره ششم. ٦٢-٥٣.

۳. فرشادفر ع (۱۳۸۰) اصول و روش‌های آماری چند متغیره. انتشارات طاق‌بستان، کرمانشاه. ۳۱۲ ص.

٤. کاکایی م، زبرجدی ع ر مصطفایی ع و رضایی‌زاد ع (۱۳۹۳) بررسی تنوع ژنتیکی و روابط بین صفات در برخی ژنوتیپ‌های کلزا با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره در دو شرایط رطوبتی. بهنژادی گیاهان زراعی و باغی. ۲(۱): ٤٥-۳۱.

۵. ناصری ف (۱۳۷۰) دانه‌های روغنی (ترجمه). چاپ اول انتشارات آستان قدس رضوی.

6. Baradaran R, Majidi E, Darvish F and Azizi M (2006) Study of correlation relationships and path coefficient analysis between yield and yield components in rapeseed (*Brassica napus* L.). Journal of Agri Sciences. 12: 811-819.
7. Brandle JK and Mcvetty PBE (1989) Heterosis and combining ability in hybrids derived from oilseed rape cultivars and inbred lines. Crop Science. 29: 1191-1195.
8. Clark JM and Simpson GM (1978) Growth analysis of Brassica napus. Canadian Journal of Plant Science. 58: 587-597.
9. Dehghani H, Omidi H and Sabaghnia N (2008) Graphic analysis of relation of rapeseed using the biplot method. Agronomy Journal. 100: 1443-1449.
10. Guo JC, Guo XX and Liu RH (1987) A study of correlations between yield components in mutants of Brassica napus L. Oil Crops of China. 2: 23-25.
11. Guertin WH and Bailey JP (1982) Introduction to Modern Factor Analysis. Edwards Brothers Inc., Michigan.
12. Hamza S, Hamida WB, Rebai A and Harrabi M (2004) SSR-based genetic diversity assessment among Tunisian winter barley and relationship with morphological traits. Euphytica.135:107-118.
13. Harman HH (1976) Modern Factor Analysis, Third Edition Revised, University of Chicago Press.
14. Ivanovska S, Stojkovski C, Marjanovic-Jeromela A, Jankulovska M and Jankuloski L (2007) Interrelationship between yield and yield related traits of spring canola (*Brassica napus* L.) genotypes. Genetika. 39: 325-332.
15. Jeromela AM, Marinkovic R, Mijic A, Zdunic Z And Jankulovska M (2008) Correlation and path analysis of quantitative traits in winter rapeseed (*Brassica napus* L.). Agricultural Conspec. Sciences. 73(1): 13-18.
16. Johnson RA and Wichern DW (1992) Applied multivariate statistical analysis. 3rded. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. Pp. 767.
17. Khan FA, Ali S, Shakeel A, Saeed A and Abbas G (2006) Correlation analysis of some quantitative characters in *Brassica napus* L. Journal of Agricultural Research. 44: 7-14.
18. Leilah AA and Al-Khateeb SA (2005) Yield analysis of canola (*Brassica napus* L.) using some statistical procedures. Saudi Journal of Biological Sciences. 12: 103-112.
19. Manly BFJ (2004) Multivariate Statistical Methods a Primer. 3rd ed., Chapman & Hall/CRC Inc., 226 p.
20. Mohammadi SA and Prasanna BM (2003) Analysis of genetic diversity in crop plants salient statistical tools and considerations. Crop Science. 43: 1235-1248.
21. Mahasi MJ and Kamundia JW (2007) Cluster analysis in rapeseed (*Brassica napus* L.). African Journal of Agriculture Research. 2: 409-411.
22. Murat T and Vahdettin C (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.
23. Naderi R and Toorchi M (2012) Path analysis of the relationships between yield and some related traits in canola (*Brassica napus* L.) under salinity stress conditions. Annals of Biological Research. 3 (4): 1731-1734.
24. Ramee V (2012) Correlation and factor analyses of quantitative traits in rapeseed (*Brassica napus* L.). Agriculture Innovations and Research. 1(1): 2319-1473.
25. Rameeh V (2013) Multivariate analysis of some important quantitative traits in rapeseed (*Brassica napus* L.) advanced lines. Journal of Oilseed Brassica. 4(2): 75-82.
26. Rameeh, V. (2014). Multivariate Regression Analyses of Yield Associated Traits in Rapeseed (*Brassica napus* L.) Genotypes. Advances in Agriculture. Article ID 626434, 5 pages.
27. Sabaghnia N, Dehghani H, Alizadeh B and Moghaddam M (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.
28. Seiler GJ and Stafford RE (1979) Factor analysis of components of yields in guar. Crop Science. 25: 905-908.
29. Sharma S (1996) Applied multivariate techniques. 1nd ed. John Wiley and Sons, New York. 493 p.
30. Vafaei SN, Tobeh A, Taee A and Jamaati-e-Somarin S (2010) Study of phenology, harvest index, yield, yield components and oil content of different cultivars of rain-fed safflower. World Applied Science Journal. 8: 820-827.

Breeding of Agronomic and Horticultural Crop
(Journal of Agriculture, University of Tehran)

Vol. 4 ■ No. 1 ■ Spring & Summer 2016

Multivariate analysis of the grain yield and related traits in spring rapeseed

Mohammad Moradi[1*], Mehdi Soltani Hoveize[2]

1. Department of Plant Breeding, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran.
2. Department of Plant Breeding, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

Received: July 09, 2016 Accepted: September 10, 2016

Abstract

This experiment was conducted to investigate the identify traits explaining yield variation, recognize relationships between traits and classify accessions in spring rapeseed, at Dezful, Khozestan Province Iran, in the agricultural year in 2015–2016. A randomized complete block design with four replications was used. The results of stepwise regression analysis revealed that 1000-grain weight, number of pods per plant, HI and days to maturity significantly had more important effects respectively on seed yield. The results of path analysis indicated that the number of grain per pod and 1000-grain weight had the largest direct effects on the grain yield. According to the results of the principal component analysis, PC1 was moderately correlated with number of seeds per pod, 1000-seed weight and seed yield. PC2 was moderately correlated with days to flowering, days to maturity and plant height. The results of factor analysis exhibited two factors including sink factor (number of seeds per pod, 1000-seed weight and seed yield) and fixed capital factor (phonological traits). It seems that its seams possible to use their traits as a selection criteria in breeding programs for improve seed yield of spring rapeseed cultivars. using WARD method cluster analysis revealed five groups and there was highest genetic distance between 1 and 5 groups, thus predict that hybridization of between 1 and 5 groups could provide best hybrids and supply a desirable genetic diversity in segregated generations for breeding programs.

Keywords: Cluster analysis, Multivariate analysis, Path analysis, rapeseed, Simple correlation

Corresponding author: moradim_17@yahoo.com