DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijmapr.2013.2901

فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۲۹، شمارهٔ ۱، صفحهٔ ۲۱۴-۲۰۱ (۱۳۹۱)

بررسی تنوع ژنتیکی برخی از ژنوتیپ‌های سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) با استفاده از صفات مورفولوژیکی و زراعی

مریم‌السادات سلامتی[1*] و حسین زینلی[2]

۱*- نویسنده مسئول، کارشناس ارشد، دانشگاه پیام‌نور، زواره، پست الکترونیک: maryamsalamaty@gmail.com
۲- استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان

تاریخ دریافت: تیر ۱۳۸۹ تاریخ اصلاح نهایی: تیر ۱۳۹۰ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۰

چکیده

این تحقیق به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی و روابط بین صفات مورفولوژیک در ۲۱ ژنوتیپ سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. صفات مورفولوژی شامل عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، تعداد فولیکول در بوته، تعداد دانه در فولیکول، وزن هزاردانه، تعداد انشعاب‌های ساقه، وزن فولیکول، ارتفاع بوته و شاخص برداشت بود. براساس نتایج تجزیه واریانس، اختلاف ژنوتیپ‌های مورد مطالعه برای کلیه صفات بجز شاخص برداشت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. ضرایب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی برای بیشتر صفات بالا بود، که نشان از تنوع بالا در صفات مورد بررسی داشت. دامنه تغییرات عملکرد دانه در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از ۶۳/۳۴ گرم در ژنوتیپ شیراز تا ۱۴۷/۳۶ گرم در ژنوتیپ زابل ۱ متغیر بود. برآورد ضرایب همبستگی بین صفات نشان داد که عملکرد دانه در بوته با صفات عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در فولیکول، ارتفاع بوته، تعداد انشعاب‌های ساقه و شاخص برداشت همبستگی مثبت و بالایی دارد. تجزیه و تحلیل رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد دانه نشان داد که صفات عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در فولیکول، تعداد انشعاب‌های ساقه و شاخص برداشت به‌ترتیب وارد مدل شدند و ۹۵٪ تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند. براساس ضرایب مسیر صفت عملکرد بیولوژیک و تعداد دانه در فولیکول بالاترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند. تجزیه عامل‌ها سه عامل پنهانی را معرفی نمود که در مجموع ۹۴/۱۲٪ از واریانس بین صفات را بیان نمودند. این عامل‌ها با توجه به اجزای تشکیل‌دهنده آنها به‌ترتیب عامل بهره‌وری (عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک)، عامل اجزای عملکرد (تعداد انشعاب‌های ساقه و تعداد فولیکول در بوته) و عامل خصوصیات فولیکول (وزن فولیکول و تعداد دانه در فولیکول) نامیده شدند. براساس تجزیه خوشه‌ای ۲۱ ژنوتیپ مورد مطالعه در سه گروه مختلف قرار گرفتند و اختلاف‌های چشمگیری به‌ویژه برای میزان عملکرد، تعداد فولیکول در بوته و تعداد دانه در فولیکول در بین گروه‌ها وجود داشت. بنابراین می‌توان از طریق تلاقی بین ژنوتیپ‌های برتر خوشه‌های مختلف و آزمون نتایج آنها از طریق برنامه‌های به‌نژادی و انتخاب نسبت به تولید ارقام با خصوصیات زراعی مطلوب اقدام نمود.

واژه‌های کلیدی: *Nigella sativa* L.، تجزیه خوشه‌ای، تنوع ژنتیکی، ضریب همبستگی.

مقدمه

انسان در طول تاریخ وابسته به گیاهان دارویی بوده و در عصر حاضر نیز به‌رغم پیشرفت‌های وسیع و فراگیر علمی و صنعتی تمایل انسان برای استفاده از این گیاهان نه تنها کاهش نیافته بلکه در مواردی نیز افزایش نشان می‌دهد (امیدبیگی، ۱۳۷٤؛ ترکمن‌نیا، ۱۳۷٦). گیاهان دارویی و معطر در مقایسه با سایر گیاهان زراعی، اراضی زراعی کمی را به خود اختصاص می‌دهند. با وجود این در بردارنده تعداد زیادی از گونه‌های گیاهی مورد استفاده هستند که دارای بیشترین تنوع در صفات و خصوصیات بیولوژیکی می‌باشند. بنابراین اصلاح نباتات فرصتی را برای سازگار نمودن گونه‌های با تنوع بیشتر متناسب با تقاضای مصرف‌کنندگان، فراهم می‌کند. هر چند در این راه مسائلی موجب گردیده‌است تا اصلاح گیاهان دارویی با روند کندتری نسبت به گیاهان زراعی مواجه باشد (Pank, 2006). اما به‌نژادگران سعی نمودند تا با بهره‌برداری از تنوع ژنتیکی موجود میان گیاهان دارویی، اصلاح میانگین تولید و پایداری اکولوژیکی را هدف‌گیری نمایند (Pank, 2006). به هر حال از زمانی که تعدادی از این گونه‌ها از حالت وحشی به سمت کشت اصولی و هدفمند کشیده شدند، در اولین گام به سوی همسانی ژنتیکی و قابلیت تکثیر، انتخاب انجام شد (Franz, 2006).

سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) گیاهیست علفی، یکساله، از تیره آلاله و بومی غرب آسیا که منشأ آن را خاورمیانه و شبه قاره هند گزارش کرده‌اند (D'Antuono *et al*., 2002). این گیاه در بعضی از نقاط ایران مانند کرمانشاه و اراک به‌صورت خودرو وجود داشته و در بعضی نقاط دیگر مانند اصفهان و خراسان به‌صورت زراعی کشت‌وکار می‌شود و مصارف گسترده‌ای در صنایع غذایی و دارویی کشور دارد. برای دانه این گیاه خواصی مانند شیرآوری، ضدنفخ، مسهل، ضدصرع، ضدویروس، ضدباکتری، ضدتومور، مسکن و کاهش‌دهنده قند خون را ذکر نموده‌اند (Bhat *et al*., 2005).

کشور ما دارای منابع غنی گیاهان دارویی بوده و از لحاظ آب و هوایی، موقعیت جغرافیایی و زمینه رشد این گیاهان یکی از بهترین مناطق جهان محسوب می‌گردد ولی متأسفانه به‌رغم دارا بودن این قابلیت‌ها بهره‌برداری و استفاده از این گیاهان به‌صورت خودرو و زراعی و همچنین ارائه برنامه اصلاحی در خور توجهی صورت نگرفته‌است، بنابراین می‌توان با شناسایی خصوصیات ارقام و گونه‌های مختلف، ژن‌های مطلوب و مورد نیاز محققان را در دسترس آنها قرار داد (امیدبیگی، ۱۳۷٤).

در یک بررسی، Ilcim و همکاران (۲۰۰٦) با مطالعه خصوصیات مورفولوژی چندین گونه *Nigella*، تنوع زیادی را در بین گونه‌های مورد بررسی از نظر صفات زراعی گزارش کردند. Bannayan و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه‌ای در شرایط آبیاری محدود بر روی سیاه‌دانه و اسفرزه اعلام کردند که صفت تعداد دانه در فولیکول می‌تواند شاخص مفیدی برای انتخاب در شرایط آبیاری محدود باشد.

در تحقیقی D'Antuono و همکاران (۲۰۰۲) به ارزیابی دو گونه *Nigella Sativa* و *Nigella damascene* در شمال ایتالیا به لحاظ عملکرد و اجزای عملکرد پرداختند. نتایج تنوع بالایی را برای صفات مورد بررسی (بیوماس، تعداد دانه در فولیکول، عملکرد روغن، عملکرد دانه و وزن هزاردانه) نشان داد، همچنین مشخص شد که در هر دو گونه تعداد دانه در فولیکول، بیشترین اثر را بر روی عملکرد دانه دارد. همچنین Ahmad و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی ژنوتیپ‌های سیاه‌دانه موجود در مرکز تحقیقات کشاورزی پاکستان، تنوع

زیادی را در بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مورفولوژیکی گزارش نمودند. همچنین مشخص شد که عملکرد دانه دارای وراثت‌پذیری بالایی بوده و می‌تواند در گزینش و اصلاح نباتات مورد توجه قرار گیرد.

نوروزپور و رضوانی‌مقدم (۱۳۸۵) در بررسی اثر فواصل مختلف آبیاری بر روی سیاه‌دانه نشان دادند که عملکرد دانه و درصد اسانس از همبستگی مثبت و بالایی برخوردار بودند. Fanaei و همکاران (۲۰۰۵) با مطالعه سازگاری زراعی و مواد مؤثره گیاهان دارویی در منطقه سیستان اعلام کردند که سیاه‌دانه با عملکرد دانه ۹۳۳ کیلوگرم در هکتار می‌تواند از یک طرف در الگوی کاشت منطقه نقش مهمی داشته باشد و از طرف دیگر تولید و افزایش درآمد کشاورزان منطقه را به دنبال داشته باشد.

Faravani و همکاران (۲۰۰٦) تنوع زراعی و آناتومیکی ۲۸ توده سیاه‌دانه از نقاط مختلف خراسان را مورد بررسی قرار داده و اعلام کردند که شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیکی بیشترین توارث‌پذیری و بازده ژنتیکی را داشته و از میان صفات مورد بررسی، عملکرد بیولوژیکی و تعداد انشعابات ساقه تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند.

با وجود اینکه سیاه‌دانه یکی از گیاهان دارویی پرمصرف بازار جهانی در درمان بیماریها و صنایع غذایی محسوب می‌شود، اما در کشور ما اطلاعات کافی در زمینه توده‌های بومی موجود در کشور وجود نداشته و کشت زراعی آن هنوز متداول نشده‌است؛ بنابراین ضروری به نظر می‌رسد که بررسی دقیق توده‌های بومی موجود در کشور و تهیه شناسنامه برای آنها به‌منظور برنامه‌ریزی تحقیقات به‌نژادی و به‌زراعی بعدی صورت پذیرد. بدین ترتیب، این تحقیق با هدف شناسایی توده‌های بومی سیاه‌دانه و تعیین میزان قرابت آنها با استفاده از صفات مورفولوژیکی انجام شده‌است تا به‌نژادگران از آنها برای اهداف بعدی اصلاحی استفاده کنند.

مواد و روشها

در این بررسی، از بذرهای ۲۱ ژنوتیپ سیاه‌دانه که از مناطق مختلف کشور شامل استان‌های اصفهان، فارس، خوزستان، ایلام، کرمان، همدان، فارس، بوشهر، گیلان، چهارمحال بختیاری و سیستان و بلوچستان جمع‌آوری شده بودند استفاده شد. بذرهای مورد استفاده در این تحقیق از مراکز پژوهشی کشور و شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. این ژنوتیپ‌ها در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در داخل گلدان‌های با قطر ۲۰ سانتی‌متر در دانشگاه پیام‌نور زواره کشت گردید. محل آزمایش براساس طبقه‌بندی کوپن دارای اقلیم بسیار خشک با تابستان‌های گرم و خشک می‌باشد. متوسط بارندگی و درجه حرارت سالیانه منطقه به‌ترتیب ۱٤۰ میلی‌متر و ۱٤ درجه سانتی‌گراد است. بافت خاکی این منطقه لومی‌رسی با اسیدیته ۷/۵ و وزن مخصوص ظاهری خاک ٤/۰۵ گرم بر سانتی‌مترمکعب می‌باشد. پس از پر کردن گلدان‌ها (در داخل هر گلدان ۹/۵ کیلوگرم خاک) و آماده‌سازی آن‌ها، تعدادی بذر در داخل هر کدام از گلدان‌ها در اواخر اسفند ۱۳۸۷ کاشته شد و پس از سبز شدن، بوته‌ها در طی چند مرحله مطابق معمول زراعت گیاهان دارویی تنک گردیده و عملیات داشت شامل آبیاری، کوددهی و وجین به‌طور مرتب انجام شد. خاک گلدان شامل دو قسمت خاک و یک قسمت کود حیوانی پوسیده بود. ابتدا در داخل هر گلدان ۱۰ عدد بذر کاشته شد که پس از رشد و استقرار گیاه، تعداد آنها به

۵ عدد رسید. صفات مورفولوژیکی از قبیل عملکرد دانه بر حسب گرم، عملکرد بیولوژیکی بر حسب گرم، تعداد فولیکول در بوته، تعداد دانه در فولیکول، وزن هزاردانه، انشعاب‌های ساقه، وزن فولیکول بر حسب گرم، ارتفاع بوته بر حسب سانتی‌متر و شاخص برداشت (بدون در نظر گرفتن ریشه) اندازه‌گیری و ثبت گردید. داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات، مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند و ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی نیز با استفاده از فرمول‌های زیر برآورد گردید.

$$GCV = \frac{\sqrt{V_G}}{\overline{X}}$$ ضریب تغییرات ژنوتیپی

$$PCV = \frac{\sqrt{Vp}}{\overline{X}}$$ ضریب تغییرات فنوتیپی

ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی به‌ترتیب به‌صورت نسبت انحراف معیار فنوتیپی و ژنتیکی به میانگین هر صفت محاسبه گردید (فرشادفر، ۱۳۷٦). در این فرمول‌ها V_G واریانس ژنتیکی، V_P واریانس فنوتیپی، PCV ضریب تغییرات فنوتیپی و GCV ضریب تغییرات ژنوتیپی می‌باشد. همبستگی بین صفات با استفاده از روش پیرسون انجام شد. با استفاده از روش رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته و بقیه صفات به‌عنوان متغیرهای مستقل، صفاتی که بیشترین اهمیت را در توجیه تغییرات عملکرد دانه داشتند، مشخص گردید (رضایی و سلطانی، ۱۳۷۸). برای درک بهتر روابط بین صفات و شناخت صفاتی که بیشترین نقش را در عملکرد دانه داشتند، از تجزیه ضرایب مسیر بر مبنای ضرایب همبستگی ژنتیکی استفاده گردید (سپاهی، ۱۳۷۵). همچنین از تجزیه عامل‌ها به‌منظور درک روابط بین صفات و شناخت عوامل پنهان و کاهش ابعاد داده‌ها با استفاده از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده گردید. دوران ماتریس با استفاده از روش Varimax انجام شد (Johnson & Wichern, 1988). به‌منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها، تجزیه خوشه‌ای به روش Ward و معیار مربع فاصله اقلیدسی انجام شد (Johnson, 1998). برای تجزیه آماری داده‌ها از نرم‌افزارهای Excel، SAS و SPSS استفاده شد.

نتایج

به‌منظور تعیین تنوع موجود در ژنوتیپ‌های سیاه‌دانه، از برخی خصوصیات مورفولوژیک سیاه‌دانه نقاط مختلف کشور، یادداشت‌برداری و داده‌های بدست‌آمده مورد تجزیه قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱)، اختلاف معنی‌داری را بین ژنوتیپ‌ها برای همه صفات مورد مطالعه بجز شاخص برداشت در سطح احتمال ۱٪ نشان داد.

ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی صفات در جدول ۱ آورده شده‌است. ضریب تغییرات فنوتیپی در محدوده‌ای از ۱۳/۵۲٪ برای صفت تعداد انشعاب‌های ساقه تا ۳٦/۵٦٪ برای صفت عملکرد بیولوژیک قرار گرفته‌است. ضریب تغییرات ژنوتیپی نیز از ٦/۲۷٪ برای وزن فولیکول تا ۳۲/٤۵٪ برای صفت تعداد دانه در فولیکول قرار گرفته‌است. براساس نتایج بدست‌آمده، تنوع قابل ملاحظه‌ای برای صفات عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، تعداد دانه در فولیکول و تعداد فولیکول در بوته میان ژنوتیپ‌های سیاه‌دانه مشاهده شد.

مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش دانکن در جدول ۲ نشان داد که ژنوتیپ نجف‌آباد بیشترین ارتفاع گیاه و ژنوتیپ ایلام کمترین ارتفاع گیاه را به خود اختصاص داد. دامنه تغییرات تعداد فولیکول در بوته در

بین ژنوتیپ‌ها از ۸۹/۰۶ عدد در ژنوتیپ زابل ۱ تا ۱۲۷/۳۵ عدد در ژنوتیپ کرمان ۱ متغیر بود. بیشترین عملکرد دانه ۱٤۷/۳٦ گرم متعلق به ژنوتیپ زابل ۱ و کمترین آن ٦۳/۳٤ گرم متعلق به ژنوتیپ شیراز بود. دامنه تغییرات عملکرد بیولوژیک از ۵۹/۲۱ گرم تا ۹٦/٤۱ گرم متفاوت بود. بیشترین تعداد دانه در فولیکول ۳۹۱/۷۳ عدد متعلق به ژنوتیپ بوشهر و کمترین آن ۱۲۲/۸٦ عدد متعلق به ژنوتیپ اردستان بود. از نظر وزن هزاردانه بیشترین مقدار متعلق به ژنوتیپ ماهشهر با ۱٦/۲٤ گرم و کمترین مقدار متعلق به ژنوتیپ‌های اهواز و دزفول با ۸/٦ گرم بود. بیشترین و کمترین شاخص برداشت به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ اصفهان ٤ و شیراز بود. با توجه به داده‌های این جدول ملاحظه می‌شود که میانگین بیشتر صفات در نمونه‌ی مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری با هم دارند.

بررسی جدول ضرایب همبستگی صفات (جدول ۳) نشان داد که عملکرد دانه در بوته با صفات عملکرد بیولوژیک و تعداد دانه در فولیکول همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ و با صفات تعداد انشعابات ساقه، ارتفاع بوته و شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ دارد.

همچنین مشخص شد که تعداد فولیکول در بوته با وزن هزاردانه و شاخص برداشت رابطه منفی و معنی‌داری دارد. به این ترتیب افزایش تعداد فولیکول در بوته باعث کاهش وزن هزاردانه، تعداد دانه در فولیکول و نهایتاً عملکرد دانه نیز شده‌است. تعداد انشعابات ساقه نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات عملکرد بیولوژیک، ارتفاع بوته و تعداد فولیکول در بوته نشان داد (جدول ۳).

نتایج تجزیه و تحلیل رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد دانه کلیه ژنوتیپ‌های سیاه‌دانه در جدول ٤ نشان داد که صفت عملکرد بیولوژیک به‌عنوان اولین متغیر وارد مدل شده و ۸٤٪ تغییرات عملکرد دانه را تبیین کرده‌است. پس از عملکرد بیولوژیک، صفت تعداد دانه در فولیکول و تعداد انشعاب‌های ساقه وارد مدل شد که با شاخص برداشت در مجموع ۹۵٪ از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند که این نتایج با ضرایب همبستگی (جدول ۳) هماهنگی داشت. ضرایب رگرسیون استاندارد شده در جدول ٤ نشان داد که صفت عملکرد بیولوژیک (b= ۰/٦۲) و تعداد دانه در فولیکول (b= ۰/۵۸) سهم زیادی از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نموده‌اند. همچنین نتایج نشان داد که ضرایب رگرسیون وارد شده به مدل از نظر آماری تفاوت معنی‌داری داشتند.

تجزیه و تحلیل ضرایب مسیر بر روی کلیه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در جدول ۵ نشان داد که عملکرد بیولوژیک اثر مستقیم مثبت و بالا (۰/٦٤) بر عملکرد دانه داشت و پس از آن تعداد دانه در فولیکول و تعداد انشعاب‌های ساقه با ضرایب مسیر ۰/۵۲ و ۰/۲۱ به‌ترتیب آثار متوسط و پایینی را بر عملکرد دانه داشتند. آثار غیرمستقیم عملکرد بیولوژیک از طریق تعداد دانه در فولیکول مثبت و متوسط (۰/۲۵) و از طریق تعداد انشعاب‌های ساقه و شاخص برداشت مثبت و کم بود. بعد از عملکرد بیولوژیک، صفت تعداد دانه در فولیکول اثر مستقیم زیادی را بر عملکرد دانه نشان داد و اثر غیرمستقیم آن از طریق تعداد انشعاب‌های ساقه و عملکرد بیولوژیک مثبت و متوسط به‌ترتیب (۰/۲۰ و ۰/۲۱) و از طریق شاخص برداشت منفی و پایین بود. تعداد انشعاب‌های ساقه از طریق عملکرد بیولوژیک اثر غیرمستقیم مثبت و بالا و از طریق تعداد دانه در فولیکول و شاخص برداشت اثر غیرمستقیم منفی و ناچیز داشت. اثر مستقیم شاخص برداشت بر عملکرد دانه منفی و پایین

(۰/۰٤-) بود. شاخص برداشت از طریق تعداد دانه در فولیکول اثر غیرمستقیم مثبت و بالا و از طریق عملکرد بیولوژیک و تعداد انشعاب‌های ساقه اثر غیرمستقیم مثبت و پایین بر عملکرد دانه داشت.

در این مطالعه تجزیه عامل‌ها به روش مؤلفه‌های اصلی روی صفات وابسته به عملکرد در ۲۱ ژنوتیپ سیاه‌دانه انجام شد. بار عامل‌ها، نسبت واریانس توجیه شده و تجمعی توسط ۳ عامل در جدول ٦ نشان داده شده است. در تجزیه عامل‌ها، ۳ عامل اول در مجموع ۹٤/۱۲٪ از کل واریانس صفات را توجیه نمودند. در عامل اول، صفات عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک از بار عامل مثبت و بالا (به‌ترتیب ۰/۹۸ و ۰/۹۲) برخوردار بودند. در عامل دوم صفات تعداد انشعاب‌های ساقه و تعداد فولیکول در بوته دارای بار عامل مثبت و بالایی (به‌ترتیب ۰/۹٦ و ۰/۹٤) بودند. در عامل سوم، وزن فولیکول و تعداد دانه در فولیکول بار عامل مثبت و بالایی (به‌ترتیب ۰/۹۱ و ۰/۸۹) را نشان دادند.

در این آزمایش براساس تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در ۳ گروه مختلف قرار گرفتند (شکل ۱). خوشه اول شامل ژنوتیپ‌های شیراز، اصفهان ۱، اردستان، کرمان ۱، دزفول، کاشان، اصفهان ۲، رشت، نجف‌آباد، اهواز و شهرکرد؛ خوشه دوم شامل ژنوتیپ اصفهان ۳، زابل ۲، کرمان ۲ و بوشهر و خوشه سوم شامل ژنوتیپ‌های اصفهان ٤، بوشهر ۲، ماهشهر، ایلام، زابل ۱ و همدان بود (شکل ۱).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس خوشه‌ها نشان داد که میان خوشه‌ها بجز وزن فولیکول و شاخص برداشت از لحاظ سایر صفات اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۷). ژنوتیپ‌های مستقر در گروه یک از نظر صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و تعداد دانه در فولیکول دارای بیشترین مقدار بودند. ژنوتیپ‌های گروه دوم دارای تعداد فولیکول در بوته، انشعابات ساقه و وزن فولیکول بیشتر بوده و ژنوتیپ‌های قرار گرفته در گروه سوم از لحاظ وزن هزاردانه و شاخص برداشت در حد بالایی قرار داشتند (جدول ۷).

جدول ۱- منابع تنوع تجزیه واریانس، ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی صفات در ژنوتیپ‌های سیاه‌دانه

	منابع تنوع	ژنوتیپ	خطا	ضرایب تنوع
			ژنوتیپی (٪)	فنوتیپی (٪)
عملکرد دانه در بوته	۲۵۱/۲۳ **	٤۷/۵۲	۲۱/٦۳	۲۵/۱٤
عملکرد بیولوژیک	۹۲۷/۱۵ **	۷۲/۹۳	۳۱/۷۲	۳٦/۵٦
تعداد فولیکول در بوته	۱۲۲/۳۹ **	۷/۱٤	۱۹/۵٦	۲۲/٤۵
تعداد دانه در فولیکول	۷۳۲/۵۱ **	۲۱/۹۵	۳۲/٤۵	۳٤/۳۸
وزن هزاردانه	۱۹/٦۲ **	۳/۹٦	۱۳/۲۹	۱٦/۷٤
تعداد انشعاب‌های ساقه	۷۹/٤۲ **	۱/٦۵	۱۰/۲۹	۱۳/۵۲
وزن فولیکول	۰/۰۸ **	۰/۰۱	٦/۲۷	۱٤/۱۵
ارتفاع بوته	٦۵/۱۲ **	۸/۷۱	۱٦/٦۹	۲۲/۱۳
شاخص برداشت	۱٤/۲۹ ns	۱۱/۲۳	۱۰/۲۸	۱۷/۰۵

** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و غیرمعنی‌دار

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات در ۲۱ ژنوتیپ سیاه‌دانه با استفاده از روش چند مرحله‌ای دانکن

	ژنوتیپ	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	تعداد فولیکول	تعداد دانه در فولیکول	وزن هزاردانه	تعداد انشعاب‌های ساقه	وزن فولیکول	ارتفاع بوته	شاخص برداشت
۱	نجف‌آباد	۵۹/۸۱ d	۷۰/۲۲ c	۱۱۸/۳۳ b	۲۶۹/۷۳ b	۱۲/۹۷ d	۰/۰۳۶ a	۸/۶۸ bc	۷۶/۳۹ a	۰/۵۱ b
۲	دزفول	۱۰۲/۳۳ b	۷۳/۴۶ c	۱۱۵/۰۱ b	۲۱۲/۳۴ c	۸/۶۱ e	۰/۰۲۱ bc	۸/۹۰ b	۶۹/۷۱ b	۰/۵۷ a
۳	شهرکرد	۸۸/۰۷ c	۷۴/۸۶ c	۱۱۳/۰۶ b	۲۷۳/۴۲ b	۱۳/۴۵ c	۰/۰۲۷ b	۴/۷۲ e	۴۵/۶۹ d	۰/۲۶ e
۴	اهواز	۱۰۵/۷۳ b	۹۵/۷۳ a	۱۰۴/۲۰ bc	۲۰۶/۹۳ c	۸/۶۵ e	۰/۰۲۴ bc	۸/۶۸ bc	۵۶/۲۶ c	۰/۳۶ d
۵	اصفهان ۲	۷۹/۶۷ c	۹۲/۲۴ a	۹۹/۹۳ c	۱۴۸/۹۲ de	۱۱/۲۸ e	۰/۰۲۸ b	۹/۳۶ a	۴۴/۹۸ d	۰/۲۸ e
۶	ایلام	۷۴/۴۱ cd	۸۷/۱۳ b	۱۱۱/۹۳ b	۲۴۸/۷۹ b	۱۲/۳۵ d	۰/۰۳۴ a	۹/۴۷ a	۳۵/۲۱ e	۰/۳۰ d
۷	کرمان ۲	۸۷/۵۳ c	۷۵/۶۳ c	۱۰۴/۱۳ bc	۱۴۹/۸۱ de	۱۴/۸۰ bc	۰/۰۳۱ a	۹/۳۶ a	۷۲/۳۴ ab	۰/۲۴ e
۸	اصفهان ۳	۱۰۳/۱۴ b	۷۴/۰۶ c	۹۱/۵۳ c	۲۱۲/۲۷ c	۱۴/۵۴ bc	۰/۰۳۰ a	۵/۴۹ e	۶۴/۰۱ b	۰/۳۴ d
۹	زابل ۲	۹۵/۴۱ bc	۹۲/۸۸ ab	۹۷/۲۰ c	۲۰۵/۳۳ c	۱۳/۶۴ c	۰/۰۲۵ bc	۸/۳۷ c	۳۷/۵۹ e	۰/۳۱ d
۱۰	کاشان	۱۰۲/۴۷ b	۹۰/۹۳ ab	۱۰۶/۵۱ bc	۱۶۵/۰۲ de	۱۴/۳۵ bc	۰/۰۱۱ d	۹/۲۱ ab	۶۲/۹۵ b	۰/۴۲ c
۱۱	شیراز	۶۳/۳۴ e	۷۸/۲۴ c	۹۶/۲۶ c	۲۱۰/۶۴ c	۱۳/۲۰ c	۰/۰۳۲ a	۷/۰۶ d	۷۱/۳۴ ab	۰/۲۱ e
۱۲	همدان	۱۴۲/۰۱ a	۹۵/۷۵ a	۱۰۶/۰۱ bc	۱۳۷/۹۲ de	۱۵/۵۱ b	۰/۰۲۶ b	۸/۸۱ b	۴۶/۵۱ d	۰/۴۷ b
۱۳	زابل ۱	۱۴۷/۳۶ a	۸۱/۳۴ b	۸۹/۰۶ d	۱۸۶/۳۲ d	۱۲/۹۷ d	۰/۰۱۹ b	۸/۶۱ bc	۴۹/۲۷ d	۰/۳۳ d
۱۴	رشت	۱۰۹/۲۱ b	۷۴/۳۳ c	۱۱۵/۲۰ b	۲۴۱/۴۲ b	۱۳/۰۱ c	۰/۰۲۲ ab	۵/۵۷ e	۶۹/۱۲ b	۰/۴۰ d
۱۵	بوشهر ۱	۸۸/۹۱ c	۷۱/۴۰ c	۱۱۹/۱۳ b	۳۹۱/۷۳ a	۱۴/۸۹ bc	۰/۰۱۸ c	۹/۲۰ ab	۶۵/۱۸ b	۰/۵۲ b
۱۶	اصفهان ۱	۷۱/۴۳ cd	۵۹/۲۱ d	۱۰۸/۵۱ bc	۱۵۳/۲۱ de	۱۴/۷۳ bc	۰/۰۳۱ a	۸/۰۹ c	۷۴/۳۹ a	۰/۵۵ a
۱۷	اردستان	۱۰۱/۰۷ b	۷۰/۳۵ c	۱۰۶/۰۷ bc	۱۲۲/۸۶ e	۱۲/۰۴ d	۰/۰۲۰ bc	۵/۷۸ e	۴۶/۵۹ d	۰/۴۹ b
۱۸	کرمان ۱	۷۳/۹۷ cd	۹۶/۴۱ a	۱۲۷/۳۵ a	۲۶۹/۲۷ b	۱۳/۱۴ c	۰/۰۱۶ c	۵/۹۱ e	۵۳/۹۴ c	۰/۳۵ d
۱۹	ماهشهر	۹۲/۹۷ bc	۷۵/۶۶ c	۱۱۶/۲۱ b	۱۴۶/۰۷ de	۱۶/۲۴ a	۰/۰۲۷ b	۹/۲۸ ab	۴۴/۹۹ d	۰/۴۳ c
۲۰	اصفهان ۴	۱۰۵/۲۶ b	۸۳/۸۵ b	۹۷/۰۵ c	۲۰۲/۳۳ c	۹/۳۵ e	۰/۰۱۱ d	۶/۶۱ de	۴۷/۷۲ d	۰/۵۹ a
۲۱	بوشهر ۲	۸۳/۶۲ c	۹۲/۰۴ ab	۱۰۱/۶۳ bc	۱۵۲/۱۳ de	۱۰/۱۵ e	۰/۰۲۴ bc	۷/۴۱ d	۶۰/۴۶ b	۰/۴۲ c

اعداد هر ستون که در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی‌دار می‌باشند.

جدول ۳- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های سیاه‌دانه

	صفات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
۱	عملکرد دانه در بوته									
۲	عملکرد بیولوژیک	۰/۹۵ **								
۳	تعداد فولیکول در بوته	۰/۳۱ ns	۰/۳۲ ns							
۴	تعداد دانه در فولیکول	۰/۷۸ **	۰/۲۷ ns	-۰/۲۹ ns						
۵	وزن هزاردانه	۰/۲۷ ns	۰/۳۹ ns	-۰/۶۵ *	-۰/۷۵ **					
۶	تعداد انشعاب‌های ساقه	۰/۵۹ *	۰/۷۹ **	۰/۴۷ *	-۰/۵۳ *	۰/۲۹ ns				
۷	وزن فولیکول	۰/۳۹ ns	۰/۲۵ ns	۰/۱۴ ns	۰/۳۲ ns	۰/۲۱ ns	۰/۱۴ ns			
۸	ارتفاع بوته	۰/۶۱ *	۰/۱۳ ns	-۰/۱۶ ns	۰/۲۷ ns	۰/۱۳ ns	۰/۵۸ *	۰/۲۶ ns		
۹	شاخص برداشت	۰/۵۴ *	۰/۲۱ ns	-۰/۵۱ *	۰/۷۵ **	-۰/۱۲ ns	۰/۱۵ ns	۰/۲۳ ns	۰/۱۶ ns	

*، ** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪، ۱٪ و غیرمعنی‌دار

جدول ٤- رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد دانه به‌عنوان متغیر تابع و سایر صفات به‌عنوان متغیرهای مستقل در ژنوتیپ‌های سیاه‌دانه

صفات	ضریب رگرسیون استاندارد	ضریب تشخیص تجمعی
عملکرد بیولوژیک	۰/٦٢ **	۰/٨٤١
تعداد دانه در فولیکول	۰/٥٨ **	۰/٨٩٢
تعداد انشعاب‌های ساقه	۰/٣٤ **	۰/٩٣٧
شاخص برداشت	۰/٢١ **	۰/٩٥٤

جدول ٥- تجزیه مسیر صفات مؤثر بر عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های سیاه‌دانه

صفات	عملکرد بیولوژیک	تعداد دانه در فولیکول	تعداد انشعاب‌های ساقه	شاخص برداشت	ضریب همبستگی با عملکرد دانه
عملکرد بیولوژیک	۰/٦٤	۰/٢٥	۰/٠٥	۰/٠١	۰/٩٥
تعداد دانه در فولیکول	۰/٢١	۰/٥٢	۰/٢٠	-۰/١٥	۰/٧٨
تعداد انشعاب‌های ساقه	۰/٤١	-۰/٠١	۰/٢١	-۰/٠٢	۰/٥٩
شاخص برداشت	۰/٠٦	۰/٤٧	۰/٠٥	-۰/٠٤	۰/٥٤

اعداد روی قطر اصلی که زیر آنها خط کشیده شده است اثرهای مستقیم می‌باشند.

جدول ٦- بار عامل‌ها، واریانس توجیه شده، واریانس توجیه شده تجمعی و ریشه‌های مشخصه صفات مختلف سیاه‌دانه

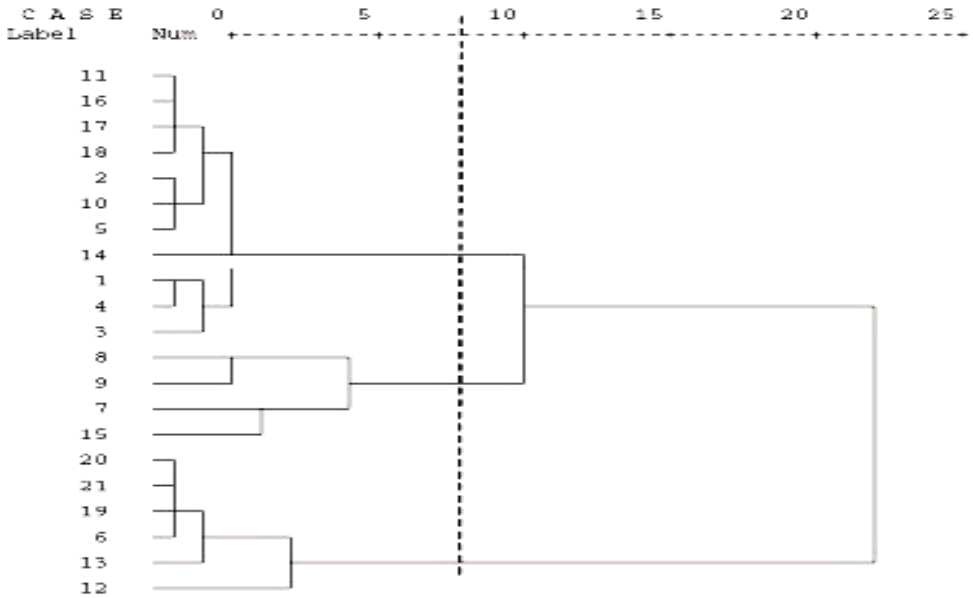
صفات	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم
عملکرد دانه در بوته	۰/٩٨	۰/١٢	-۰/٠٤
عملکرد بیولوژیک	۰/٩٢	۰/٠٩	۰/٠٧
تعداد فولیکول در بوته	۰/١٧	۰/٩٤	-۰/٢٦
تعداد دانه در فولیکول	۰/٣١	-۰/٠٥	۰/٨٩
وزن هزار دانه	-۰/٧١	۰/٣٢	-۰/١٧
تعداد انشعاب‌های ساقه	۰/٣٢	۰/٩٦	-۰/١٨
وزن فولیکول	-۰/٠١	۰/١٤	۰/٩١
ارتفاع بوته	۰/٤٢	۰/٢٨	-۰/٠١
شاخص برداشت	-۰/٠٧	۰/٤٢	۰/٠٢
واریانس توجیه شده (٪)	٤٥/٧٦	٢٩/١٨	١٩/١٨
واریانس توجیه شده تجمعی (٪)	٤٥/٧٦	٧٤/٩٤	٩٤/١٢
ریشه مشخصه	٢/٧٤	١/٨٢	١/٧٥

جدول ۷- تجزیه واریانس و میانگین صفات مورد مطالعه در گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای

صفات	میانگین مربعات بین گروه‌ها	میانگین صفات در گروه‌ها		
		گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳
عملکرد دانه در بوته	٤٥٧/٩٠ **	١٤٨/٢١ a	٧٩/٤٣ c	١٠٣/١٥ b
عملکرد بیولوژیک	١٢١٣/٢٥ **	٩٢/٣٥ a	٨١/٠٥ b	٥٧/٦١ c
تعداد فولیکول در بوته	٢٩٤/٠٨ **	٩٥/٢٠ b	١٢٧/٢٤٦ a	٩٦/٣٢ b
تعداد دانه در فولیکول	١٤٢٥/٢٩ **	٣٩٢/٢٦ a	٢١٥/٧٣ b	١٣٩/٥٧ c
وزن هزاردانه	٣٥/٢٣ **	٩/٠٤ b	٨/٤٢ c	١٦/٢٥ a
تعداد انشعاب‌های ساقه	١٩٦/٤٢ **	٠/٠٣٥ a	٠/٠٣٧ a	٠/٠١٢ b
وزن فولیکول	٠/٢٣ ns	٧/٠١ a	٨/٤٩ a	٦/٢٥ a
ارتفاع بوته	٩١/٠٥ **	٧٢/٢٤ a	٧٠/٨٢ ab	٥٩/٣٧ b
شاخص برداشت	٢٧/٣٥ ns	٠/٣٩ a	٠/٤٧ a	٠/٥٢ a

** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و غیرمعنی‌دار

میانگین‌هایی که در هر سطر دارای حروف مشابهی هستند از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای روی ژنوتیپ‌های سیاه‌دانه براساس صفات مورد مطالعه به روش Ward

بحث

قبل از اجرای یک برنامه درازمدت اصلاحی، به‌طور معمول مطالعات ژنتیکی انجام می‌شود تا بدین طریق اطلاعاتی در مورد مقدار و ماهیت تنوع ژنتیکی و همبستگی صفات بدست آمده و براساس یک برنامه مؤثر اصلاحی نظیر گزینش یا تلاقی برای اصلاح یک رقم به اجرا در آید. نتایج تجزیه واریانس این آزمایش روی ژنوتیپ‌های سیاه‌دانه، وجود اختلاف معنی‌داری را بین صفات مورد ارزیابی بجز شاخص برداشت نشان داد که نشان‌دهنده وجود تنوع گسترده برای صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های این گونه می‌باشد که با نتایج آزمایشهای Ahmad و همکاران (۲۰۰۹)، Ilcim و همکاران (۲۰۰٦) و بهرامی‌نژاد و پاپ‌زن (۱۳۸۵) مطابقت دارد.

ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی صفات نشان داد که صفات عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، تعداد دانه در فولیکول و تعداد فولیکول در بوته در بین ژنوتیپ‌ها از تنوع قابل‌ملاحظه‌ای برخوردار می‌باشند.

در این رابطه Faravani و همکاران (۲۰۰٦) با بررسی توده‌های سیاه‌دانه اعلام کردند که از میان کلیه صفات مورد بررسی بیشترین ضریب تغییرات فنوتیپی مربوط به وزن خشک بوته و کمترین ضریب تغییرات فنوتیپی مربوط به صفت ارتفاع بوته و بیشترین ضریب تغییرات ژنوتیپی مربوط به صفت عملکرد بیولوژیکی و کمترین آن مربوط به تعداد فولیکول در بوته بود. آنها نتیجه گرفتند که حتماً باید اختلاف معنی‌دار بالایی بین عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف توده‌های سیاه‌دانه وجود داشته باشد.

در بررسی و مقایسه ضرایب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی نتیجه‌گیری گردید که ضریب تنوع فنوتیپی برای تمامی صفات بیش از ضریب تنوع ژنوتیپی بوده و علت آن تأثیر عوامل محیطی است.

براساس ضرایب همبستگی، اجزای مهم عملکرد دانه در سیاه‌دانه به‌ترتیب اهمیت شامل عملکرد بیولوژیکی، تعداد دانه در فولیکول و ارتفاع بوته می‌باشند. بنابراین با بهبود این اجزای عملکرد، امکان افزایش عملکرد وجود دارد که با نتایج مطالعات Faravani و همکاران (۲۰۰٦)، اکبری‌نیا و همکاران (۱۳۸٤) و D'Antuono و همکاران (۲۰۰۲) همخوانی دارد. بالاترین ضریب همبستگی مربوط به رابطه عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیکی r= ۰/۹۵ می‌باشد، که این رابطه هم تأمین‌کننده افزایش عملکرد دانه برای مصارف دارویی و هم افزایش عملکرد بیولوژیکی برای مصارف دامی است.

تجزیه رگرسیون مرحله‌ای صفت عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته و بقیه صفات به‌عنوان متغیر مستقل همچنین نشان داد که صفاتی همانند عملکرد بیولوژیک، صفت تعداد دانه در فولیکول و تعداد انشعاب‌های ساقه بیشترین تغییرات عملکرد را تبیین کرده و به‌عنوان مهمترین اجزاء عملکرد دانه مطرح می‌باشند. همچنین این صفات می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های انتخاب برای بهبود عملکرد بذر به حساب آیند. Faravani و همکاران (۲۰۰٦) با انجام تجزیه رگرسیون مرحله‌ای بر روی ۲۸ توده سیاه‌دانه گزارش کردند که صفات عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و وزن هزاردانه در مجموع ۰/۹۷۷ از تغییرات عملکرد دانه را تبیین نمودند.

روش تجزیه ضرایب مسیر به‌عنوان ابزاری برای تعیین اهمیت صفات مؤثر بر عملکرد، مورد استفاده قرار گرفته‌است. این روش ماهیت همبستگی‌های ساده را نشان داده و میزان اثرهای مستقیم و غیرمستقیم متغیرهای وابسته

را تعیین می‌کند (Dewy & Lu, 1959). در این مطالعه همبستگی بین صفات عملکرد بیولوژیک و تعداد دانه در فولیکول با عملکرد دانه مثبت، معنی‌دار و بالا بود. مقایسه اثر مستقیم با اثر کل (میزان همبستگی) این صفات نشان می‌دهد که همبستگی که بین عملکرد بیولوژیک و تعداد دانه در فولیکول با عملکرد دانه وجود دارد، دارای ماهیت واقعی بوده و می‌توان با انتخاب مستقیم روی این صفات باعث بهبود عملکرد دانه شد. همچنین در این مطالعه مشخص شد که اثر مستقیم تعداد انشعاب‌های ساقه روی عملکرد دانه بالا نیست و همبستگی بالای این صفت به خاطر اثر غیرمستقیم این صفت از طریق عملکرد بیولوژیک است. بنابراین در پروژه‌های اصلاحی برای بهبود عملکرد دانه باید به افزایش همزمان این صفات برای حصول به عملکرد بالا اقدام کرد. این نتایج با داده‌های Ahmad و همکاران (۲۰۰۹) و Bannayan و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد.

تجزیه عامل‌ها، یکی از روشهای آماری چند متغیره است که به تشریح همبستگی بالای تعداد زیادی متغیر به‌وسیله یک یا چند عامل اساسی می‌پردازد. در این تحقیق در عامل اول صفات عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک دارای بار عامل بالایی بودند و این عامل تحت عنوان عامل بهره‌وری نامگذاری گردید. در عامل دوم صفات تعداد انشعاب‌های ساقه و تعداد فولیکول در بوته دارای بار عامل مثبت و بالا بودند. از آنجا که همبستگی این دو صفت با همدیگر ۰/۷۸ و در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار نشان دادند، می‌توان این عامل را به‌عنوان عامل اجزای عملکرد نامگذاری کرد. در عامل سوم، صفات وزن فولیکول و تعداد دانه در فولیکول بار عامل مثبت و بالایی را نشان دادند. بدین لحاظ این عامل به نام عامل خصوصیات فولیکول نامگذاری گردید. در تحقیقی D'Antuono و همکاران (۲۰۰۲) با استفاده از تجزیه به عامل‌ها ۳ فاکتور اصلی را شناسایی کردند که در مجموع ۹۲٪ از واریانس کل داده‌ها را در سیاه‌دانه توجیه نمود.

یکی از روشهای اصلاح گیاهان، گزینش همراه با آزمایش نسل است. موفقیت در گزینش، بستگی به تنوع با ایجاد نوترکیبی ژنتیکی و هتروزیس دارد. گزارش‌های متعددی در دست است که با افزایش فاصله ژنتیکی، احتمال هتروزیس در برنامه‌های تلاقی افزایش می‌یابد (Jafari *et al*., 2007). در تلاقی بین ژنوتیپ‌های با فاصله ژنتیکی بیشتر، از طریق نوترکیبی ژنتیکی، هتروزیس بیشتری بروز می‌نماید. گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس فاصله ژنتیکی، وقتی در یک برنامه اصلاحی مؤثر است که به‌طور همزمان چندین صفت مورد بررسی قرار گیرند. در این آزمایش بیشترین فاصله ژنتیکی میان ژنوتیپ‌های ۱ و ۱۲ که متعلق به نجف‌آباد و همدان بودند بدست آمد (شکل ۱)، که از نظر صفات عملکرد دانه، تعداد دانه در فولیکول و ارتفاع بوته متفاوت بودند. بنابراین با توجه به داشتن حداکثر فاصله ژنتیکی از همدیگر، انتظار می‌رود که با انجام تلاقی بین این دو ژنوتیپ حداکثر هتروزیس ایجاد شده و از نتایج آن به‌عنوان مواد اولیه خام برای اصلاح ارقام استفاده نمود.

همچنین ژنوتیپ‌های ۱۱ و ۱۶ که به‌ترتیب متعلق به شیراز و اصفهان ۱ بودند دارای کمترین فاصله اقلیدسی و بیشترین شباهت مورفولوژیکی بودند. Faravani و همکاران (۲۰۰۶) با استفاده از تجزیه خوشه‌ای ۲۸ توده سیاه‌دانه را بر حسب خویشاوندی بیشتر به ۷ گروه تقسیم نمودند. مهدی‌خانی و همکاران (۱۳۸۵) با بررسی تنوع مورفولوژیک، ژنتیکی و عناصر غذایی در ژنوتیپ‌های

بابونه آلمانی نشان دادند که ژنوتیپ‌ها در ۵ گروه قرار گرفتند. امیدی تبریزی و همکاران (۱۳۷۸) با انجام تحقیق روی ۱۰۰ رقم گلرنگ و انجام تجزیه خوشه‌ای با توجه به صفات مرتبط با عملکرد و مبدأ آنها مشخص نمودند که ارقام مورد بررسی به‌ترتیب در ٦ و ۱۳ گروه مختلف قرار گرفتند.

براساس نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های مختلف سیاه‌دانه از مناطق مختلف داخل یک گروه قرار گرفتند که این بیانگر آنست که تنوع جغرافیایی از تنوع ژنتیکی تبعیت نمی‌کند که این می‌تواند به دلیل انتقال یا معاوضه مواد اصلاحی از یک منطقه به منطقه دیگر باشد. زینلی (۱۳۸۲) و مهدی‌خانی و همکاران (۱۳۸۵) با بررسی ژنوتیپ‌های گیاهان دارویی نعناع و بابونه گزارش نمودند که تنوع جغرافیایی با تنوع ژنتیکی در این دو گیاه نیز مطابقت نداشته‌است و علت را معاوضه مواد خام بین مناطق مختلف کشور دانسته‌اند.

به‌طور کلی صفت عملکرد در سیاه‌دانه نظیر بیشتر گیاهان زراعی ویژگی پیچیده‌ای است و برای رسیدن به تولید بیشتر علاوه بر شناخت صفات مؤثر بر عملکرد و روابط بین آن‌ها نباید عواملی مهم نظیر توارث و محیط را از نظر دور داشت. براساس نتایج تجزیه مسیر، رگرسیون مرحله‌ای و تجزیه به عامل‌ها سه صفت عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در فولیکول و تعداد انشعاب‌های ساقه به‌ترتیب از اهمیت نسبی بیشتری در تعیین عملکرد دانه برخوردار بودند. بنابراین در برنامه‌های اصلاحی سیاه‌دانه، با هدف افزایش عملکرد دانه به خصوص در بررسی نسل‌های در حال تفکیک و با مطالعه توده‌های بومی سیاه‌دانه که جمعیتی از ژنوتیپ‌های مختلف را تشکیل می‌دهند (Faravani *et al.*, 2006) بهتر است به این صفات توجه بیشتری مبذول گردد و انتخاب برای این صفات و یا شاخصی از آنها می‌تواند به‌طور غیرمستقیم موجب افزایش عملکرد دانه شود.

در این تحقیق می‌توان با استفاده از نتایج بدست آمده ژنوتیپ‌های مناسب را انتخاب و از طریق برنامه‌های به‌نژادی مانند تلاقی پلی‌کراس، اقدام به تولید ارقام با خصوصیات زراعی مطلوب نمود.

نتایج این بررسی گرچه اطلاعاتی را پیرامون توانمندیهای موجود در ذخایر ژنتیکی سیاه‌دانه فراهم می‌نماید، اما بکارگیری ژنوتیپ‌های بیشتر و ارزیابی طیف وسیعتری از ژرم‌پلاسم موجود در ایران و جهان می‌تواند در تسریع و افزایش بازده اصلاح و عملکرد دانه مفید باشد.

منابع مورد استفاده

- اکبری‌نیا، ا.، خسروی‌فرد، م.، شریفی عاشورآبادی، ا. و باباخانلو، پ.، ۱۳۸٤. تأثیر دور آبیاری بر عملکرد و خصوصیات زراعی گیاه دارویی سیاه‌دانه (*Nigella sativa*). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۱(۱): ۷۳-٦٥.
- امیدبیگی، ر.، ۱۳۷٤. رهیافت‌های تولید و فرآوری گیاهان دارویی (جلد اول). انتشارات فکر روز، تهران، ۲۸٦ صفحه.
- امیدی تبریزی، ا.ح.، قنادها، م.ر.، احمدی، م.ر. و پیغمبری، س.ع.، ۱۳۷۸. بررسی صفات مهم زراعی ارقام گلرنگ بهاره از طریق روشهای چند متغیره آماری. علوم کشاورزی ایران، ۳۰(٤): ۸۲٦-۸۱۷.
- بهرامی‌نژاد، ص. و پاپ‌زن.، ع.، ۱۳۸۵. اثر فاصله ردیف کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) در شرایط آب و هوایی کرمانشاه. علوم زراعی ایران، ۸(۳): ۲٤۹-۲٤۱.

- ترکمن‌نیا، ا. ۱۳۷٦. بررسی اثر زمان کاشت بر عملکرد سیاه‌دانه در شرایط آب و هوایی تربت‌جام. پایان‌نامه کارشناسی زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تربت‌جام.
- رضایی، ع. و سلطانی، ا.، ۱۳۷۸. مقدمه‌ای بر تحلیل رگرسیون کاربردی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ۲۹٤ صفحه.
- زینلی، ح.، ۱۳۸۲. بررسی تنوع صفات زراعی، سیتوژنتیک و فیتوشیمیایی در نعناعهای ایران. پایان‌نامه دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- سپاهی، ع.،۱۳۷۵. کاربرد آمار در تحقیقات کشاورزی. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی ۳۸٤ صفحه.
- فرشادفر، ع.، ۱۳۷٦. کاربرد ژنتیک کمّی در اصلاح نباتات (جلد اول). انتشارات طاق بستان، کرمانشاه، ۵۲۸ صفحه.
- مهدی‌خانی، ه.، سلوکی، م.، زینلی، ح. و امام‌جمعه، ع.، ۱۳۸۵. بررسی تنوع مورفولوژیکی و مولکولی در بابونه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل.
- نوروزپور، ق. و رضوانی‌مقدم، پ.، ۱۳۸۵. اثر فواصل مختلف آبیاری و تراکم بوته بر عملکرد روغن و اسانس دانه سیاه‌دانه. پژوهش و سازندگی (در زراعت و باغبانی)، ۱۹(٤): ۱۳۸-۱۳۳.
- Ahmad, Z., Hussain, S., Iqbal, M.S., Irfan, M., Rehman, N., Jamal, A., Qayyum, A. and Ghafoor, A., 2009. Collection and characterization of germplasm of some underutilized plant species in Pakistan: 219-233. In: Smartt, J. and Haq, N., (Eds.). New Crops and Uses: Their Role in a Rapidly Changing World. 476p.
- Bannayan, M., Nadjafi, F., Azizi, M., Tabrizi, L. and Rastgoo, M., 2008. Yield and seed quality of *Plantago ovata* and *Nigella sativa* under different irrigation treatments. Industrial Crops and Products, 27: 11-16.
- Bhat, S.A., Thenua, O.V.S. Shivakumar, B.G. and Malik, J.K., 2005. Performance of summer green gram (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) as influenced by biofertilizers and phosphorus nutrition. Haryana Journal of Agronomy, 21(2): 203-205.
- D'Antuono, L.F., Moretti, A. and Lovato, A.F.S., 2002. Seed yield, yield components, oil content and essential oil content and composition of *Nigella sativa* L. and *Nigella damascena*. Industrial Crops and Products, 15: 59-69.
- Dewy, D.R. and Lu, K.H., 1959. A correlation and path coefficient analysis of component of crested wheatgrass seed production. Agronomy Journal, 51: 515-518.
- Fanaei, H.R., Akbari Moghadam, H., Keigha, G.A., Ghaffarie, M. and Alli, A., 2005. Evaluation of agronomy and essential oil components of *Cuminum cyminum* L., *Foeniculum vulgar* Mill. and *Nigella sativa* L. in the condition of Sistan region. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 22(1): 34-41.
- Faravani, M., Razavi, A.R. and Farsi, M., 2006. Study of variation in some agronomic and anatomic characters of *Nigella sativa* landraces in Khorasan. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 22(3): 193-197.
- Franz, C., 2006. Breeding aspects of medicinal plants. International symposium on chamomile research, development and production. Presov, Slovakia, 7-10 June.
- Ilcim, A., Kokdil, G., Özbilgin, G. and Uygun, C., 2006. Morphology and stem anatomy of some species of *Nigella* L. in Turkey. Journal of Faculty of Pharmacy, Ankara, 35(1): 19-41.
- Jafari, A.A., Seyedmohammadi, A.R. and Abdi, N., 2007. Study of variation for seed yield and seed components in 31 genotypes of *Agropyron desertorum* through factor analysis. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 15(3): 211-221.
- Johnson, D.E., 1998. Applied Multivariate Methods for Data Analysis. Dunbury Press, New York, USA, 567p.
- Johnson, R.A. and Wichern, D.W., 1988. Applied Multivariate Statistical Analysis. Prentice Hall International Inc. NewYork, 507p.
- Pank, F., 2006. Adaptation of medicinal and aromatic plants to contemporary quality and technological demands by breeding: aims, methods and trends. Revista Brasileira de Plantas Medicinais. Botucatu, 8: 39-42.

Evaluation of genetic diversity of some *Nigella sativa* L. genotypes using Agro-morphological characteristics

M.S. Salamati[1*] and H. Zeinali[2]

1*- Corresponding Author, MSc. Student, Payam Noor University, Zavareh, Iran
E-mail: maryamsalamaty@gmail.com
2- Research Center for Agriculture and Natural Resources, Esfahan, Iran

Received: June 2010 Revised: July 2011 Accepted: September 2011

Abstract

This study was performed to investigate genetic diversity and relationships among morphological traits in 21 genotypes of *Nigella sativa* L., in a completely randomized design with four replications. Morphological traits included seed yield/plant, biological yield, follicle number, seed number per follicle, 1000- seed weight, number of stem branches, follicle weight, plant height and harvest index. Results of analysis of variance showed significant differences for all studied traits ($p < 0.01$) except harvest index. Phenotypic and genotypic coefficients of variation were high for most traits indicating high diversity of the studied traits. Seed yield varied from 63.34 g in genotype of Shiraz to 147.36 g in genotype of Zabol 1. Correlation coefficients among traits showed that seed yield/plant had a significant and positive correlation with biological yield, seed number per follicle, plant height, number of stem branches and harvest index. Results of stepwise regression analysis for seed yield showed that biological yield, seed number per follicle, number of stem branches and harvest index were entered into the model, respectively, and 95 percent of total variation of seed yield was justified. Path analysis showed that biological yield and seed number per follicle had the highest direct effect on seed yield per plant. Factor analysis revealed three factors that justified 94.12 percent of the total variation among studied traits. These factors were respectively named as efficiency factor (seed yield and biological yield), yield component factor (number of stem branches and follicle number per plant) and follicle factor (follicle weight and seed number per follicle). According to the cluster analysis, 21 genotypes were classified into 3 groups and there were significant differences among the groups especially in terms of seed yield, follicle number per plant and seed number per follicle. Consequently, crossing between superior genotypes of different clusters and testing their progeny through breeding and selection programs may result in production of cultivars with desirable agronomic characteristics.

Key words: *Nigella sativa* L., cluster analysis, genetic diversity, correlation coefficient.