نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۸، شماره ۲، خرداد - تیر ۱۳۸۹، ص ۱۹۳-۱۸۷

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 8, No. 2, May – Jun. 2010, p. 187-193

تنوع ژنتیکی صفات در لاین های حاصل از توده های بومی بزرک

نوشین پولادساز [۱] - قدرت الله سعیدی [۲*]

تاریخ دریافت: ۸۷/۲/۱۴
تاریخ پذیرش: ۸۷/۸/۶

چکیده

تنوع ژنتیکی موجود برای صفات در بزرک می‌تواند در برنامه‌های به‌نژادی آن و انتخاب ژنوتیپ‌های با صفات زراعی مطلوب مورد استفاده قرارگیرد. این مطالعه به منظور ارزیابی و بررسی تنوع ژنتیکی صفات زراعی و کیفیت دانه در لاین‌های حاصل از توده‌های بومی بزرک در سال زراعی ۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. در این آزمایش ۷۳ لاین حاصل از روش انتخاب تک‌بوته در ۶ توده بومی بزرک به همراه چند رقم شاهد (توده‌ها و رقم اصلاح شده فلاندرز از کانادا) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۲ تکرار کشت و ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از لحاظ کلیه صفات از جمله اجزای عملکرد شامل تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه درکپسول و وزن صد دانه و همچنین عملکرد دانه در بوته و عملکرد دانه تفاوت معنی‌دار وجود داشته‌است. دامنه تغییرات برای صفات تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، عملکرد دانه در بوته و عملکرد دانه به ترتیب برابر با ۱۱۳تا ۱۶۴ روز، ۳۲/۸ تا ۶۸/۴ سانتی‌متر، ۰/۱۶ تا ۱/۳۹ گرم و ۳۷۵ تا ۲۴۵۰ کیلوگرم در هکتار برآورد گردید. ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی نیز برای صفات تعداد گیاهچه در مترمربع، میزان آلودگی به سفیدک پودری، تعداد انشعاب در بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، عملکرد دانه در بوته و عملکرد دانه بالا بود. همچنین وراثت‌پذیری عمومی بالایی (بین ۷۴/۹ تا ۹۶/۲٪) برای کلیه صفات به جز تعداد روز تا ۵۰ درصد سبز شدن (با وراثت‌پذیری برابر ۴۰/۸٪) مشاهده شد. درصد روغن دانه که برای۱۰ لاین برتر از نظر عملکرد دانه اندازه‌گیری شد، دارای تنوع زیادی (۳۶/۹ ٪ تا ۴۰/۴٪) بود و وراثت‌پذیری عمومی بسیار بالا (۹۹٪) برای آن برآورد گردید. تجزیه خوشه‌ای نیز ژنوتیپ‌ها را به ۴ گروه تقسیم نمود که ۲ گروه دارای بیشترین تعداد دانه در کپسول، عملکرد دانه در بوته و عملکرد دانه بودند.

واژه های کلیدی: بزرک، توده‌های بومی، تنوع ژنتیکی، وراثت‌پذیری، صفات زراعی

مقدمه

بزرک (*Linum usitatissimum* L.) گیاهی است یکساله از تیرهٔ کتان (لیناسه) که جهت استفاده از دانه و الیاف آن کاشت می‌شود (۶). بزرک و کتان از نظر گیاهشناسی یک گونه محسوب می‌شوند ولی از نظر خصوصیات رشد متفاوت می‌باشند. ارقام الیافی یا کتان طول ساقه بیشتر، انشعاب و کپسول کمتر و دانه‌های کوچکتری نسبت به نوع روغنی (بزرک) دارند (۶). روغن بزرک با داشتن مقادیر زیادی اسید لینولنیک برای اهداف صنعتی و دارویی کاربرد فراوان دارد. ارقام تجاری و جدید بزرک به نام‌های لینولا و سالین با میزان اسید لینولنیک کمتر از ۵ درصد از نظر کیفیت اسیدهای چرب مشابه روغن آفتابگردان بوده و می‌توانند به مصارف خوراکی از قبیل روغن طباخی و سالادی برسند (۲۹).

عوامل مهم در موثر بودن یک برنامه به‌نژادی شامل شناسایی صفات موثر در سازگاری، عملکرد و کیفیت محصول، ارزیابی پتانسیل ژنتیکی، جستجوی منابعی از ژن‌ها و در نهایت انتقال ژنهای مطلوب مورد نظر، می‌باشد (۱). سعیدی و همکاران(۴) در بررسی ژنوتیپ‌های بزرک با رنگ بذر زرد و قهوه‌ای تنوع ژنتیکی قابل ملاحظه‌ای مشاهده کردند. خندان و سعیدی (۲) نیز در مطالعه لاین‌های حاصل از یک توده بومی بزرک در اصفهان تنوع ژنتیکی بالایی برای صفات تعداد بوته در مترمربع، تعداد کپسول در بوته،عملکرد دانه در بوته و در واحد سطح و تیپ رشدی مشاهده نمودند. آدوگنا و لبشنجن (۹) ژنوتیپ‌های بزرک را در ۱۸ محیط ارزیابی کردند و نشان دادند که ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه در محیط‌های مختلف متفاوتند. گرین و مارشال (۱۵) نیز در بررسی ۲۱۴ واریته بزرک نشان دادند که برای وزن دانه، میزان روغن دانه و مقدار اسیدهای چرب روغن تنوع ژنتیکی وجود دارد. همچنین ماهتو و همکاران (۲۰) برای عملکرد دانه

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد اصلاح نباتات و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
(*- نویسنده مسئول: Email: gsaeidi@cc.iut.ac.ir)

در بوته و تعداد روز تا رسیدگی تنوع ژنتیکی معنی‌داری را بین ژنوتیپ‌های بزرک گزارش نموده‌اند.

با توجه به در دسترس بودن ژن‌های مربوط به لاین‌هایی با کیفیت روغن خوراکی بزرک، انجام برنامه‌های به‌نژادی و استفاده از توده‌های بومی این گیاه جهت تولید ارقام اصلاح شده با کیفیت روغن خوراکی و یا صنعتی آن ضروری به‌نظر می‌رسد. لذا این مطالعه به منظور ارزیابی تنوع ژنتیکی صفات زراعی ازجمله عملکرد دانه و اجزای آن در لاین‌های انتخاب شده از توده‌های بومی مختلف بزرک و همچنین انتخاب لاین‌هایی با پتانسیل تولید و صفات زراعی مطلوب جهت استفاده در برنامه‌های به‌نژادی و مطالعات ژنتیکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور ارزیابی تنوع ژنتیکی صفات زراعی بین لاین‌های حاصل از توده‌های بومی بزرک در سال ۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در منطقه لورک نجف‌آباد (۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان) انجام شد. اقلیم این منطقه نیمه خشک و خنک با تابستانهای خشک است و میانگین بارندگی منطقه ۱۴۰/۵ میلیمتر و متوسط دمای سالیانه آن ۱۴/۵ درجه سانتیگراد می‌باشد (۵). بافت خاک منطقه آزمایش لومی رسی با جرم مخصوص ظاهری ۱/۴ گرم بر سانتیمتر مکعب، هدایت الکتریکی ۱/۷ دسی‌زیمنس بر مترمربع و اسیدیته برابر ۷/۵ می‌باشد (۸).

در این آزمایش ۷۳ لاین حاصل از روش انتخاب تک‌بوته (نتاج تک بوته‌های انتخابی) در ۶ توده بومی بزرک شامل توده‌های جمع‌آوری شده از خراسان (بیرجند)، کردستان، چهارمحال و بختیاری، اهواز، سمیرم و شهرضا به همراه ارقام شاهد (توده‌ها و رقم اصلاح شدهٔ فلاندرز از کانادا) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار کشت و مورد ارزیابی قرارگرفتند . بذور هر لاین در یک ردیف به طول ۴ متر (یک واحد آزمایشی) با تراکم کاشت حدود ۷۰۰ بذر در متر مربع (۸۴۰ بذر در هر ردیف) و با فاصله ردیفهای ۳۰ سانتیمتر در ۱۷ فروردین سال ۱۳۸۵ کشت شدند. به منظور تامین فسفر و ازت مورد نیاز گیاه،۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیوم قبل از کاشت با خاک مخلوط گردید. عملیات داشت شامل آبیاری، کوددهی و کنترل علف‌های‌هرز در طی آزمایش به نحو مطلوب انجام و آبیاری بر حسب نیاز گیاه هر ۱۰–۸ روز یکبار انجام شد. جهت تکمیل نیتروژن مورد نیاز گیاه از کود اوره و به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار به صورت سرک و قبل از گلدهی استفاده گردید. کنترل علف‌های‌هرز نیز در چند مرحله به صورت دستی انجام شد.

طی مراحل انجام آزمایش صفات تعداد روز تا ۵۰ درصد سبزشدن، تعداد گیاهچه در مترمربع، تعداد روز تا شروع گلدهی، ۵۰ درصد گلدهی و رسیدگی، میزان آلودگی به سفیدک پودری به طور مشاهده‌ای و با دادن امتیاز بین ۰ (عدم آلودگی) تا ۵ (آلودگی کامل) برای هر واحد آزمایشی تعیین گردید. ارتفاع از سطح زمین تا انتهای بوته‌ها نیز در ۳ محل تصادفی از یک واحد آزمایشی اندازه‌گیری و متوسط آن به عنوان ارتفاع بوته در نظر گرفته‌شد. در هنگام برداشت نهایی نیز ۱۰ بوته تصادفی از هر واحد آزمایشی برداشت و صفات تعداد انشعاب در بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن صد دانه و عملکرد دانه در بوته در آنها مورد اندازه‌گیری قرارگرفت. برای تعیین عملکرد دانه در واحد سطح نیز کل بوته‌های هر واحد آزمایشی برداشت و سپس خرمن کوبی گردید. برای ۱۰ لاین برتر از نظر عملکرد دانه نیز درصد روغن دانه به روش سوکسله اندازه‌گیری شد.

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گرفت. تجزیه واریانس داده‌ها برای هر صفت در قالب طرح بلوک کامل تصادفی انجام شد. در مورد صفاتی که اثر ژنوتیپ در جدول تجزیه واریانس معنی دار بود، جهت مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) استفاده شد. وراثت‌پذیری عمومی صفات نیز بر اساس امید ریاضی میانگین مربعات و تخمین اجزای واریانس برآورد شد. از تجزیه خوشه‌ای نیز برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها استفاده گردید (۱۸).

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد بررسی از لحاظ کلیه صفات دارای تفاوت معنی‌دار بودند (جدول۱). میانگین تعداد روز تا ۵۰ درصد سبز شدن برابر با ۹/۴ و دامنهٔ آن از ۸ تا ۱۲ روز متغیر بود (جدول ۲). ضریب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی برای این صفت زیاد نبود، ولی با توجه به پایین بودن وراثت‌پذیری عمومی صفت مذکور(جدول ۱)، به نظر می‌رسد عوامل محیطی تاثیر زیادی بر بروز فنوتیپی این صفت داشته باشند. در مطالعات دیگر نیز برای میزان سبز شدن بزرک تنوع ژنتیکی گزارش شده است (۲۳ و ۲۵).

تعداد گیاهچه در مترمربع دارای میانگین برابر ۱۱۷ و بین ۲۰ تا ۲۰۶ گیاهچه تغییرات داشت (جدول ۲). کمترین میانگین تعداد گیاهچه در مترمربع مربوط به توده اهواز بود و ژنوتیپ KH۲۷ (انتخاب شده از توده خراسان) بیشترین میانگین را برای این صفت داشت. ضریب تنوع فنوتیپی، ژنتیکی و وراثت پذیری عمومی صفت مذکور به ترتیب برابر با ۲۳/۹، ۲۱/۱ و ۷۷/۳ درصد بود. در مطالعه دیگری نیز برای این صفت تنوع ژنتیکی در بزرک مشاهده شده است (۵). سبزشدن، استقرار گیاهچه و تعداد مناسب گیاه در واحد سطح، از جمله فاکتورهای مهم تعیین کننده عملکرد دانه می‌باشند. با توجه به تنوع ژنتیکی بالا برای تعداد گیاهچه در مترمربع، می‌توان این صفت را با برنامه‌های انتخاب بهبود داد.

ژنوتیپ‌ها به طـور متوسـط ۵۸ روز پـس از کاشـت وارد مرحلـهٔ شروع گلـدهی شـدند. ژنوتیـپ‌هـای SH۱۰ (انتخـاب شـده از تـوده شهرضا) و KO۱۱ (انتخاب شده از توده کردستان) با میانگین ۴۲ روز و توده اهواز با میانگین ۷۱ روز به ترتیـب دارای کمتـرین و بیشـترین میانگین این صفت بودنـد. متوسـط تعـداد روز تـا ۵۰ درصـد گلـدهی ژنوتیپ‌ها نیز برابر با ۷۹ و دامنه آن بین ۵۷ (بـرای تـوده کردسـتان و ژنوتیپ KO۱۳) تا ۹۳ روز (برای ژنوتیپ SE۱۲) تغییـرات داشـت. ضرایب تنوع فنـوتیپی و ژنتیکـی تقریبـا یکسـان و همچنـین وراثـت پذیری عمومی بالا برای صـفت تعـداد روز تـا شـروع گلـدهی (۹۲/۱ درصد) و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی (۹۳/۸ درصد) بـرآورد گردیـد که گویای این نکته است که اکثر تنوع‌های فنوتیپی این صفات ناشـی از عوامل ژنتیکی بوده‌است. مشاهده تفاوت معنی‌دار برای صفت تعـداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی با نتایج مطالعـه دیگـری نیـز همخـوانی دارد (۲).

به طور متوسط ژنوتیپ‌هـا ۱۴۷ روز پـس از کاشـت وارد مرحلـه رسیدگی شدند و رقم اصلاح‌شده کانادایی فلاندرز (اصلاح شده بـرای زودرسی) با میانگین ۱۱۳ روز کمترین و ژنوتیپ CH۱۱ (انتخاب شده از توده چهارمحال و بختیـاری) بـا ۱۶۴ روز بیشـترین میـانگین ایـن صفت را دارا بود. وجود تنوع بین ژنوتیپ‌های مختلف بزرک برای این صفت در مطالعات دیگر نیز گزارش شده‌است (۲۴،۲۵ و ۲۸). ضـریب تنوع ژنتیکی، فنوتیپی و وراثت‌پذیری عمومی تعداد روز تا رسیدگی به ترتیب برابر ۷/۵ ، ۷/۷ و ۹۶/۲ درصد بـود. ضـرایب تنـوع ژنتیکـی و فنوتیپی پایین و نزدیک به هم و وراثت‌پذیری عمومی بالا بیان‌کننـده تأثیر بیشتر عوامل ژنتیکی بر صفت تعداد روز تـا رسـیدگی مـی‌باشـد. طول دوره رشد در گیاه بـزرک مخصوصـاً در مـواردی کـه زودرسـی مطلوب باشد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و وجود تنوع ژنتیکی و وراثـت‌پـذیری بـالا امکـان انتخـاب ژنوتیـپ‌هـای زودرس را از بـین لاین‌های ارزیابی شده فراهم می‌سازد. در مطالعه انجام شـده دیگـری نیز تعداد روز تا رسیدگی از وراثت پذیری عمومی بالایی برخوردار بوده است (۲۱).

واکنش ژنوتیپ‌ها به بروز بیماری سفیدک پـودری متفـاوت بـود، به‌طوری‌که میانگین میزان آلودگی در بین ژنوتیپ‌های مـورد بررسـی، برابـر ۲/۷ (در مقیـاس ۵-۰) و ژنوتیـپ‌هـای CH۲۷ و KH۳۱ بـا میانگین‌های ۰/۲ و ۵ بـه ترتیـب دارای کمتـرین و بیشـترین میـزان آلودگی به بیماری بودند (جدول ۲). ضرایب تنـوع فنـوتیپی و ژنتیکـی برای این صفت به ترتیب برابر با ۴۷/۷ و ۴۵/۸ درصد وراثـت پـذیری آن ۹۲/۴ درصد برآورد شد. با توجه به نقش زیاد عوامـل ژنتیکـی بـر میزان آلودگی ژنوتیپ‌ها به بیماری، می‌توان از بین آنها ژنوتیـپ‌هـای مقاومتر را انتخاب و در برنامه‌های به‌نژادی استفاده نمود.

میانگین ارتفاع بوته برای کلیهٔ ژنوتیپ‌ها ۵۴/۹ سانتی‌متر و دامنه آن بین ۳۲/۸ تا ۶۸/۴ سانتی‌متر متغیر بود، به طوری‌که ژنوتیـپ‌هـای KO۱۲ (انتخاب شده از توده کردستان) و AH۱۸ (انتخـاب شـده از توده اهواز) به ترتیب دارای کمترین و بیشترین میـانگین ارتفـاع بوتـه بودند. در این ارزیابی، ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی برای این صفت به ترتیب ۱۴/۲ و ۱۳/۵ درصـد بـود. نظـر بـه اینکـه ارتفـاع بوتـه از وراثت‌پذیری عمومی بالایی (۹۰/۷ درصـد) برخـوردار بـود، مـی‌تـوان ژنوتیپ‌هایی با ارتفاع مناسب را انتخاب و در برنامه‌های به‌نژادی مورد استفاده قرار داد. ارتفاع زیاد بوته‌هـا موجـب افـزایش خوابیـدگی و در نتیجه کاهش عملکرد شده و از طـرف دیگـر ارتفـاع خیلـی کـم نیـز برداشت مکانیزه را غیر ممکن می‌سازد. در مطالعات دیگـر نیـز نتـایج مشابهی در رابطه با وجود تنوع ژنتیکـی و وراثـت‌پـذیری بـالا بـرای ارتفاع بوته بدست آمده است (۱۱، ۱۶ و ۲۴).

میانگین تعداد انشعاب در بوته در این مطالعه برابـر بـا ۳/۳ بـود و ژنوتیپ KH۳۷ (انتخابی از توده خراسان) با متوسط برابر ۲ و ژنوتیپ AH۱۱ (انتخابی از توده اهواز) با متوسط برابر ۵/۷ به ترتیب کمترین و بیشترین تعداد انشعاب در بوته را دارا بودند. همچنین ضـرایب تنـوع فنوتیپی و ژنتیکی و وراثت‌پذیری عمومی برای این صفت بـه ترتیـب برابر ۲۲/۶، ۱۹/۵ و ۷۴/۹ درصد برآورد شد (جدول۲) که با توجـه بـه میزان وراثت‌پذیری عمومی می‌توان نتیجه گرفت کـه هـر دو عوامـل محیطی و ژنتیکی نقش نسبتا زیادی در بروز این صفت داشـته‌انـد. در مطالعات دیگر نیز تنوع ژنتیکی در بزرک برای تعداد انشعاب در بوتـه مشاهده‌شده‌است (۱۱ و ۱۹).

میانگین تعداد کپسول در بوته برابر با ۲۷/۳ و دامنهٔ تغییـرات آن از ۸/۹ تا ۴۸/۵ کپسول در بوته بود و به ترتیب تعلق به ژنوتیـپ‌هـای SE۱۲(انتخاب شده از توده سمیرم) و AH۱۸ (انتخاب شـده از تـوده اهواز) داشت. در بین اجزای عملکـرد، ایـن صـفت بیشـترین ضـریب تغییرات را نشان داد و از ضرایب تنـوع فنـوتیپی برابـر ۳۲/۴ درصـد و ژنتیکـی برابـر بـا ۳۰/۶ درصـد برخـوردار بـود (جـدول ۲) و بـرآورد وراثت‌پذیری آن نیز بالا(۸۹/۲ درصد) بود (جـدول ۲). تنـوع ژنتیکـی زیاد برای تعداد کپسول در بوته در مطالعات دیگـر نیـز گـزارش شـده است (۱۷ و ۱۹).

متوسط تعداد دانه در کپسول همه ژنوتیپ‌ها برابر ۵/۲۸ و ژنوتیپ SH۱۱ (انتخابی از توده شهرضا) با میانگین ۲/۰۳ و ژنوتیـپ KO۱۰ (انتخابی از توده کردستان) بـا میـانگین ۷/۱۵ بـه ترتیـب کمتـرین و بیشترین تعداد دانه در کپسول را دارا بودند. ضـرایب تنـوع فنـوتیپی و ژنتیکـی بـرای ایـن صـفت بـه ترتیـب ۱۹/۶ و۱۸/۵ درصـد بـود و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بـرای صـفت تعـداد دانـه در کپسـول تنـوع ژنتیکی بالایی را نشان دادند که بـا نتـایج مطالعـه دیگـری (۱۷) نیـز مطابقت دارد. اختلاف ناچیز بین ضرایب تنـوع فنـوتیپی و ژنتیکـی در این صفت و وراثت‌پذیری بالای آن (۸۹/۵ درصد)، نشان می‌دهد کـه تنوعات مشاهده شده برای این صفت بیشتر منشـاء ژنتیکـی داشـته و انتخاب می‌تواند در بهبود آن مؤثر باشد.

جدول ۱-نتایج تجزیه واریانس برای صفات زراعی و اجزای عملکرد

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات											
		روز تا ۵۰٪ سبزشدن	تعداد گیاهچه در مترمربع	روز تا شروع گلدهی	روز تا ۵۰ ٪ گلدهی	روز تا رسیدگی	میزان آلودگی به سفیدک	ارتفاع بوته	تعداد انشعاب در بوته	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در کپسول	وزن صد دانه	عملکرد دانه در بوته	عملکرد دانه در واحد سطح
بلوک	۱	۱/۲۲ ns	۷۳/۱ ns	۰/۱ ns	۰/۳ ns	۰/۸ ns	۸**	۵۰/۴*	۰/۵ns	۲۰۷/۵**	۰/۳ ns	۰/۰۰۲*	۰/۱۵**	۲۱۰۹۶۱*
ژنوتیپ	۷۹	۱/۰۴**	۱۵۷۶/۱**	۷۵/۴**	۱۴۰/۴**	۲۵۸/۸**	۳/۳**	۱۲۲/۰**	۱/۱**	۱۵۷/۳**	۲/۱**	۰/۰۰۷**	۰/۱۴**	۳۶۰۰۱۰**
خطای آزمایش	۷۹	۰/۶۱	۳۵۷/۹	۵/۹	۸/۷	۹/۹	۰/۲	۱۱/۳	۰/۳	۱۶/۹	۰/۲	۰/۰۰۰۴	۰/۰۱۴	۳۰۹۲۶

*و **به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار.

جدول۲- نتایج آماری مربوط به صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های بزرک

صفات	میانگین	دامنه		LSD (٪۵)	ضریب تنوع فنوتیپی (٪)	ضریب تنوع ژنتیکی (٪)	وراثت‌پذیری عمومی (٪)
		حداقل	حداکثر				
روز تا۵۰٪ سبزشدن	۹/۴	۸	۱۲	۲	۷/۷	۴/۹	۴۰/۸
تعدادگیاهچه در مترمربع	۱۱۷	۲۰	۲۰۶	۳۸	۲۳/۹	۲۱/۱	۷۷/۳
روز تا شروع گلدهی	۵۸	۴۲	۷۱	۵	۱۰/۶	۱۰/۱	۹۲/۱
روز تا ۵۰ ٪ گلدهی	۷۹	۵۷	۹۳	۶	۱۰/۵	۱۰/۲	۹۳/۸
روز تا رسیدگی	۱۴۷	۱۱۳	۱۶۴	۶	۷/۷	۷/۵	۹۶/۲
آلودگی به سفیدک پودری (مقیاس۵-۰)	۲/۷	۰/۲	۵/۰	۱/۰	۴۷/۷	۴۵/۸	۹۲/۴
ارتفاع بوته (سانتی متر)	۵۴/۹	۳۲/۸	۶۸/۴	۶/۷	۱۴/۲	۱۳/۵	۹۰/۷
تعداد انشعاب در بوته	۳/۳	۲/۰	۵/۷	۱/۱	۲۲/۶	۱۹/۵	۷۴/۹
تعداد کپسول در بوته	۲۷/۳	۸/۹	۴۸/۵	۸/۲	۳۲/۴	۳۰/۶	۸۹/۲
تعداد دانه در کپسول	۵/۲۸	۲/۰۳	۷/۱۵	۰/۹۰	۱۹/۶	۱۸/۵	۸۹/۵
وزن صد دانه (گرم)	۰/۴۹	۰/۴۰۲	۰/۶۶۶	۰/۰۴۳	۱۱/۹	۱۱/۴	۹۳/۲
عملکرد دانه در بوته (گرم)	۰/۶۲	۰/۱۶	۱/۳۹	۰/۲۴	۴۲/۵	۴۰/۳	۸۹/۹
عملکرد دانه (کیلوگرم درهکتار)	۱۳۳۳	۳۷۵	۲۴۵۰	۳۵۰	۳۱/۸	۳۰/۴	۹۱/۴

در ژنوتیپ‌های مورد بررسی، میانگین وزن صد دانه از ۰/۴۰۲گرم مربوط به ژنوتیپ CH ۲۷ (انتخابی از توده چهارمحال و بختیاری) تا ۰/۶۶۶ گرم مربوط به ژنوتیپ SH۱۰ (لاین انتخابی از توده شهرضا) تغییرات داشت. ضرایب تغییرات فنوتیپی و ژنتیکی برای این صفت متوسط بود (جدول ۲) و وراثت پذیری عمومی آن ۹۳/۲ درصد برآورد گردید (جدول ۲). با توجه به وجود تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری بالا برای این جزء عملکرد، می‌توان در برنامه‌های به‌نژادی جهت بهبود این صفت و در نتیجه بهبود عملکرد دانه انتخاب انجام داد. وجود تنوع ژنتیکی برای اجزای عملکرد در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است (۱۱ و ۱۹).

میانگین عملکرد دانه در بوته برای کلیه ژنوتیپ‌ها ۰/۶۲ گرم و از ۰/۱۶گرم مربوط به ژنوتیپ CH۲۷ (لاین انتخابی از توده چهار محال و بختیاری) تا ۱/۳۹ گرم در بوته مربوط به ژنوتیپ SE۱۰ (انتخابی از توده سمیرم) متغیر بود. ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی صفت عملکرد دانه در بوته به ترتیب ۴۲/۵ و ۴۰/۳ درصد بود و وراثت‌پذیری نسبتا بالا و برابر ۸۹/۹ درصد برای آن برآورد شد. اختلاف کم بین ضرایب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی و همچنین وراثت‌پذیری بالای این صفت، بیانگر تأثیر بیشتر عوامل ژنتیکی بر بروز این صفت می‌باشد و این نتایج نیز با نتایج مطالعات دیگر مطابقت دارد (۱۱، ۱۴ و۱۹).

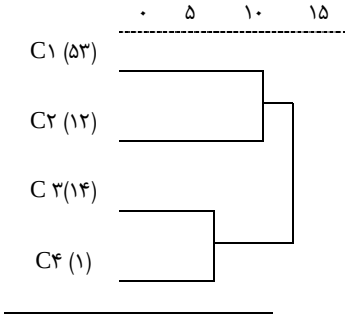
به طور متوسط عملکرد دانه در واحد سطح ژنوتیپ‌ها برابر ۱۳۳۳ کیلوگرم در هکتار بود و توده اهواز با ۳۷۵ کیلوگرم و ژنوتیپ KH۱۳ با ۲۴۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب دارای کمترین و بیشترین میانگین عملکرد دانه در واحد سطح بودند. ژنوتیپ KH۱۳ یک لاین انتخابی از توده خراسان است که نسبت به توده اولیه ۳۳ درصد عملکرد دانه بیشتری تولید نمود. ضرایب تغییرات فنوتیپی و ژنتیکی برای عملکرد دانه در واحد سطح به ترتیب ۳۱/۸ و ۳۰/۴ درصد بدست آمد و وراثت‌پذیری عمومی این صفت برابر ۹۱/۴ درصد بود (جدول ۲) که نشان می‌دهد انتخاب می‌تواند برای بهبود عملکرد دانه موثر باشد. در مطالعات دیگر نیز تنوع زیادی برای عملکرد دانه در واحد سطح در بزرک مشاهده شده است (۲۲ و ۲۷).

درصد روغن دانه برای ۱۰ لاین که از لحاظ عملکرد دانه برتر بودند، مورد اندازه‌گیری قرار گرفت و لاین‌ها از لحاظ این صفت دارای تفاوت معنی‌دار بودند. میانگین درصد روغن دانه در ژنوتیپ‌ها ۳۷/۳۴ درصد و از ۳۴/۸ درصد مربوط به ژنوتیپ CH۱۴ (انتخابی از توده چهار محال) تا ۴۰/۴ درصد مربوط به ژنوتیپ SH۱۰ (انتخابی از توده شهرضا) تغییرات داشت (جدول ۳). در مطالعات دیگری نیز برای صفت درصد روغن دانه در بین ژنوتیپ‌های مختلف بزرک اختلاف معنی‌دار مشاهده شده (۳، ۱۰ و ۱۵) و درصد روغن دانه بزرک بین ۳۵ تا ۴۶ درصد گزارش شده است (۱۳). در این مطالعه ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی برای صفت درصد روغن به ترتیب برابر ۴/۱۴ و ۴/۱۲ درصد بود و مقدار وراثت‌پذیری عمومی این صفت بالا و برابر ۹۹ درصد بدست آمد که با نتایج مطالعه دیگری همخوانی داشت (۲۶). وراثت‌پذیری بالا و وجود تنوع ژنتیکی بسیار زیاد برای درصد روغن دانه در این مطالعه و مطالعات دیگر امکان انجام برنامه‌های انتخاب را جهت بهبود ژنتیکی درصد روغن دانه و نهایتا عملکرد روغن فراهم می‌نماید.

گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به روش وارد و با محاسبه مربع فاصله اقلیدسی بر اساس ۱۳ صفت زراعی انجام شد (شکل ۱) و ژنوتیپ‌ها بر اساس آزمون T^2 کاذب هوتلینگ و نمودار سی. سی. سی. (۱۸) در۴ گروه ژنوتیپی قرار گرفتند، به‌طوری‌که هرکدام به ترتیب دارای ۵۳، ۱۲، ۱۴ و۱ ژنوتیپ بودند. به منظور مقایسه میانگین گروه‌ها از نظر صفات اندازه‌گیری شده، تجزیه واریانس بر اساس طرح کاملا تصادفی نامتعادل انجام شد، به‌طوری‌که گروه‌ها به عنوان تیمار و ژنوتیپ‌های داخل آنها به عنوان تکرار لحاظ شدند (۱۸). نتایج حاصل (جدول ۵) نشان داد که ژنوتیپ موجود در گروه ۴ به دلیل دارا بودن بیشترین عملکرد دانه در واحد سطح در یک گروه مجزا قرار گرفت. ژنوتیپ‌هایی که در گروه ۳ قرار گرفتند نیز بعد از گروه ۴ دارای تعداد دانه درکپسول، عملکرد دانه در بوته و عملکرد دانه در واحد سطح وهمچنین تعداد گیاهچه در مترمربع بالایی بودند. در مقابل ژنوتیپ‌های موجود در گروه ۲ کمترین تعداد گیاهچه در مترمربع، تعداد دانه در کپسول، عملکرد دانه در بوته و در واحد سطح را داشتند. بالا بودن عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در گروه‌های ۳ و۴ می‌تواند بیشتر به دلیل افزایش تعداد دانه در کپسول آنها باشد و در صورتی‌که هدف افزایش عملکرد باشد، انتخاب از بین ژنوتیپ‌های گروه ۳ و۴ قابل توصیه است. علاوه بر این تعیین لاین‌هایی که دارای حداکثر فاصله ژنتیکی باشند، به انتخاب والدین در برنامه‌های به‌نژادی هیبریداسیون کمک خواهد کرد. وجود لاین‌هایی با منشاهای جغرافیایی مختلف در هر کلاستر نشانگر این نکته است که تنوع ژنتیکی مشاهده شده از تنوع جغرافیایی تبعیت ننموده و دلیل این امر می‌تواند به خاطر تبادل مواد اصلاحی یا کمی وسعت جغرافیایی باشد. در مطالعات دیگر نیز ژنوتیپ‌های بزرک با استفاده از روش تجزیه خوشه‌ای به گروه‌های مختلف تقسیم شده‌اند، به طوری‌که صفات تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی، درصد خوابیدگی و میزان روغن (۹) و یا صفاتی نظیر تعداد روز تا گلدهی، ارتفاع بوته، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول (۱۲) بیشترین سهم را در خوشه‌بندی ژنوتیپ‌ها ایفا کرده‌اند.

به طورکلی نتایج این مطالعه نشان داد تنوع ژنتیکی قابل‌توجهی برای صفات زراعی مختلف از جمله عملکرد و اجزای آن و همچنین درصد روغن دانه در ژنوتیپ‌های بومی بزرک وجود دارد و بعضی از ژنوتیپ‌ها از پتانسیل ژنتیکی بسیار خوبی برای افزایش عملکرد دانه و روغن برخوردار هستند. لذا با توجه به وجود این تنوع ژنتیکی و همچنین میزان وراثت‌پذیری عمومی بالا برای اکثر صفات، امکان بهبود آنها از طریق برنامه‌های انتخاب فراهم می‌باشد و می‌توان ارقام اصلاح شده و سازگار که دارای عملکرد مطلوب و همچنین درصد روغن بالا باشند را از درون توده‌های بومی تولید نمود.

شکل۱- نمودار حاصل از تجزیه خوشه‌ای



جدول ۳- مقایسه میانگین مقدار روغن دانه در ژنوتیپ‌های بزرک برتر از لحاظ عملکرد دانه

شماره ژنوتیپ	نام ژنوتیپ	منشا (از توده)	محتوای روغن (٪)
۷	$SH_{۱۰}$	شهرضا	۴۰/۴[a]
۸	$KH_{۱۳}$	خراسان	۳۶/۴[ef]
۱۱	$KO_{۱۰}$	کردستان	۳۸/۳[b]
۲۱	$AH_{۱۲}$	اهواز	۳۶/۸[de]
۲۵	$KH_{۲۰}$	خراسان	۳۸/۱[b]
۲۷	$CH_{۱۴}$	چهارمحال و بختیاری	۳۴/۸[g]
۳۲	$SE_{۱۳}$	سمیرم	۳۵/۹[f]
۳۵	$KO_{۱۱}$	کردستان	۳۷/۵[c]
۴۰	$AH_{۱۵}$	اهواز	۳۸/۳[b]
۴۲	$CH_{۱۶}$	چهار محال بختیاری	۳۶/۹[d]
LSD(٪۵)			۰/۴۵

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری با استفاده از آزمون LSD و در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

جدول ٤-نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های صفات در گروه‌های ژنوتیپی حاصل از تجزیه خوشه‌ای

صفات	میانگین مربعات بین گروه‌ها	میانگین مربعات داخل گروه-ها	میانگین گروه‌ها			
			گروه ۱	گروه۲	گروه ۳	گروه ٤
روز تا۵۰٪ سبزشدن	۰/۲۵ ns	۰/ ۵۳	۹/۴	۹/۶	۹/۳	۹/۵
تعداد گیاهچه در متر مربع	۲۸۴۰ *	۷۰۷	۱۱۶[b]	۱۰۰[b]	۱۳۶[a]	۱۱۶[b]
روز تا شروع گلدهی	۷۵/۸ ns	۳۶/۲	۵۸	۶۱/۲	۵۵/۳	۵۶
روز تا ۵۰ ٪ گلدهی	۵۸/۶ ns	۷۰/۶	۷۹/۶	۸۲/۴	۷۷/۲	۷۹
روز تا رسیدگی	۲۱۰/۴ ns	۱۲۶/۲	۱۴۷/۶	۱۵۲/۴	۱۴۲/۶	۱۴۷
آلودگی به سفیدک	۰/۹ ns	۱/۷	۲/۸	۲/۳	۲/۶	۲/۷
ارتفاع بوته(سانتی متر)	۳۶/۲ ns	۶۱/۹	۵۵/۶	۵۴/۵	۵۲/۶	۵۲/۶
تعداد انشعاب در بوته	۰/۳ ns	۰/۶	۳/۳	۳/۴	۳/۲	۲/۶
تعداد کپسول در بوته	۱۵۷/۴ ns	۷۵/۶	۲۷/۲	۲۲/۹	۳۱/۲	۳۲/۴
تعداد دانه در کپسول	۹/۵ **	۰/۷	۵/۴[a]	۳/۹[b]	۵/۸[a]	۶/۹[a]
وزن صد دانه (گرم)	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۳	۰/۴۹۲	۰/۴۸	۰/۴۹۷	۰/۵۳
عملکرد دانه در بوته (گرم)	۰/۳۶ **	۰/۰۶	۰/۶۴[a]	۰/۳۷[b]	۰/۷۳[a]	۱/۰۳[a]
عملکرد در واحدسطح (کیلوگرم در هکتار)	** ۳۷۴۱۵۵۰	۳۹۴۱۷	۱۳۰۶[c]	۶۷۷[d]	۱۹۱۷[b]	۲۴۵۰[a]

*و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. ns : عدم وجود تفاوت معنی‌دار.

برای هر صفت، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری با استفاده از آزمون LSD و در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

منابع

۱- ارزانی، ۱.، ۱۳۷۸. اصول اصلاح گیاهان زراعی (ترجمه)، نشر دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲- خندان، ع.، ق. سعیدی، ۱۳۸۳، بررسی خصوصیات زراعی، تنوع ژنتیکی و روابط بین صفات در لاین‌های حاصل ازتوده بومی بزرک در اصفهان. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۵، شماره ۱: ۱۶۶-۱۵۵.

۳- سعیدی، ق. و م. خدام باشی، ۱۳۸۵، ارزیابی صفات زراعی برخی ژنوتیپ‌های بزرک با کیفیت روغن خوراکی در دو تاریخ کاشت در شهرکرد، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱۰: ۳۱۹-۳۰۹.

۴- سعیدی، ق.، ز. عباسی و آ. میرلوحی، ۱۳۸۲. تنوع ژنتیکی، وراثت‌پذیری و روابط بین صفات زراعی در ژنوتیپ‌های بزرک (*Linum usitatissimum* L.) با رنگ بذر زرد و قهوه‌ای، علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۰: ۹۹-۱۱۴.
۵- سعیدی، ق.۱۳۸۰، بررسی تنوع ژنتیکی عملکرد دانه و دیگر ویژگی‌های زراعی در ژنوتیپ‌های بزرک با کیفیت روغن خوراکی و صنعتی در اصفهان، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۵: ۱۱۹-۱۰۷.
۶- قهرمان، ا. ۱۳۷۵، فلور رنگی ایران، انتشارات انجمن ملی حفاظت منابع طبیعی و محیط انسانی.
۷- کریمی، م. ۱۳۶۶، گزارش آب و هوای منطقه مرکزی ایران، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان.
۸- لکزیان، ا، ۱۳۶۸، چگونگی تحول ، تکامل و بررسی خصوصیات کانیهای رسی خاکهای سری خمینی‌شهر در مزرعه آزمایشی لورک نجف‌آباد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
9- Adugna, W. and M. T. Labuschagne. 2003. Cluster and canonical variate analysis in multi location trails of linseed. J. Agric. Sci. 140: 297-304.
10- Akbar, M., N. U. Islam and K. M. Sabir. 2001. Correlation and path coefficient studies in linseed. J. Biol. Sci. 1: 446-447.
11- Akbar, M., T. Mahmood, M. Anvar, M. Ali, M. Shafiq and G. Salim. 2003. Linseed improvement through genetic variability, correlation and path coefficient analysis. Int. J. Agric. Biol. 5: 303-305.
12- Anand, I. J. and B. R. Muety. 1968. Genetic divergence and hybrid performance in linseed. Indian J. Genet. Plant Breed. 28: 178-185.
13- Copur, O., M. A. Gur, M. Karakus and U. Demirel. 2006. Determination of correlation and path analysis among yield components and seed yield in oil flax varieties (*Linum usitatissimum* L.). J. Biol. Sci. 6: 738-743.
14- Goyal, S. N., B. M. Asawa, B. S.Tikk and S. N. Jaimini. 1982. Note on factor analysis in linseed. Indian J. Sci. 52: 860-861.
15- Green, A. G. and D. R. Marshal. 1981. Variation for oil quantity and quality in linseed (*Linum usitatissimum* L.). Aust. J. Agric. Res. 32: 599-607.
16- Hariri, D. M., M. S. Hassanein and H. H. Amna. 2004. Evaluation of some flax genotypes straw yield, yield components and technological characters. J. Natural Fibers 1: 1-12.
17- Jeswani, L. M., B. R. Murty and R. B. Mehra. 1970. Divergence in relation to geographical origin in a world collection of linseed. J Genet. Plant Breed. 30: 11-25.
18- Johnson, D. E. 1998. Applied multivariate methods for data analysis. Dunbury Press, New York.
19- Lafond, G. P., 1993. The effect of nitrogen, row spacing and seeding rate on the yield of flax under a zero-till production system. Can. J. Plant Sci. 73: 375-382.
20- Mahta, J. L., U. Choudbsry and S. N. Singh. 1995. Stability and genetic divergence in linseed (*Linum usitatissimum* L.) under rain fed situation. Indian J. Agric Sci. 65:602-604.
21- McHughen, A. 1993. Revitalization of ancient crop, exciting new developments in flax breeding. Plant Breed. Abst. 62: 1032-1036.
22- Naqvi, P. A., M. Rai and A. K. Vashishtha. 1987. Associations of different components seeds and oil in linseed. Indian J. Agric. Sci. 57: 231-236.
23- O'Connor, B. J. and L. V. Gusta. 1994. Effect of low temperature and seeding depth on the germination and emergences of seven flax (*Linum usitatissimum* L.) cultivars. Can. J. Plant Sci. 74: 247-253.
24- Rowland, G. G. and R. S. Bhatty. 1987. Vimy flax. Can. J. Plant Sci.67: 245-247.
25- Saeidi, G. and G. G. Rowland. 1999. Seed color and linolenic acid effects on agronomic traits in flax. Can. J. Plant Sci. 79: 521-526.
26- Salas, G. and W. Friedt. 1995. Comparison of pedigree selection and single seed descent for oil yield in linseed (*Linum usitatissimum* L.). Euphytica. 83: 25-32.
27- Stapathi, D., R. C. Mishra and B. S. Panda. 1987. Variability, correlation and path coefficient analysis in linseed. J. Oilseed Res. India 4: 28-34.
28- Tadesse, N., C. Lay and C. D. Dybing. 1997. Comparative seed yield performance of high-by-high and low-by-low cross in flax. Plant Breed. 116: 561-566.
29- The flax council of Canada. 1994. "Flax focus". The Flax Council of Canada Winipeg, MB. 7: 8pp.