

بررسی خصوصیات زراعی، تنوع ژنتیکی و روابط بین صفات در لاینهای حاصل از توده بومی بزرک در اصفهان

عاطفه خندان^۱ و قدرت‌اله سعیدی^۲

۱، ۲، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ پذیرش مقاله ۸۲/۴/۱۸

خلاصه

بزرک (*Linum usitatissimum* L.) گیاهی است دانه روغنی با سازگاری وسیع که روغن آن بسته به ژنوتیپ می‌تواند به مصارف صنعتی و یا خوراکی برسد. روغن ژنوتیپ‌های معمولی به لحاظ میزان بالای اسید چرب لینولنیک (> ۵۰٪) به عنوان روغن خشک‌شونده مصرف صنعتی دارد ولی روغن ژنوتیپ‌های جدید حاصل از برنامه‌های به‌نژادی دارای میزان اسید لینولنیک بسیار پایین (< ۲٪) و از نظر ترکیب اسیدهای چرب مشابه روغن آفتابگردان بوده و می‌تواند به مصارف خوراکی برسد. این مطالعه به منظور بررسی خصوصیات زراعی، تنوع ژنتیکی و روابط بین صفات در لاینهای حاصل از یک توده بومی بزرک در اصفهان انجام شد. در این پژوهش از طرح آماری ارزیابی مقدماتی آگمنت جهت ارزیابی تعداد ۱۰۰ لاین استفاده گردید. نتایج آزمایش بیانگر تنوع ژنتیکی بالا برای صفات تعداد بوته در متر مربع، تعداد کپسول در بوته، عملکرد دانه در بوته و در واحد سطح و تیپ رشدی بود. همچنین درصد روغن در ۲۰ لاین اندازه‌گیری و بین آنها تنوع بالایی از لحاظ این صفت مشاهده گردید (۴۰/۵-۳۶/۲٪). با استفاده از روش رگرسیون نتایج روی والد، مقادیر وراثت‌پذیری برای عملکرد دانه در بوته و اجزای آن برآورد شد که بیشترین و کمترین مقدار به ترتیب متعلق به ارتفاع بوته (۴۰٪)، عملکرد دانه در بوته و تعداد شاخه فرعی در بوته (هر دو ۱۲/۵٪) بدست آمد. با استفاده از روش تجزیه کلاستر لاین‌های حاصل از توده بومی به پنج گروه تقسیم‌بندی شدند. این گروه‌ها برای اکثر صفات بجز تعداد دانه در کپسول، وزن دانه، تعداد روز تا شروع و ۵۰ درصد گلدهی دارای تفاوت معنی‌دار بودند. دو گروه از آنها نیز دارای بیشترین عملکرد دانه در بوته و عملکرد دانه در واحد سطح ولی دارای کمترین تعداد بوته در واحد سطح بودند، که این نتایج بیانگر وجود پتانسیل بالای جبران عملکرد از طریق تولید شاخه فرعی و تعداد کپسول بیشتر در این لاینها می‌باشد. در این بررسی عملکرد دانه در بوته همبستگی بالا و مثبت با تعداد کپسول در بوته ($r = 0.92^{**}$) ولی همبستگی منفی و بالا با تعداد بوته در واحد سطح ($r = -0.53^{**}$) نشان داد. همچنین عملکرد دانه همبستگی مثبت و بالایی با عملکرد دانه در بوته ($r = 0.62^{**}$) داشت. نتایج تجزیه مسیر نیز نشان داد که تعداد کپسول در بوته دارای بیشترین تاثیر مستقیم بر عملکرد دانه در بوته بود. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول به ترتیب مهم‌ترین اجزای عملکرد دانه در بوته تعیین گردیدند ($R^2 = 0.94$) و تعداد کپسول در بوته به تنهایی بیشترین سهم را دارا بود ($R^2 = 0.85$).

واژه‌های کلیدی: بزرک، تنوع ژنتیکی، وراثت‌پذیری، همبستگی

مقدمه

لیفی آن به نام کتان، به ارقام دارای شاخه فرعی که به منظور تولید روغن کشت می‌شوند، اطلاق می‌گردد. مهم‌ترین مواد ذخیره ای دانه بزرک ۳۲-۴۴ درصد روغن، ۲۵ درصد پروتئین،

بزرک (*Linum usitatissimum* L.) گیاهی یکساله با دوره رشد حدود ۱۶۰-۱۰۰ روز می‌باشد که در مقایسه با نوع

مدیترانه و جنوب غربی آسیا می‌دانند و سابقه تاریخی کشت آن در ایران به حدود ۵۰۰۰ سال قبل از میلاد می‌رسد (۱۴)، توده‌های بومی این گیاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند و احتمالاً می‌توانند منشأ واریته‌های اصلاح شده مطلوب باشند. در کشور هند بسیاری از کالتیوارهای اصلاح شده بزرک از طریق انتخاب مستقیم از نژادهای محلی یا تلاقی آنها بدست آمده است (۷). اهداف اصلاحی اصلی در گیاه بزرک عموماً شامل بهبود و افزایش عملکرد دانه، مقدار روغن، کیفیت روغن، زودرسی، مقاومت به بیماریها، ارتفاع بوته مناسب و اندازه بذر است (۱۶) و لذا وجود تنوع ژنتیکی کافی خصوصاً تنوع ناشی از اثرات افزایشی ژنها برای این صفات لازمه برنامه‌های به‌نژادی و تولید واریته‌های اصلاح شده می‌باشد. با افزایش تنوع ژنتیکی، میزان بهبود ژنتیکی یا بازدهی ناشی از انتخاب افزایش می‌یابد. در پژوهش‌های انجام شده در مورد ژنوتیپ‌های خارجی گیاه بزرک، تنوع ژنتیکی بالایی برای صفات زراعی از جمله عملکرد دانه و تعداد روز تا مرحله رسیدگی (۲۰) و عملکرد دانه اجزای آن شامل تعداد کپسول در بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، وزن دانه و تعداد دانه در کپسول (۷، ۸) گزارش گردیده است. در ضمن جهت افزایش بازدهی انتخاب به منظور بهبود عملکرد دانه، امکان انتخاب غیر مستقیم برای اجزای آن مشروط به اینکه اجزای دارای تنوع ژنتیکی بیشتر و وراثت‌پذیری بالاتری نسبت به خود عملکرد دانه باشند و ضمناً رابطه ژنتیکی مثبت و بالا بین آنها و عملکرد دانه وجود داشته باشد، وجود دارد. لذا این مطالعه به منظور بررسی خصوصیات و تنوع ژنتیکی برای صفات زراعی مختلف از جمله عملکرد دانه و اجزای آن، بررسی روابط بین صفات و نحوه تأثیر آنها بر عملکرد دانه در لاینهای حاصل از یک توده بومی بزرک انجام گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان در منطقه لورک شهرستان نجف آباد در سال ۱۳۷۹ انجام گردید. منطقه لورک دارای مختصات طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی می‌باشد. متوسط بارندگی و درجه حرارت سالیانه منطقه به

موسین‌ها، ویتامین‌ها (A و E) و سیانوگلیکوسیدها می‌باشند (۱۰). علاوه بر تولید روغن، کنجاله آن به عنوان یک منبع تأمین پروتئین درجیره غذایی دامها و طیور استفاده می‌شود. از دانه بزرک در تولید نان به منظور بهبود خاصیت هضم و محتوای پروتئین، از الیاف آن در صنایع کاغذ برای تولید کاغذ های محکم و بادوام مثل کاغذ اسکناس و از فیبرهای کوتاه آن به عنوان جایگزینی برای پنبه نسوز استفاده می‌شود (۱۰). همچنین استفاده از دانه و روغن آن بعنوان داروی گیاهی دارای تاریخچه‌ای طولانی می‌باشد.

روغن ژنوتیپ‌های معمولی بزرک به خاطر میزان بالای اسید چرب غیر اشباع لینو لنیک (>۵۰٪) حساسیت زیادی به اکسید شدن دارد که پس از روغن کشتی موجب ایجاد طعم و بوی نامطبوع روغن و کاهش قابلیت نگهداری آن می‌شود و لذا صرفاً به عنوان روغن خشک شونده به مصارف صنعتی می‌رسد (۲۶). امروزه در کشورهای کانادا و استرالیا با استفاده از پروژه‌های اصلاحی موتاسیون، ژنوتیپ‌هایی از بزرک با اسید لینولنیک کمتر از ۵٪ و لینولنیک حدود ۷۰٪ تولید شده که روغن آنها از نظر کیفیت اسیدهای چرب شبیه روغن آفتابگردان بوده و به عنوان روغن خوراکی قابل استفاده است. کاهش میزان این اسید چرب در لاینهای جدید تحت کنترل دو ژن مغلوب بوده که به راحتی قابل انتقال به ژنوتیپ‌های دیگر می‌باشد (۱۳، ۲۶).

در ایران مطالعات کافی جهت تولید و معرفی ارقام بزرک انجام نشده و شاید علت آن عدم قابلیت استفاده از روغن آن جهت مصارف خوراکی بوده است. در حال حاضر با توجه به در دسترس بودن ژنهای مربوطه (لاینهای با کیفیت روغن خوراکی) و امکان تولید ارقام با کیفیت روغن خوراکی بزرک در ایران، انجام برنامه‌های به‌نژادی و استفاده از توده‌های بومی این گیاه ضروری به نظر می‌رسد. جوامع یا توده‌های بومی شامل مخلوطی از ژنوتیپ‌های مختلف هستند که همه آنها به میزان قابل توجهی به ناحیه‌ای که در آن تکامل یافته‌اند سازگاری دارند و به دلیل قدمت و سازگاریشان به شرایط زیستی و عوامل نامساعد محیطی منطقه دارای مناسب‌ترین ژنها بوده و تنوع ژنتیکی مورد نیاز اصلاحگران را تأمین می‌نمایند. با توجه به اینکه منشأ جغرافیایی و اهلی شدن گیاه بزرک را نواحی شرق دریای

اندازه‌گیری قرار گرفت و متوسط آن برای هر لاین منظور گردید. در ضمن لاینها نیز در مراحل آخر رشد بر اساس میزان ورس یا خوابیدگی طبقه‌بندی شدند (۹). در هنگام برداشت نهایی، نمونه‌های تصادفی شامل حدود ۱۵ گیاه از هر واحد آزمایشی برداشت شد تا صفات عملکرد دانه در بوته، تعداد شاخه‌های فرعی قاعده‌ای در بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد کپسول در هر شاخه فرعی، تعداد دانه در کپسول و وزن صد دانه اندازه‌گیری شود. جهت تعیین عملکرد دانه هر لاین نیز کل بوته‌های هر لاین برداشت و پس از خشک شدن خرمنکوبی و بوجاری گردید. درصد روغن برای ۲۰ لاین با استفاده از روش سوکسله و ضریب شکست و عدد یدی به ترتیب با استفاده از دستگاه رفاکتومتر و فرمول ویجس (۲۵) برای ۵ لاین اندازه‌گیری و محاسبه شد. جهت مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها، به شرط معنی‌دار بودن اثر ژنوتیپ‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) استفاده و در ضمن میانگین صفات لاینهای مورد ارزیابی در صورت لزوم برای اثر بلوکهای ناقص تصحیح گردید. به منظور بررسی روابط بین صفات و نحوه تاثیر آنها بر یکدیگر، ضرایب همبستگی بین صفات محاسبه و تجزیه ضرایب مسیر انجام شد. همچنین بمنظور تعیین سهم نسبی اجزای عملکرد در عملکرد دانه از روش تجزیه رگرسیون مرحله‌ای استفاده شد. بمنظور برآورد وراثت پذیری خصوصی صفات ارتفاع، عملکرد دانه در بوته و اجزای آن با توجه به اینکه در سال قبل این صفات بر روی والدین لاینهای مورد ارزیابی اندازه‌گیری شده بود، از روش رگرسیون نتاج روی والدین استفاده گردید (۶). تجزیه خوشه‌ای لاینها نیز با استفاده از روش وارد و مربع فاصله اقلیدسی بر اساس صفات زراعی انجام شد. جهت محاسبات آماری داده‌ها از نرم افزار کامپیوتری SAS و SPSS استفاده شد.

نتایج و بحث

در ژنوتیپ‌های شاهد، میانگین تعداد روز از کاشت تا شروع سبز شدن برای توده بومی (۱۳/۵ روز) بطور متوسط و معنی‌دار ۳ روز کمتر از لاین‌های اصلاحی خارجی بود (جدول ۱). همچنین میانگین تعداد روز تا شروع سبز شدن در لاین‌های حاصل از توده بومی برابر ۱۴ و بین ۱۲ تا ۱۷ روز تغییرات

ترتیب ۱۴۰ میلیمتر و ۱۴/۵ درجه سانتیگراد است. این منطقه دارای آب و هوای نیمه خشک و گرم با زمستان‌های نیمه سرد می‌باشد (۱). خاک محل آزمایش دارای بافت لومی رسی با جرم مخصوص ظاهری ۱/۴ گرم بر سانتیمتر، اسیدیته ۷/۸ و قابلیت هدایت الکتریکی حدود ۱/۶۵ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد.

در این آزمایش تعداد ۱۰۰ لاین حاصل از یک توده بومی بزرگ از استان اصفهان (منطقه شهرضا) با استفاده از طرح آگمنت یا طرح ارزیابی مقدماتی عملکرد برای صفات زراعی مختلف مورد ارزیابی قرار گرفتند (۲). به منظور برآورد خطا و کنترل اثرات بلوکهای ناقص، از ۵ ژنوتیپ شاهد شامل سه لاین اصلاحی بزرگ با کیفیت روغن خوراکی به نامهای CDC1747، SP1091، SP1066 و یک لاین اصلاحی با کیفیت روغن صنعتی به نام F88042 و خود توده بومی مورد استفاده قرار گرفت. عملیات آماده‌سازی زمین در اوایل فصل رویش انجام گردید و به منظور تأمین عناصر غذایی گیاه، مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیوم قبل از کاشت با خاک مخلوط شد. در هر بلوک ناقص (جمعا ۴ بلوک) تعداد ۲۵ لاین به همراه ژنوتیپ‌های شاهد در بیستم فروردین ۱۳۷۹ کشت گردید. بذور هر لاین در یک ردیف به طول ۳/۵ متر، با تعداد حدود ۳۵۰ بذر در هر ردیف و با فاصله ردیف ۳۰ سانتیمتر کشت شد. عملیات داشت شامل آبیاری، کوددهی و کنترل علف‌های هرز در طی آزمایش به نحو مطلوب انجام گردید. آبیاری بر حسب نیاز گیاه و شرایط آب و هوایی هر ۸-۱۰ روز یکبار انجام شد. جهت تأمین نیتروژن مورد نیاز، به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به صورت سرک قبل از گلدهی مورد استفاده قرار گرفت و کنترل علف‌های هرز در مواقع لزوم به صورت دستی انجام گردید.

طی مراحل مختلف آزمایش، صفات تعداد روز تا شروع سبز شدن، تعداد روز تا شروع گلدهی و ۵۰٪ گلدهی و همچنین تعداد روز تا مرحله رسیدگی (تعداد روز از کاشت تا موقعی که حدود ۷۵ درصد کپسول‌ها در هر واحد آزمایشی کاملاً قهوه‌ای شده بودند و با تکان دادن گیاهان در هر ردیف صدای حرکت دانه‌ها در کپسول‌ها شنیده می‌شد) بطور مشاهده‌ای برای هر لاین ثبت گردید. ارتفاع بوته برای هر لاین در چند محل تصادفی از هر واحد آزمایشی و در زمان برداشت نهایی مورد

قابل توجهی دوره رشد کوتاهتری نسبت به توده بومی و همچنین لاینهای حاصل از آن داشتند. وجود تنوع ژنتیکی برای طول دوره رشد امکان تولید ژنوتیپ‌های با طول دوره رشد کوتاهتر و زودرس را برای مناطقی که زودرسی مطلوب است، امکان پذیر می‌نماید. در مطالعات دیگر نیز تنوع ژنتیکی برای طول دوره رشد در گیاه بزرگ گزارش گردیده است (۲۲).

با توجه به اینکه اثر بلوکهای ناقص برای صفت ارتفاع بوته معنی‌دار بود، لذا ارتفاع بوته لاینها برای اثر بلوکها تصحیح گردید. میانگین ارتفاع بوته برای لاینهای اصلاحی خارجی و توده بومی بین ۵۶ تا ۶۲ سانتیمتر تغییرات داشت ولی تفاوت معنی‌داری بین آنها مشاهده نگردید (جدول ۱). ارتفاع بوته در لاینهای حاصل از توده بومی دارای میانگین برابر ۶۳ سانتیمتر و بین ۴۴ تا ۷۸/۶ سانتیمتر تغییرات نشان داد. علیرغم اینکه ضریب تنوع فنوتیپی برای این صفت پایین بود (جدول ۲)، ولی با توجه به مقدار حداقل تفاوت معنی‌دار ($LSD = 14/9$) برای ارتفاع بوته، لاینهای حاصل از توده بومی برای این صفت دارای تنوع ژنتیکی بودند و امکان انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب از نظر ارتفاع بوته و مقاومت به ورس جهت برداشت مکانیزه وجود دارد. لازم به ذکر است که در لاینهای خارجی مشکلی از نظر ورس وجود نداشت، ولی در توده بومی از نظر تیپ رشد، تنوع قابل ملاحظه‌ای مشاهده شد بطوریکه لاینها به چهار گروه تقریباً راست، کم و بیش راست، کم و بیش افتاده و تقریباً افتاده به ترتیب با فراوانی نسبی ۲۹/۶، ۱۹/۴، ۲۸/۷ و ۲۲/۳ درصد تقسیم شدند. با توجه به اینکه تنوع زیادی برای صفت ارتفاع بوته بین لاینها مشاهده نگردید، بنظر می‌رسد علت ورس بعضی از لاینها صرفاً در ارتباط با ارتفاع بوته آنها نبوده و احتمالاً تعداد شاخه‌های فرعی پایه‌ای زیاد و استحکام کم ساقه‌ها نقش بیشتری داشته‌اند.

بین ژنوتیپ‌های شاهد از لحاظ صفت عملکرد دانه در بوته تفاوت معنی‌دار مشاهده گردید. ژنوتیپ F88042 دارای بیشترین عملکرد دانه در بوته و ژنوتیپ SP1066 دارای حداقل عملکرد دانه در بوته بود (جدول ۱). متوسط عملکرد دانه در بوته لاینهای حاصل از توده بومی برابر ۱/۹ گرم و بین ۰/۱۳ تا ۹/۱۱ گرم تغییرات داشت. در پژوهش دیگری در گیاه بزرگ متوسط عملکرد دانه در بوته برابر ۶/۷ گرم و با دامنه تغییرات ۴/۶ تا ۷/۸ گزارش گردیده است (۱۲). در این مطالعه عملکرد

داشت (جدول ۲). با توجه به معنی‌دار بودن تفاوت بین لاینهای حاصل از توده بومی، تنوع ژنتیکی برای این صفت وجود داشت و اکثر لاینهای حاصل از توده بومی نسبت به لاینهای اصلاحی خارجی دارای سرعت سبز شدن و بنیه بذر بیشتری بودند. بذور با بنیه بالا دارای سرعت و یکنواختی سبز شدن بیشتری هستند و در دامنه‌ای وسیع از شرایط مزرعه تراکم بوته مناسب و یکنواخت‌تری ایجاد می‌نمایند (۴). میانگین تعداد بوته در متر مربع برای لاینهای اصلاحی خارجی که از لحاظ این صفت دارای تفاوت معنی‌دار نبودند، برابر ۴۲/۶ و برای توده بومی ۱۲۲/۵ بود (جدول ۱) و از لحاظ این صفت، بین توده بومی و لاینهای اصلاحی خارجی اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید. تعداد بوته در متر مربع برای لاینهای حاصل از توده بومی دارای میانگین برابر ۱۱۳/۹ و بین ۱۶/۷ تا ۲۶۶/۷ تغییرات داشت. معنی‌دار بودن تفاوت بین لاینها از لحاظ این صفت و همچنین ضریب تنوع فنوتیپی بالا (جدول ۲) بیانگر وجود تنوع ژنتیکی قابل توجه برای میزان سبز شدن در بین لاینهای حاصل از توده بومی می‌باشد و می‌توان از این تنوع در برنامه‌های به‌نژادی جهت بهبود این صفت استفاده نمود. سبز شدن، استقرار گیاهچه و تعداد مناسب گیاه در واحد سطح یکی از فاکتورهای مهم تعیین‌کننده حداکثر عملکرد دانه می‌باشد.

برای صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی و مرحله رسیدگی بین لاینهای اصلاحی خارجی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، درحالیکه توده بومی از نظر این دو صفت تفاوت معنی‌داری با لاینهای اصلاحی خارجی نشان داد (جدول ۱). به طور متوسط، لاینهای اصلاحی خارجی حدود ۷۸ روز پس از کاشت به مرحله ۵۰ درصد گلدهی و حدود ۱۱۰ روز پس از کاشت، به مرحله رسیدگی رسیدند، در صورتیکه تعداد روز از کاشت تا ۵۰٪ گلدهی و مرحله رسیدگی در توده بومی به عنوان ژنوتیپ شاهد به ترتیب ۸۳ و ۱۳۶ روز بود (جدول ۱). در لاینهای حاصل از توده بومی، میانگین تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی برابر ۸۳ و در دامنه بین ۷۸ تا ۹۰ روز و میانگین تعداد روز تا مرحله رسیدگی برابر ۱۳۶ و بین ۱۲۴ تا ۱۵۷ روز متغیر (جدول ۲) و بین لاینهای حاصل از توده بومی تفاوت معنی‌داری برای این صفات وجود داشت. با توجه به شرایط آب و هوایی کانادا که زودرسی یکی از اهداف اصلی پروژه‌های اصلاحی بزرگ می‌باشد، لاینهای اصلاحی تهیه شده از آنجا به مقدار

جدول ۱- میانگین صفات مختلف در ژنوتیپهای شاهد

| ژنوتیپ | شروع سبز شدن | تعداد بوته در متر مربع | شروع تا ۵۰ درصد گلدهی | تعداد روز تا ارتفاع بوته | تعداد شاخه در فرعی بوته | تعداد کپسول در شاخه فرعی بوته | وزن صد دانه | تعداد دانه عملکرد دانه | عملکرد دانه در متر مربع |
|------------|-------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|
| F88042 | ۱۶۲ ^{bc} | ۴۵ ^b | ۶۵/۵ ^b | ۵۷/۷ ^a | ۵۳ ^{ab} | ۱۸۳ ^{ab} | ۰/۵۲۴ ^a | ۹۷/۹ ^a | ۵۶/۱ ^{ab} |
| CDC1747 | ۱۵۳ ^b | ۵۰ ^b | ۶۴/۷ ^b | ۶۱/۰ ^a | ۳/۹ ^b | ۲۱/۸ ^a | ۰/۴۱۹ ^b | ۸۴/۹ ^a | ۸۲/۱ ^b |
| SP1091 | ۱۶۷ ^{bc} | ۳۶ ^b | ۶۶/۳ ^{ab} | ۶۲/۰ ^a | ۴/۲ ^b | ۲۴/۸ ^a | ۰/۴۳۱ ^b | ۱۰۷/۱ ^a | ۷۰/۱ ^{ab} |
| SP1066 | ۱۶۷ ^c | ۴۰ ^b | ۷۲/۰ ^c | ۵۵/۷ ^a | ۵۳ ^{ab} | ۱۷/۸ ^{ab} | ۰/۳۹۳ ^b | ۸۵/۱ ^a | ۴۰/۱ ^a |
| توده بومی | ۱۳/۵ ^a | ۱۲۳ ^a | ۶۸/۰ ^a | ۶۱/۷ ^a | ۶۷ ^a | ۱۲/۴ ^b | ۰/۴۹۳ ^a | ۷۹/۵ ^a | ۴۷/۶ ^{ab} |
| LSD (۰/۰۵) | ۱/۳ | ۴۵ | ۲/۳ | ۷/۱ | ۱/۹ | ۸/۷ | ۰/۰۴۱ | ۵۰/۹ | ۳۹/۶ |

در هر ستون میانگین هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارند.

جدول ۲ - نتایج مربوط به صفات مورد مطالعه در ۱۰۰ لاین حاصل از توده بومی

| ضریب تغییرات (%) | LSD (۰/۰۵) | دامنه | میانگین | صفت |
|------------------|------------|-------------|---------|------------------------------|
| ۷/۳ | ۲ | ۱۲-۱۷ | ۱۴ | تعداد روز تا شروع سبز شدن |
| ۴۲/۵ | ۹۶ | ۱۷-۲۶۷ | ۱۱۴ | تعداد بوته در متر مربع |
| ۵/۴ | ۷/۶ | ۶۳-۷۸ | ۷۰ | تعداد روز تا شروع گلدهی |
| ۳/۳ | ۵/۵ | ۷۸-۹۰ | ۸۳ | تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی |
| ۶/۰ | ۱۶/۳ | ۱۲۳-۱۵۷ | ۱۳۶ | تعداد روز تا مرحله رسیدگی |
| ۱۱/۹ | ۱۴/۹ | ۴۳/۸-۷۸/۶ | ۶۳/۲ | ارتفاع بوته (سانتیمتر) |
| ۷۴/۷ | ۱۴۹ | ۱۵/۲-۴۰۰ | ۱۰۰/۴ | تعداد کپسول در بوته |
| ۸۰/۶ | ۱۹ | ۳/۱-۷۳/۳ | ۱۱/۸ | تعداد کپسول در شاخه فرعی |
| ۳۳/۱ | ۵/۵ | ۴/۳-۱۹/۲ | ۸/۳ | تعداد شاخه فرعی در بوته |
| ۲۶/۴ | ۱/۹ | ۱/۴-۶/۲ | ۳/۷ | تعداد دانه در کپسول |
| ۸/۳ | ۰/۰۸۱ | ۰/۴۶۰-۰/۷۱۱ | ۰/۵۲۰ | وزن صد دانه (گرم) |
| ۸۳/۸ | ۳/۲ | ۰/۱۳-۹/۱۱ | ۱/۹۱ | عملکرد دانه در بوته (گرم) |
| ۶۲/۳ | ۹۱/۸ | ۱۱/۱-۲۴۱/۱ | ۷۴/۱ | عملکرد دانه در مترمربع (گرم) |
| ۷۰/۶ | ۱۳۲۷۳ | ۲۲۱۲-۳۶۳۶۰ | ۹۴۶۰ | تعداد کپسول در متر مربع |

نتایج رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد دانه در بوته (جدول ۵) نشان داد که تعداد کپسول در بوته به تنهایی ۸۵ درصد از تغییرات عملکرد دانه در بوته را توجیه نمود. بنابراین این صفت مهم‌ترین جزء عملکرد دانه بزرگ می‌باشد که عملکرد دانه در بوته را تحت تأثیر قرار می‌دهد. دو جزء تعداد دانه در کپسول و تعداد کپسول در بوته جمعاً حدود ۹۴ درصد از تغییرات عملکرد دانه در بوته را موجب شده بودند. نتایج نشان می‌دهد که صفت وزن دانه تأثیر چندانی بر تغییرات عملکرد دانه در بوته نداشته

دانه در بوته به عنوان مهم‌ترین جزء عملکرد دارای تنوع زیادی بود (جدول ۲) و وجود این تنوع برای متخصصین به‌نژادی به معنای امکان انتخاب لاین‌های برتر از نظر عملکرد دانه در بوته می‌باشد. از لحاظ عملکرد دانه نیز میان ژنوتیپ‌های شاهد تفاوت معنی‌دار مشاهده شد و ژنوتیپ‌های SP1066 و CDC1747 به ترتیب دارای حداقل و حداکثر عملکرد دانه بودند (جدول ۱). میانگین عملکرد دانه در لاین‌های حاصل از توده بومی ۷۴/۱۵ گرم در هر متر مربع، در دامنه ۱۱/۱ تا ۲۴۱/۲ متغیر و بین لاین‌های حاصل از توده بومی از لحاظ این صفت تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول ۲). حدود ۶۸٪ لاین‌ها در مقایسه با خود توده بومی دارای عملکرد دانه بیشتری بودند و عملکرد دانه آنها بین ۴۷/۸ تا ۲۴۱/۲ گرم در متر مربع تغییرات نشان داد. درصد روغن برای ۲۰ لاین برتر از لحاظ عملکرد دانه بین ۳۶/۲-۴۰/۵٪ تغییرات داشت (جدول ۳). در مطالعه دیگری در کانادا درصد روغن برای واریته اصلاح شده فلاندرز برابر ۴۳ بدست آمده است (۲۴). در این مطالعه نیز واریته فلاندرز به عنوان واریته شاهد دارای درصد روغن برابر ۴۲ درصد بود (جدول ۳). عدد یدی نیز برای ۵ لاین مورد مطالعه بین ۱۹۴/۸-۱۷۷/۶ متغیر بود (جدول ۴). در صنعت جلا دادن (روغن جلا)، به‌منظور سریع اکسید شدن روغن، عدد یدی بالا مطلوبتر است. ولی جهت مصارف خوراکی و در صنایع غذایی، روغن با عدد یدی بالا نامطلوب می‌باشد (۱۰). مقادیر بالای عدد یدی در لاین‌های شماره ۲۷، ۸۳ و ۲۱ نشان می‌دهد که لاین‌های فوق‌الذکر دارای کیفیت روغن بالایی برای مصارف صنعتی می‌باشند.

مطالعه نیز همانند مطالعات دیگر (۱۸، ۱۹) همبستگی معنی‌دار بین تعداد بوته در متر مربع و هر کدام از صفات تعداد دانه در کپسول و وزن دانه مشاهده نگردید. همبستگی عملکرد دانه با صفات تعداد کپسول در بوته و تعداد شاخه فرعی در بوته متوسط و معنی‌دار ولی با وزن دانه همبستگی نشان نداد. مشاهده همبستگی مثبت بین تعداد شاخه فرعی در بوته و تعداد کپسول در بوته و همبستگی منفی بین تعداد دانه در کپسول و وزن دانه با نتایج پژوهش‌های دیگر نیز مطابقت دارد (۵). ضرایب همبستگی (جدول ۶) نشان می‌دهد که در مقایسه با تعداد شاخه فرعی در بوته عملکرد دانه در بوته بیشتر تحت تاثیر تعداد کپسول در هر شاخه فرعی قرار گرفته است.

جدول ۳ - درصد روغن دانه مربوط به ژنوتیپ‌های مختلف

| ژنوتیپ | درصد روغن |
|----------------------|-----------|
| IF۲۷ | ۳۶/۲ |
| IF۸۳ | ۳۶/۲ |
| IF۷۳ | ۳۶/۶ |
| IF۱۱۷ | ۳۶/۸ |
| IF۲۱ | ۳۶/۹ |
| IF۹۷ | ۳۶/۹ |
| IF۱۰۰ | ۳۷/۰ |
| IF۴۱ | ۳۷/۱ |
| IF۹ | ۳۷/۶ |
| IF۷۶ | ۳۷/۶ |
| IF۴۲ | ۳۷/۸ |
| IF۳ | ۳۷/۹ |
| IF۲۶ | ۳۸/۱ |
| IF۹۳ | ۳۸/۱ |
| IF۷۹ | ۳۸/۴ |
| IF۶۹ | ۳۸/۵ |
| IF۳۴ | ۳۸/۶ |
| IF۱۲۴ | ۳۹/۲ |
| IF۸۸ | ۴۰/۰ |
| IF۶ | ۴۰/۵ |
| واريته فلاندرز(شاهد) | ۴۲ |

است. مشاهده عدم وجود همبستگی معنی‌دار بین وزن صد دانه با عملکرد دانه در بوته و ضریب همبستگی بالای تعداد کپسول در بوته با عملکرد دانه در بوته ($r=0/92^{**}$) و ضریب همبستگی متوسط بین صفت تعداد دانه در کپسول و عملکرد دانه در بوته ($r=0/44^{**}$) نیز نشان می‌دهد که نتایج ضرایب همبستگی با تجزیه رگرسیون مرحله‌ای و نتایج پژوهش‌های دیگر مطابقت دارد (۵، ۲۳). با توجه به اینکه تعداد کپسول در بوته مهم‌ترین جزء عملکرد دانه در بوته است و در این مطالعه نیز دارای تنوع ژنتیکی زیادی بود، می‌توان نتیجه گرفت که این صفت معیار خوبی برای انتخاب جهت افزایش عملکرد دانه باشد. نتایج تجزیه رگرسیون برای عملکرد دانه به عنوان متغیر تابع (جدول ۵) نیز نشان داد که عملکرد دانه در بوته به تنهایی ۳۶ درصد و به همراه تعداد دانه در کپسول ۴۷ درصد از تغییرات عملکرد دانه را موجب گردیده است. در ضمن ضریب همبستگی مثبت نسبتاً بالا بین صفت عملکرد دانه با هر کدام از صفات عملکرد دانه در بوته ($r=0/60^{**}$) و تعداد دانه در کپسول ($r=0/48^{**}$) مشاهده گردید و این نتایج با پژوهش‌های دیگر در یک راستا می‌باشد (۳). علیرغم اینکه در این مطالعه تنوع بالایی برای عملکرد دانه در بوته مشاهده شد ولی به دلیل اثرات مستقیم و غیرمستقیم اجزای دیگر سهم این صفت در تغییرات عملکرد دانه قابل توجه نبود.

مشاهده ضریب همبستگی منفی و معنی‌دار بین تعداد بوته در متر مربع و هر کدام از صفات تعداد کپسول در بوته، تعداد کپسول در شاخه فرعی، تعداد شاخه فرعی در بوته، ارتفاع بوته و عملکرد دانه در بوته (جدول ۶) بدین معنی است که با افزایش تراکم بوته، رشد و تولید شاخه فرعی در بوته‌ها محدود شده و لذا تعداد کپسول کمتری در هر بوته تولید و نهایتاً عملکرد دانه در بوته کاهش یافته است. همبستگی منفی بین هر کدام از صفات عملکرد دانه در بوته و تعداد کپسول در بوته با تراکم بوته در مطالعات دیگر نیز گزارش گردیده است (۱۸). گیاه بزرگ از طریق تعداد کپسول در بوته دارای ظرفیت جبرانی زیادی برای عملکرد دانه است و در تراکم‌های بوته متفاوت عملکرد دانه نسبتاً یکسان تولید می‌نماید، ولی تعداد دانه در کپسول و وزن صد دانه تحت تاثیر تراکم بوته قرار نمی‌گیرند (۱۹). در این

بوته نداشته است. صفت تعداد بوته در متر مربع اثر مستقیم ناچیزی روی عملکرد دانه در بوته داشت، در صورتیکه این صفت همبستگی منفی بالا و معنی داری با عملکرد دانه در بوته ($r = -0.53^{***}$) نشان داد. نتایج نشان می‌دهد که همبستگی منفی بین تعداد بوته در متر مربع و عملکرد دانه در بوته اساساً از طریق اثر غیر مستقیم منفی این صفت روی تعداد کپسول در بوته بوده است. تعداد شاخه فرعی در بوته همبستگی مثبت و نسبتاً بالایی با عملکرد دانه در بوته نشان داد (جدول ۶)، در حالی که اثر مستقیم آن روی عملکرد دانه در بوته ناچیز بود. لذا تعداد شاخه فرعی در بوته به طور غیر مستقیم از طریق افزایش تعداد کپسول در بوته باعث افزایش عملکرد دانه در بوته گردیده است (جدول ۷). وزن دانه همبستگی ناچیزی با عملکرد دانه در بوته نشان داد و اثرات مستقیم و غیر مستقیم آن از طریق سایر صفات روی عملکرد دانه در بوته نیز ناچیز بود. بنابراین، این جزء عملکرد تأثیر چندانی روی عملکرد دانه در بوته نداشته است. با توجه به اثر مستقیم و زیاد تعداد کپسول در بوته، بنظر می‌رسد بهبود این صفت موجب افزایش عملکرد دانه در بوته گردد. نتایج بدست آمده در این مطالعه با نتایج دیگر محققان مبنی بر اینکه صفت تعداد کپسول در بوته دارای بیشترین تأثیر مستقیم بر عملکرد دانه در بوته می‌باشد، مطابقت دارد (۱۷، ۲۳). تعداد کپسول در بوته نه تنها دارای بزرگترین اثر مستقیم روی عملکرد دانه در بوته می‌باشد بلکه اجزاء دیگر نیز از طریق تأثیر مثبت بر آن بر عملکرد دانه تأثیر می‌گذارند (۲۳).

جدول ۴- مقادیر ضریب شکست و عدد یدی روغن بزرک

| ژنوتیپ | ضریب شکست | عدد یدی |
|--------|-----------|---------|
| IF21 | ۱/۴۸۱ | ۱۸۶/۲ |
| IF3 | ۱/۴۸۰ | ۱۷۷/۶ |
| IF34 | ۱/۴۸۰ | ۱۷۷/۶ |
| IF83 | ۱/۴۸۱ | ۱۸۶/۲ |
| IF27 | ۱/۴۸۲ | ۱۹۴/۸ |

$$JV(wijs) = 8574/97_{nD}^{25} - 12513/3$$

nD = ضریب شکست روغن

ضمن مطالعه همبستگی بین صفات، تجزیه مسیر روش مناسبی برای تعیین سهم اثرات مستقیم و غیر مستقیم یک متغیر روی متغیر دیگر می‌باشد (۱۷). با توجه به نتایج تجزیه مسیر (جدول ۷)، تعداد کپسول در بوته دارای بیشترین اثر مستقیم مثبت روی عملکرد دانه در بوته بود و این طور نتیجه‌گیری می‌شود که همبستگی بالای تعداد کپسول در بوته با عملکرد دانه در بوته عمدتاً از طریق اثر مستقیم تعداد کپسول می‌باشد. تأثیر غیر مستقیم تعداد کپسول در بوته از طریق صفات دیگر بر عملکرد دانه در بوته بسیار ناچیز بود و لذا چنانچه تعداد کپسول در بوته به نحوی افزایش یابد، بنظر می‌رسد اجزای دیگر تحت تأثیر قرار نخواهند گرفت. پس از تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول دارای بیشترین اثر مستقیم روی عملکرد دانه بود (جدول ۷) و اثرات غیر مستقیم آن نیز از طریق سایر صفات تأثیر چندانی روی عملکرد دانه در

جدول ۵ - نتایج تجزیه رگرسیون مرحله‌ای برای تعیین سهم نسبی اجزای عملکرد دانه و عملکرد بوته در بوته

| متغیر مستقل | مقدار ثابت | عملکرد دانه | | |
|------------------------|------------|-------------|--------|--------|
| | | b3 | b2 | b3 |
| عملکرد دانه در بوته | ۴۱/۳** | | | |
| تعداد دانه در کپسول | -۱۵/۴ | | ۱۶/۷** | |
| تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی | ۳۷۰/۷** | -۴/۴** | ۱۲/۹** | ۱۳/۲** |
| عملکرد دانه در بوته | | | | |
| تعداد کپسول در بوته | -۰/۰۷ | | | ۰/۰۲** |
| تعداد دانه در کپسول | -۱/۹۲ | | ۰/۴۹** | ۰/۰۲** |

** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین صفات (n=100)

| صفات | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۲ | ۱۳ | ۱۴ |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|-------|---------|-------|--------|--------|----|
| ۱- روز تا شروع سبز شدن | | | | | | | | | | | | | | |
| ۲- تعداد گیاهچه در متر مربع | -۰/۴۶** | | | | | | | | | | | | | |
| ۳- روز تا شروع گلدهی | -۰/۰۳ | ۰/۰۳ | | | | | | | | | | | | |
| ۴- روز تا ۵۰٪ گلدهی | -۰/۲۰* | ۰/۰۷ | ۰/۶۸** | | | | | | | | | | | |
| ۵- روز تا رسیدگی | ۰/۰۵ | -۰/۱۴ | ۰/۲۷** | ۰/۳۶** | | | | | | | | | | |
| ۶- ارتفاع بوته | ۰/۴۴** | -۰/۳۰** | ۰/۱۲ | ۰/۰۲ | ۰/۳۸** | | | | | | | | | |
| ۷- تعداد کپسول در بوته | ۰/۳۵** | -۰/۵۵** | -۰/۰۱ | -۰/۱۲ | ۰/۳۰** | ۰/۳۰* | | | | | | | | |
| ۸- تعداد کپسول در انشعاب | ۰/۳۳** | -۰/۴۵** | -۰/۱۰ | -۰/۱۴ | ۰/۲۱* | ۰/۲۳* | ۰/۸۴** | | | | | | | |
| ۹- تعداد انشعاب در بوته | ۰/۱۷ | -۰/۳۸** | ۰/۲۰* | ۰/۰۶ | ۰/۲۲* | ۰/۲۰* | ۰/۴۹** | ۰/۰۶ | | | | | | |
| ۱۰- تعداد دانه در کپسول | -۰/۰۷ | ۰/۱۶ | -۰/۲۷** | -۰/۳۵** | -۰/۳۹** | -۰/۳۴** | -۰/۰۶ | -۰/۱۹ | ۱ | | | | | |
| ۱۱- وزن صد دانه | ۰/۰۳ | -۰/۲۰* | ۰/۰۵ | -۰/۰۴ | -۰/۰۳ | ۰/۱۲ | ۰/۰۹ | ۰/۰۴ | ۰/۱۸ | -۰/۲۱* | | | | |
| ۱۲- عملکرد دانه در بوته | ۰/۳۷** | -۰/۵۳** | -۰/۱۲ | -۰/۲۷** | ۰/۱۴ | ۰/۲۱* | ۰/۹۲** | ۰/۷۴** | ۰/۲۵* | ۰/۰۸ | ۱ | | | |
| ۱۳- عملکرد دانه در متر مربع | ۰/۳۵** | -۰/۴۰** | -۰/۲۸** | -۰/۴۹** | -۰/۲۰* | ۰/۰۲ | ۰/۴۵** | ۰/۴۷** | ۰/۰۱ | ۰/۴۸** | ۰/۰۹ | ۰/۶۰** | ۱ | |
| ۱۴- خوابیدگی یا ورس | ۰/۰۱ | -۰/۰۹ | ۰/۱۶ | ۰/۱۱ | ۰/۴۵** | ۰/۳۷** | ۰/۲۳* | ۰/۱۸ | ۰/۲۱* | -۰/۲۹** | -۰/۰۳ | ۰/۱۲ | -۰/۲۱* | ۱ |

* و ** به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۷- اثرات مستقیم و غیر مستقیم اجزای عملکرد بر عملکرد دانه و عملکرد دانه در بوته

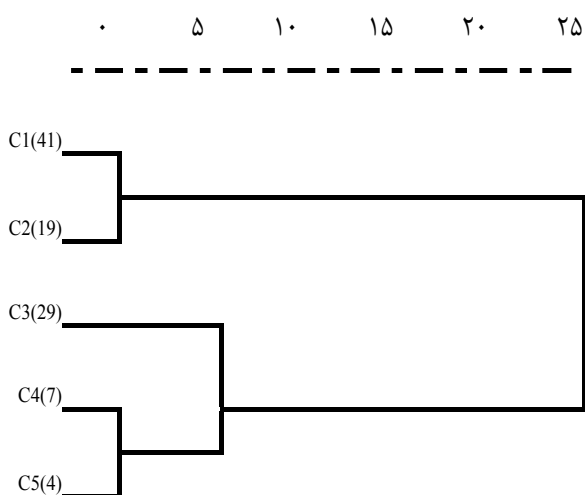
| صفت | اثر مستقیم | اثر غیر مستقیم از طریق عملکرد دانه | | | | |
|------------------------------|------------|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | BP | SW | SC | CP | P |
| تعداد بوته در متر مربع (P) | -۰/۳۲ | - | -۰/۲۲ | - | - | - |
| تعداد کپسول در بوته (CP) | ۰/۴۱ | ۰/۱۸ | - | -۰/۰۳ | - | - |
| تعداد دانه در کپسول (SC) | ۰/۵۴ | -۰/۰۵ | -۰/۰۲ | - | - | - |
| وزن صد دانه (SW) | ۰/۱۴ | ۰/۰۶ | ۰/۰۴ | -۰/۱۱ | - | - |
| تعداد شاخه فرعی در بوته (BP) | -۰/۲۴ | ۰/۱۲ | ۰/۲۰ | -۰/۱۰ | ۰/۰۳ | - |
| تعداد بوته در متر مربع (P) | -۰/۰۸ | - | -۰/۴۸ | - | - | - |
| تعداد کپسول در بوته (CP) | ۰/۸۷ | -۰/۰۴ | - | -۰/۰۲ | ۰/۰۹ | ۰/۰۲ |
| تعداد دانه در کپسول (SC) | ۰/۳۳ | -۰/۰۱ | -۰/۰۵ | - | -۰/۰۱ | -۰/۰۱ |
| وزن صد دانه (SW) | ۰/۰۵ | ۰/۰۲ | ۰/۰۸ | -۰/۰۷ | - | ۰/۰۱ |
| تعداد شاخه فرعی در بوته (BP) | ۰/۰۴ | ۰/۰۳ | ۰/۴۳ | -۰/۰۶ | ۰/۰۱ | - |

** و * به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

منفی نیز از طریق تأثیر غیرمستقیم مثبت تعداد کپسول در بوته کاهش یافته است. یعنی با افزایش تعداد شاخه فرعی و رقابت بین بوته‌ها، عملکرد دانه تمایل به کاهش دارد، ولی با افزایش تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد کپسول در بوته افزایش می‌یابد. نتایج نشان می‌دهد که اثر مستقیم و مثبت تعداد کپسول در بوته بر عملکرد دانه از طریق تأثیر منفی و

طبق نتایج تجزیه مسیر (جدول ۷) صفت تعداد بوته در متر مربع اثر مستقیم منفی و به طور غیرمستقیم نیز از طریق تعداد کپسول در بوته اثر منفی بر عملکرد دانه داشت. بطور کلی اثرات مستقیم و غیرمستقیم تعداد بوته در متر مربع (تراکم بوته) بر عملکرد دانه زیاد نبود. صفت تعداد شاخه فرعی در بوته دارای تأثیر مستقیم منفی و کم بر عملکرد دانه بود، ولی این تأثیر

پیچیده‌ای نبود و تعیین تعداد خوشه بدون استفاده از آزمون نیز امکان پذیر بود (شکل ۱). خوشه‌های اول تا ۵ هر کدام به ترتیب دارای ۴۱، ۱۹، ۲۹، ۷ و ۴ لاین بودند.



شکل ۱- تجزیه خوشه‌ای لاینها بر اساس خصوصیات زراعی

در این گروه‌بندی فرض شد که لاین‌های مورد بررسی در فاصله ۲/۵ در مقیاس تغییر یافته خوشه‌ها با یکدیگر مشابه هستند. بین دو گروه اول و دوم، لاین ۷ و لاین ۵، گروه ۴ و ۵، لاین ۱۶ و ۳۳ دارای حداکثر فاصله ژنتیکی بودند. مجموع سه گروه ۳، ۴ و ۵ در فاصله مقیاس تغییر یافته ۲۵ به گروه ۲ و ۱ مرتبط شدند. حداکثر فاصله ژنتیکی بین دو گروه ۳ و ۲ بین لاین ۵ از گروه ۲ و لاین ۳ از گروه ۳ برآورد شد. تعیین لاین‌هایی که دارای دورترین فاصله ژنتیکی می‌باشند به انتخاب والدین در برنامه‌های اصلاحی هیبریداسیون کمک می‌کنند.

نتایج مربوط به تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات در گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای (جدول ۸) نشان داد که گروه اول ژنوتیپ‌ها دارای بالاترین میانگین برای تعداد بوته در متر مربع (۱۴۷/۴)، کوتاه‌ترین دوره رشد (۱۳۴/۱ روز)، کمترین تعداد کپسول در بوته (۳۷/۸) و در شاخه فرعی (۵/۸)، کمترین تعداد شاخه فرعی در بوته (۶/۶) و کمترین عملکرد دانه در بوته (۰/۷۳ گرم) و در متر مربع (۵۶/۴ گرم) و گروه پنجم ژنوتیپ‌ها دارای کمترین میانگین برای تعداد بوته در متر مربع (۴۲/۵)، طولانی‌ترین دوره رشد (۱۳۸ روز)، بیشترین تعداد کپسول در بوته (۳۲۵/۳) و در شاخه فرعی (۴۵/۸)، بیشترین تعداد شاخه

غیرمستقیم تعداد بوته در متر مربع کاهش یافته است (جدول ۷)، ولی با توجه به اثرات غیرمستقیم صفات دیگر، همبستگی مثبت و معنی‌دار بین تعداد کپسول در بوته و عملکرد دانه ($r = 0.45^{**}$) مشاهده گردید. تعداد دانه در کپسول نیز اثر مستقیم مثبت و بالایی روی عملکرد دانه داشت، ولی اثرات غیر مستقیم آن از طریق صفات دیگر ناچیز بود. لذا همبستگی بین تعداد دانه در کپسول و عملکرد دانه صرفاً از طریق تأثیر مستقیم تعداد دانه در کپسول بوده است (جدول ۷). بطور کلی دو صفت تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول اثرات مستقیم بالایی روی عملکرد دانه داشتند و بهبود همزمان این صفات می‌تواند موجب بهبود عملکرد دانه گردد.

بالاترین تخمین وراثت‌پذیری خصوصی برای صفت ارتفاع بوته بدست آمد که نشان می‌دهد حدود ۴۰ درصد تنوع مشاهده شده برای این صفت، توسط اثرات افزایشی ژن‌ها ایجاد شده است. کمترین برآورد وراثت‌پذیری خصوصی به صفات عملکرد دانه در بوته و تعداد شاخه فرعی در بوته (هر دو ۱۲/۵ درصد) تعلق داشت. برآوردهای میزان وراثت‌پذیری خصوصی برای صفات وزن صد دانه (۲۷ درصد)، تعداد کپسول در بوته (۱۵ درصد) و تعداد دانه در کپسول (۱۵/۵ درصد) به عنوان اجزای عملکرد، بالاتر از خود عملکرد دانه در بوته بود. نتایج این مطالعه در رابطه با برآورد وراثت‌پذیری با نتایج تحقیقات دیگر در گیاه بزرگ مطابقت دارد، بطوریکه بالاترین میزان وراثت‌پذیری خصوصی برای صفات ارتفاع بوته (۱۱، ۲۷) و کمترین مقدار وراثت‌پذیری برای صفت تعداد شاخه فرعی در بوته (۱۱) و عملکرد دانه در بوته (۲۱) گزارش گردیده است. میزان پایین وراثت‌پذیری خصوصی برای صفات عملکرد دانه در بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول نشان می‌دهد که سهم نسبی واریانس افزایشی از واریانس کل برای هر کدام از این صفات پایین می‌باشد و لذا در نسل‌های اولیه در حال تفکیک، انتخاب ژنوتیپ‌های برتر برای بهبود آنها ممکن است چندان مؤثر نباشد.

تجزیه خوشه‌ای لاین‌ها به روش وارد و با محاسبه مربع فاصله اقلیدسی بر اساس ۱۳ صفت زراعی انجام شد (شکل ۱). ژنوتیپ‌ها بر اساس آزمون T^2 کاذب هوتلینگ (۱۵) در ۵ گروه ژنوتیپی قرار گرفتند. نمودار درختی حاصل دارای ساختار

جدول ۸- نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های صفات در گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای لاینها

| گروه ۵ | میانگین گروه‌ها | | | | میانگین مربعات داخل گروه‌ها | میانگین مربعات بین گروه‌ها | صفت |
|--------|-----------------|--------|--------|--------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | گروه ۴ | گروه ۳ | گروه ۲ | گروه ۱ | | | |
| ۴۲/۵c | ۹۱/۹b | ۹۴/۱b | ۹۴/۶b | ۱۴۷/۴a | ۱۵۱۵ | ۲۲۰۵۰** | تعداد بوته در متر مربع |
| ۱۴/۷b | ۱۴/۴b | ۱۴/۲b | ۱۴/۴b | ۱۳/۴a | ۰/۹ | ۵/۳** | تعداد روز تا شروع سبز شدن |
| ۶۷/۵ | ۷۱/۰ | ۷۱/۵ | ۶۹/۸ | ۷۰/۱ | ۱۴/۵ | ۱۹/۶ ^{ns} | تعداد روز تا شروع گلدهی |
| ۸۰/۷ | ۸۲/۹ | ۸۳/۵ | ۸۲/۸ | ۸۳/۴ | ۷/۸ | ۷/۸ ^{ns} | تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی |
| ۱۳۸ | ۱۳۹/۷ | ۱۳۹/۵ | ۱۳۵ | ۱۳۴/۱ | ۶۳/۸ | ۱۵۰/۲ ^{ns} | تعداد روز تا مرحله رسیدگی |
| ۶۲/۱ab | ۶۵/۵ab | ۶۶/۵b | ۶۳/۷ab | ۶۰/۳a | ۵۱/۴ | ۱۷۵/۲* | ارتفاع بوته (سانتیمتر) |
| ۳۲۵/۳e | ۲۲۱/۶d | ۱۴۰/۷c | ۸۲/۰b | ۳۷/۸a | ۳۹۸ | ۱۲۹۸۱۸** | تعداد کپسول در بوته |
| ۴۵/۸d | ۱۸/۳c | ۱۵/۷c | ۹/۶b | ۵/۸a | ۲۲ | **۱۷۳۵ | تعداد کپسول در شاخه فرعی |
| ۸ab | ۱۳/۲c | ۹/۴b | ۸/۹b | ۶/۶a | ۴/۵ | ۸۲/۶** | تعداد شاخه فرعی در بوته |
| ۴/۰۱ | ۳/۹۰ | ۳/۴۱ | ۳/۶۰ | ۳/۸۰ | ۰/۹۴ | ۰/۹۷ ^{ns} | تعداد دانه در کپسول |
| ۰/۵۱۶ | ۰/۵۳۲ | ۰/۵۲۹ | ۰/۵۳۸ | ۰/۵۱۲ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۳ ^{ns} | وزن صد دانه (گرم) |
| ۶/۶۵e | ۴/۵۲d | ۲/۵۲c | ۱/۰۵b | ۰/۷۳a | ۰/۴۸ | ۵۱/۸۹** | عملکرد دانه در بوته (گرم) |
| ۱۵۵/۳c | ۹۲/۹b | ۸۴/۷b | ۷۲/۴ab | ۵۶/۴a | ۱۷۵۴ | ۱۱۲۰۷** | عملکرد دانه در متر مربع (گرم) |

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد ^{ns} عدم وجود تفاوت معنی دار

برای هر صفت، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد دارای تفاوت معنی دار نمی‌باشند.

و دیگر خصوصیات نمود. همچنین در برنامه‌های به‌نژادی بزرگ برای افزایش عملکرد دانه از اجزای اصلی و مهم آن از جمله تعداد کپسول در بوته نیز به عنوان شاخص انتخاب می‌توان استفاده کرد. با توجه به پایین بودن برآورد وراثت‌پذیری برای صفات عملکرد دانه در بوته و تعداد کپسول در بوته و با توجه به اینکه این صفات بسیار تحت تأثیر شرایط محیطی مخصوصا تراکم بوته قرار می‌گیرند، به نظر می‌رسد برنامه‌های انتخاب جهت افزایش تعداد کپسول و عملکرد دانه باید در تراکم بوته مناسب صورت گیرد.

فرعی در بوته (۸)، بیشترین عملکرد دانه در بوته (۶/۶ گرم) و در متر مربع (۱۵۵/۳ گرم) می‌باشند. سایر گروه‌ها از نظر این صفات حالت حد واسط داشتند. بنابراین در صورتیکه هدف افزایش عملکرد دانه باشد، انتخاب از بین لاین‌های گروه پنجم قابل توصیه است.

بطور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که با توجه به وجود تنوع ژنتیکی بالا برای صفات زراعی مختلف بین لاین‌های بومی مورد مطالعه، می‌توان از طریق برنامه‌های به‌نژادی و انتخاب اقدام به تولید ارقام مطلوب از نظر عملکرد دانه، وضعیت رشدی

REFERENCES

مراجع مورد استفاده

۱. کریمی، م. ۱۳۶۶. گزارش آب و هوای منطقه مرکزی ایران. انتشارات جهاد دانشگاه صنعتی اصفهان، ص ۹۴.
۲. یزدی‌صمدی، ب.، ع. رضائی، و م. ولی‌زاده. ۱۳۷۶. طرح‌های آماری در پژوهش‌های کشاورزی، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۷۶۴.
3. Agrawal, K. K., J. P. Tiwari, & K. K. Jain. 1994. Correlation and regression analysis in linseed (*Linum usitatissimum* L.), *Advances in Plant Sci.*, 7(2): 351-355.
4. AOSA. 1983. Association of Official Seed Analysts. Rules for testing seeds. *Proc. Assoc. Off. Seed Anal.* 60(2): 116.
5. Badwal, S. S., K. S. Gill, & H. Singh. 1971. Correlation and regression studies in linseed (*Linum usitatissimum* L.), *Indian J. Agric. Sci.*, 41(5): 475-478.

- 6 . Casler, M.D. 1982. Parent-offspring regression in reed canary grass: Methods for parent and offspring evaluation and their effect on heritability estimates. *Can. J. Genet. Cytol.* 24: 467-473.
- 7 . Chandra, S. 1978. Studies on interrelationships between seed yield and its components in some exotic strains of linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Acta Agron. Acad. Scient. Hung.* 27: 74-80.
- 8 . Chandrashekhar, M., M.H. Rahman, & C. Mahto. 1998. Genetic variability of some quantitative characters in linseed (*Linum usitatissimum* L.). *J. Res. Birsa Agric. Univ.*, 10(2): 161-165.
- 9 . Diederichsen, A. & K. Hammer. 1995. Variation of cultivated flax (*Linum usitatissimum* L. subsp. *usitatissimum*) and its wild progenitor pale flax (subsp. *angustifolium* (Huds.) Thell.), *Genet. Reso. Crop Evol.*, 42: 263-272.
- 10 . Diepenbrock, W. & D. Iwersen. 1989. Yield development in linseed (*Linum usitatissimum* L.), *Plant Res. Develop.*, 30: 104-125.
- 11 . Foster, R., H. S. Pooni, & I. J. Mackay. 1998. Quantitative analysis of *Linum usitatissimum* crosses for dual-purpose trait, *J. Agric. Sci.*, 131(3): 285-292.
- 12 . Goyal, S. N., B.M. Asawa, B.S. Tikka, & S.N. Jaimini. 1982. Note on factor analysis in linseed, *Indian J. Agric. Sci.*, 52(12): 860-861.
- 13 . Green, A. 1995. Linola (*Linum usitatissimum* L.). Australian New Crops, Newsletter. 3: 1-3
- 14 . Helbaek, H. 1959. Domestication of food plants in the old world, *Sci.*, 130: 365-372.
- 15 . Johnson, D.E. 1998. *Applied multivariate methods for data analysis*. Dunbury Press, NewYork, USA. P:567.
- 16 . Kenaschuk, E. O. 1975. Flax breeding and genetics. In: *Flax production, marketing and utilization*, Published by Extension Division. Univ. of Saskatchewan. P: 203-221.
- 17 . Khorgade, P. W. 1992. Path analysis of yield attributes in linseed. *Agric. Sci. Digest Karnal*, 12(2): 76-78.
- 18 . Klages, K. H. 1932. Spacing in relation to the development of the flax plant. *Agron. J.* 24(1): 1-17.
- 19 . Leitch, M. H. & F. Sahi. 1999. The effect of plant spacing on growth and development in linseed. *Ann. Appl. Biol.*, 135: 529-534.
- 20 . Mahto, J. L., U. Choudhsry, & S. N. Singh. 1995. Stability and genetic divergence in linseed (*Linum usitatissimum* L.) under rainfed situation. *Indian J. Agric. Sci.*, 65(8): 602-604.
- 21 . Marshall, G. & P. Courduries. 1992. An assessment of somaclonal variation in linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Ann. Appl. Biol.* 120(3): 501-509.
- 22 . Oomah, B.D. & E.O., Kenaschuk. 1995. Cultivars and agronomic aspects. In: Cunnane S.C., and L.U. Thompson(eds.), *Flaxseed in human nutrition*, AOCS Presss, Champaign, Illinois. P: 43-55.
- 23 . Rao, S.K. & S. P. Singh. 1983. Analysis of yield factor in segregating population and their implication in selection of flax (*Linum usitatissimum* L.). *Can. J. Genet. Cytol.*, 25: 495-501.
- 24 . Saeidi, G. & G. G. Rowland. 1999. Seed colour and linolenic acid effects on agronomic traits in flax. *Can. J. Plant Sci.*, 79: 521-526.
- 25 . Schormueller, J. 1969. Fette und lipide (lipids) in Handbuch der Lebensmittelchemie. IV. P: 540.
- 26 . The Flax Council of Canada. 1994. Flax focus, *The Flax Council of Canada*, Winnipeg, MB, 7(4): 8pp.
- 27 . Yadav, R.K. & R.R. Gupta. 1999. Genetic analysis of yield and related component in linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Crop Res. Hisar.*, 18(3): 404-408.

An Investigation of Agronomic Traits, Genetic Variation and Interrelationships Among the Traits in Isolated Lines from a Landrace Variety of Flax in Isfahan

A. KHANDAN¹ AND G. SAEIDI²

1, 2, Former Graduate Student and Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

Accepted July, 9. 2003

SUMMARY

Flax (*Linum usitatissimum* L.) is a widely adapted oilseed crop which, based on the genotype, its oil could be used in industry or as edible oil. Oil of regular genotype of flax is used in industries as drying oil, because of a high amount of linolenic acid content (>50%). However, oil of new, mutant genotypes of flax is of a very low content of linolenic acid (<2%), is similar to sunflower oil in terms of fatty acid composition and thus can be used as edible oil. This experiment was conducted to investigate agronomic traits, genetic variation and relationships between the traits in 100 isolated lines from a landrace variety of flax in Isfahan using an Augmented Design. The results showed that there was a high genetic variation for number of seedlings/m², number of capsules/plant, seed yield/plant, seed yield per unit area and the growth type. The oil content which was measured in 20 superior lines by Soxhlet method varied from 36.2 to 40.5 %. The estimation of narrow-sense heritability by parent-offspring regression showed that plant height was of the highest heritability (40%), whereas number of branches/plant and seed yield/plant had the lowest (12.5%) heritability. Cluster analysis based on the agronomic traits classified the genotypes into 5 groups which had significant differences for all the traits except for seeds/capsul, seed weight and days to flowering. Two groups of genotypes had the maximum seed yield/plant as well as seed yield/m², but had a minimum number of seedlings/m². It seems that flax plant possesses a good potential for compensation of seed yield through more branching as well as production of more capsules/plant. Correlation coefficients showed that seed yield/plant had a high positive correlation with number of capsules/plant ($r=0.92^{**}$) but a negative correlation with seedlings/m² ($r=-0.53^{**}$). Also, seed yield had a high positive correlation with seed yield/plant ($r=0.62^{**}$). Path analysis revealed that number of capsules/plant had the most direct and positive effect on seed yield/plant. Based on regression analysis, the most important components of seed yield/plant were recognized as number of capsules/plant and seeds /capsule which approximately contributed to 85% and 9% of seed yield /plant variation, respectively.

Key words: Flax, Genetic variation, Heritability, Correlation.