مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۳۱، شماره ۲، سال ۱۳۹۴

تجزیهٔ ژنتیکی عملکرد دانه و برخی صفات زراعی در ژنوتیپ‌های کلزا در شرایط کاشت معمول و تاخیری

Genetic Analysis of Seed Yield and some Agronomic Traits in Rapeseed Genotypes Under Normal and Late Sowing Conditions

حسن امیری اوغان[۱]، محمد مقدم[۲]، کاظم قاسمی گلعذانی[۳] و امیرحسین شیرانی‌راد[۴]

۱ و ۲- دانشجوی سابق دکتری و استاد، گروه به‌نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۳- استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۴- استاد، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۸/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۲/۱۰

چکیده

امیری اوغان، ح.، مقدم، م.، قاسمی گلعذانی، ک. و شیرانی‌راد، ا. ح.. ۱۳۹۴. تجزیهٔ ژنتیکی عملکرد دانه و برخی صفات زراعی در ژنوتیپ‌های کلزا در شرایط کاشت معمول و تاخیری. **مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۳۱: ۳۶۴ - ۳۳۹.**

در این بررسی ۱۲۰ ژنوتیپ کلزا شامل ده لاین به عنوان پایه مادری، ده تستر و یک صد دورگ F2 حاصل از تلاقی لاین‌ها با تسترها در کرج در قالب دو طرح آلفا لاتیس با دو تکرار در دو تاریخ کاشت، نیمهٔ اول مهر (نرمال) و نیمهٔ اول آبان (تأخیری) در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ کاشته شدند. تجزیه واریانس ساده و مرکب اختلاف معنی‌داری بین تیمارها از نظر عملکرد دانه و صفات زراعی در هر دو شرایط کاشت و در مجموع نشان داد که بیانگر تنوع ینتیکی قابا توجهی بین ژنوتیپ‌ها بود. تجزیه لاین × تستر حاکی از سهم بیشتر اثر غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن در هر دو شرایط آزمایش بود. وراثت‌پذیری عمومی تمام صفات در هر دو شرایط بالا برآورد شد (بین ۶۳/۱۴ و ۸۹/۱۲ درصد) که بیانگر اهمیت بیشتر واریانس ژنتیکی نسبت به واریانس محیطی بود. وراثت‌پذیری خصوصی تعداد شاخه در بوته، عملکرد دانه، ارتفاع بوته و تعداد خورجین در بوته در هر دو شرایط کاشت در حد متوسط (بین ۴۳/۴۲ و ۵۶/۰۲ درصد) و برای تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه در هر دو شرایط کاشت در حد کم (به ترتیب ۳۶/۳۳ و ۲۴/۶۱ درصد) بود. بنابراین گزینش برای عملکرد دانه و اجزای آن به ویژه تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه در نسل‌های اولیه چندان موثر نخواهد بود. هر دو عمل افزایشی و غیر افزایشی ژن‌ها در کنترل ژنتیکی تمام صفات نقش داشتند ولی برای تعداد شاخه در بوته و عملکرد دانه (فقط کاشت تاخیری) و ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه (در هر دو شرایط آزمایش) نقش عمل غیرافزایشی ژن‌ها بیشتر مشهود بود. برآورد ترکیب‌پذیری صفات نشان داد که تسترهای T9 و T2 و لاین L1 به‌عنوان بهترین ترکیب شونده‌های عمومی در جهت افزایش عملکرد دانه بودند. چهار دورگ T7×L1، T8×L5، T3×L8 و T8×L9 در شرایط کاشت معمول و سه دورگ T3×L1، T9×L2 و T7×L3 در شرایط کاشت تاخیری بهترین ترکیب شونده‌های خصوصی برای افزایش عملکرد دانه بودند. برخی از این دورگ‌ها دارای بیشترین هتروزیس مثبت و معنی‌دار برای عملکرد دانه بودند.

واژه‌های کلیدی: کلزا، کاشت تاخیری، تنش سرما، تجزیه لاین × تستر، وراثت پذیری، اثر ژنتیکی.

نویسنده مسئول: mmoghaddam@tabrizu.ac.ir تلفن: ۰۴۱۳۳۳۵۶۰۰۳

مقدمه

کلزا از مهم‌ترین گیاهان روغنی است که دانهٔ ارقام جدید آن حاوی ۴۸-۴۵ درصد روغن بوده و کنجالهٔ آن نیز سرشار از پروتئین است (Gül *et al.*, 2007). تنش سرما و انجماد از جمله تنش‌های غالب در مناطق سرد و معتدل سرد کشور است و بیشتر در مورد گیاهانی مانند کلزا رخ می‌دهد که در پاییز کشت می‌شوند و در اواخر بهار می‌رسند. این نوع تنش‌ها در حدود ۵۱ درصد از اراضی زیر کشت در مناطق غربی و شمالی کشور را شامل می‌شود (Madani, 2002). بررسی‌ها نشان می‌دهند که کلزا در مرحله گلدهی به تنش سرما حساس است و بسته به مدت زمان تنش، تا ۷۰ درصد کاهش عملکرد نشان می‌دهد (Kumar, 1997؛ Dhawan, 1985)، ولی اگر دارای زمستان‌گذرانی خوبی باشد می‌تواند دمای ۱۵- درجهٔ سانتی‌گراد و حتی در صورت وجود پوشش برف تا ۲۰- درجهٔ سانتی‌گراد را تحمل کند (Gusta and O'Connor, 1987). از شرایط زمستان‌گذرانی خوب کلزا می‌توان به مواردی مانند برخورداری از ۱۰-۸ برگ، حداقل ۱/۵ گرم وزن خشک بوته، حداقل ۲۰ سانتی‌متر طول ریشه و قطر طوقه بین ۱۵-۸ میلی‌متر در مرحله روزت اشاره کرد. تاریخ کاشت و تراکم بوته در واحد سطح از عوامل موثر در نیل به شرایط یاد شده در زراعت کلزا به شمار می‌آیند (Alyari *et al.*, 1991).

عملکرد صفت پیچیده‌ای است که تحت تاثیر اجزای بسیاری قرار می‌گیرد و دارای وراثت چندژنی است (Brojervic, 1990). گرافیوس (Grafius, 1964) برای نشان دادن رابطه عملکرد و اجزای آن یک نمودار هندسی برای دانه‌ریزها ارایه کرد و عملکرد واقعی را حاصل تعامل بین اجزای عملکرد دانست. دپنبروک (Diepenbrock, 2000) نیز ساختار عملکرد کلزا را ناشی از اجزای عملکرد بیان کرد. آگاهی از نحوه کنترل ژنتیکی و توارث اجزای عملکرد می‌تواند در انتخاب روش اصلاحی مناسب و در نتیجه، بهبود عملکرد کارساز باشد. با استفاده از طرح‌های مختلف ژنتیکی از جمله تجزیه لاین × تستر می‌توان اجزای ژنتیکی کنترل‌کننده صفات مورد مطالعه را برآورد کرد. ژنتیک صفات در گیاهان استراتژیک مطالعه شده است. در بیشتر موارد، اثر افزایشی ژن‌ها مهم‌تر بوده ولی اثر غالبیت ژن‌ها نیز در کنترل صفات دخالت داشته است (Roy and Basu, 2009). غلامی و همکاران (Gholami *et al.*, 2008) به منظور برآورد پارامترهای ژنتیکی در کلزا از تلاقی لاین × تستر بین سه والد پدری و پنج والد مادری استفاده کردند. معنی‌دار بودن میانگین مربعات ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی و نیز برآورد درجه غالبیت بیش از یک برای ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته، طول ساقه اصلی و عملکرد دانه نشان دهنده اثر فوق غالبیت و اهمیت بیشتر اثر غیر افزایشی ژن‌ها در کنترل ژنتیکی این صفات بود. بنابراین، عنوان شد که

تولید ارقام هیبرید در این گیاه با توجه به صفات یادشده توجیه پذیر است. گوش و همکاران (Ghosh *et al.*, 2002) از طریق انجام تجزیه لاین × تستر برای ۲۹ لاین امید بخش و هفت تستر در خصوص ده صفت کمی در خردل هندی نشان دادند که هر دو عمل افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل اکثر صفات به ویژه عملکرد دانه نقش دارند، ولی عمل غیرافزایشی ژن‌ها در توارث عملکرد دانه و برخی از اجزای آن چون تعداد خورجین در بوته و تعداد شاخه در بوته بیشتر مشهود بود. لاکزویک (Luczkiewicz, 1996) با مطالعه تلاقی‌های دی‌آلل حاصل از شش لاین دابل‌هاپلوئید کلزای زمستانی نشان داد که صفات قطر ریشه در ناحیه طوقه، ارتفاع بوته، میزان ارتفاع اولین انشعاب، تعداد شاخه در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن دانه تحت تأثیر اثر افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها هستند. در این مطالعه، نقش اثر غیرافزایشی ژن‌ها در توارث صفات زراعی و اجزای عملکرد دانه و نیز نقش اثر افزایشی ژن‌ها در توارث صفات مربوط به ریشه در جهت تزایدی بود.

کارآیی گزینش در ارتباط با بهبود صفات مورد مطالعه به اهمیت نسبی عوامل ژنتیکی و محیطی در بروز تفاوت‌های فنوتیپی بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی بستگی دارد (Fehr, 1987). اهمیت نسبی عوامل وراثتی در تعیین واریانس فنوتیپی به وراثت‌پذیری معروف است و بسته به این که به ارزش ژنوتیپی یا اصلاحی ربط داده شود، دو مفهوم کاملاً متفاوت پیدا می‌کند. رینگدهال و همکاران (Ringdahl *et al.*, 1986) وراثت‌پذیری خصوصی تعداد برگ و ارتفاع بوته کلزا را به ترتیب ۷۷-۴۹ درصد و ۸۴-۵۱ درصد برآورد کردند. براون و همکاران (Brown *et al.*, 1996) با مطالعه جمعیت‌های F_1 و F_2 در کلزا در مکان‌ها و سال‌های مختلف، اظهار داشتند که صفات ارتفاع بوته و عملکرد دانه دارای وراثت‌پذیری خصوصی پایینی هستند. مالیک و همکاران (Malik *et al.*, 1995) وراثت‌پذیری عملکرد دانه و برخی صفات دیگر را در کلزا بررسی و اظهار داشتند که تعداد شاخه‌های اولیه و ثانویه دارای وراثت‌پذیری خصوصی بالا، ولی عملکرد دانه و تعداد خورجین در بوته دارای وراثت‌پذیری پایین هستند. ویندر و همکاران (Virender *et al.*, 1995) برای تعداد شاخه‌های اولیه و ثانویه وراثت‌پذیری عمومی بالایی برآورد کردند. لئوفورت بوسون و داتی (Lefort-Buson and Dattee, 1982) نیز با مطالعه تلاقی‌های دی‌آلل ناقص ۲۵ لاین کلزای زمستانی، وراثت‌پذیری خصوصی عملکرد دانه را برابر ۰/۳۲ گزارش کردند. در مطالعه لاکزویک (Luczkiewicz, 1996)، بیشترین وراثت‌پذیری خصوصی برای تعداد شاخه در بوته (۵۰/۶ درصد) و کمترین مقدار آن مربوط به تعداد دانه در بوته (۱۴/۱ درصد) برآورد شد.

به هر حال، گزارش‌های فراوانی در رابطه با

تنوع ژنتیکی گونه‌های مختلف براسیکا از طریق طرح‌های ژنتیکی مانند دی‌آلل، تجزیهٔ میانگین نسل‌ها و تجزیهٔ لاین × تستر وجود دارند. نتایج حاضر تصویر کاملی از نحوه توارث عملکرد ارایه می‌دهند. اجزای اصلی عملکرد الگوی ساده‌تری از توارث به صورت عمل افزایشی ژن توأم با برخی از اثر اپیستازی و غالبیت دارد. هر دو اثر افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها نقش داشته‌اند. بررسی‌های مختلف نشان می‌دهد که برای اجزای عملکرد در جمعیت F1، میانگین مربعات ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) معنی‌داری وجود دارد، ولی میانگین مربعات ترکیب پذیری خصوصی (SCA) از اهمیت کمتری برخوردار است. به طور کلی نسبت GCA:SCA برای اجزای عملکرد در مقایسه با خود عملکرد بیشتر بوده است، ولی تاکید بر این امر ضروری است که اثرهای افزایشی و غالبیت ژن‌ها برای بهره‌وری محصول با توجه به نوع مواد آزمایشی، طرح ژنتیکی مورد استفاده و محیط آزمایش متغیر است. مقایسهٔ نتایج حاصل از طرح‌های آزمایشی مختلف در باره ماهیت تنوع ژنتیکی کلزا نشان داد که تجزیه دی‌آلل کامل و لاین × تستر، جامع‌تر بوده و اطلاعات جالبی را در زمینه اثر و نوع فعالیت ژن‌ها و نحوه کنترل صفات کمی ارایه می‌دهند.

برآورد ترکیب‌پذیری صفات نقش به سزایی در انتخاب والدین برای شروع پروژه‌های به‌نژادی و نیز تعیین خط مشی اصلاحی ژنوتیپ‌های مورد بررسی دارد. بهره‌گیری از پدیده هتروزیس به عنوان یک روش اصلاحی اغلب به نوع ترکیب پذیری در بین لاین‌های اینبرد بستگی دارد. غلامی و همکاران (Gholami *et al.*, 2008) با انجام تلاقی لاین × تستر ۵ × ۳ در کلزا اظهار داشتند که از میان لاین‌ها، کوانتوم و لیگای و در بین تسترها، فوستو دارای ترکیب پذیری عمومی بهتری برای عملکرد و برخی صفات دیگر هستند. رامئه و همکاران (Rameah *et al.*, 2003) با انجام تلاقی دی‌آلل ۸ × ۸ یک طرفه در نسل F_2 نشان دادند که در بین اجزای عملکرد دانه کلزا، برای تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه در اغلب دورگ‌هایی که دارای ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت یا مثبت معنی‌دار بودند دست کم یک والد با ترکیب‌پذیری عمومی مثبت وجود داشت. آن‌ها اظهار داشتند که گزینش براساس ترکیب‌پذیری عمومی برای این صفات در والدها می‌تواند از نقش به‌سزایی در ایجاد دورگ‌های با ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت برخوردار باشد. هدف از مطالعه حاضر دستیابی به اطلاعاتی پیرامون تنوع ژنتیکی، اثر و نوع عمل ژن‌ها، نحوه وراثت و سایر پارامترهای ژنتیکی مربوط به عملکرد و اجزای آن در کلزا در دو شرایط کشت معمول و تاخیری بود.

مواد و روش‌ها

مشخصات محل اجرای آزمایش

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی موسسه

تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه و ۱۲۳۱ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ اجرا شد. بر اساس آمار آب و هوایی و منحنی آمبروترمیک، این منطقه با داشتن ۱۸۰-۱۵۰ روز خشک جزء مناطق آب و هوایی مدیترانه‌ای گرم وخشک و با داشتن زمستان سرد و مرطوب و تابستان گرم و خشک جزء رژیم رطوبتی خشک محسوب می‌شود. ریزش باران عمدتاً در اواخر پاییز و اوایل بهار رخ می‌دهد. حداکثر دمای سالیانه به‌طور متوسط ۲۸ درجه سانتی‌گراد (عمدتاً در تیرماه) و حداقل آن به طور متوسط یک درجه سانتی‌گراد (عمدتاً در دی ماه) است. متوسط بارندگی، دمای منطقه و خاک بر اساس آمار ۳۵ ساله به ترتیب ۲۴۲ میلی‌متر، ۱۳/۵ و ۱۴/۵ درجه سانتی‌گراد است.

تهیه مواد ژنتیکی، عملیات زراعی و یادداشت برداری صفات

در پاییز سال ۱۳۸۷ ده والد توصیه شده برای کاشت در دو اقلیم سرد و معتدل سرد کشور و ده تستر (سه والد زمستانی و هفت والد بهاری) برای این پژوهش انتخاب شدند. والدین انتخابی در بلوک‌های تلاقی در مزرعه تحقیقاتی بخش دانه‌های روغنی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج کشت و در بهار دورگ‌گیری بین آن‌ها به‌صورت فاکتوریل در دو سال متوالی برای تهیه نسل‌های F1 و F2 انجام شد. در پاییز ۱۳۸۹، دورگ‌های نسل دوم به همراه ۲۰ والد و در مجموع ۱۲۰ ژنوتیپ در قالب طرح آلفا لاتیس (Patterson and Williams, 1976) با دو تکرار و در دو تاریخ کاشت نرمال (نیمهٔ اول مهر) و تأخیری (نیمهٔ اول آبان) در مزرعهٔ تحقیقاتی مذکور کاشته شدند. هم‌زمان با آماده سازی بستر بذر، بر اساس آزمون خاک و توصیهٔ کودی کلیهٔ مقادیر فسفر و پتاسیم مورد نیار، به‌ترتیب از منابع کودی سوپر فسفات تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و سولفات پتاسیم (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) مصرف شد. اوره نیز به صورت سرک در سه مرحلهٔ ۲ تا ۴ برگی، ساقه‌رفتن و شروع گلدهی به‌ترتیب به میزان ۱۰۰، ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مورد استفاده قرار گرفت. وجین علف‌های هرز به روش دستی و آبیاری به صورت نشتی و با کمک سیفون در ۷-۶ مرحله انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل دو پشتهٔ با دو ردیف کاشت چهار متری روی هر پشته (در مجموع چهار ردیف کشت) به فاصلهٔ ۳۰ سانتی‌متر از هم بود.

در طول آزمایش برخی صفات زراعی مانند ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین در پانزده بوته تصادفی رقابت کننده یادداشت برداری شد. برای عملکرد دانه نیز در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی، برداشت محصول به صورت دستی پس از حذف خطوط حاشیه و نیز

۱۵ سانتی‌متر از بالا و پایین، در مساحتی معادل ۳/۲۴ متر مربع انجام شد. محصول برداشت شده توسط کمباین خرمنکوبی و عملکرد هر کرت پس از حذف کاه و کلش بر حسب تن در هکتار تعیین شد.

تجزیه‌های آماری

نرمال بودن خطاها آزمایشی با استفاده از آزمون اندرسون- دارلینگ (Anderson and Darling, 1952) بررسی شد. تجزیه واریانس و تصحیح میانگین داده‌ها براساس طرح آلفا لاتیس (Patterson and Williams, 1976) و به کمک نسخهٔ جدید نرم افزار PLABSTAT انجام شد. محاسبهٔ ترکیب‌پذیری خصوصی دورگ‌ها و عمومی والدین و وراثت‌پذیری صفات براساس اطلاعات حاصل از تجزیه لاین × تستر (Kempthorne, 1957) انجام شد. هتروزیس والد برتر صفات محاسبه و معنی‌دار بودن آن از طریق آزمون t بررسی شد. تجزیه لاین × تستر به صورت مرکب در دو محیط معمول و تاخیری نیز بر اساس مدل پیشنهادی الیتریبای و همکاران (Elitriby *et al*., 1981) و با استفاده از میانگین تصحیح شده تیمارها صورت انجام شد. با توجه به استفاده نسل F2 دورگ‌ها در آزمایش، برای محاسبه اجزای واریانس ژنتیکی از ضریب خویش‌آمیزی ۰/۵ استفاده شد. واریانس افزایشی (V_A) و غالبیت (V_D) بسته به نوع تجزیه واریانس ساده و مرکب، با توجه به ثابت بودن لاین‌ها و محیط‌ها از فرمول‌های زیر به‌دست آمد (Singh and Chaudhary, 2007):

$$V_A= [(MSpooled- MSe)/r]\times\frac{8}{8} \quad \text{(در تجزیه واریانس ساده)}$$

$$V_A= [(MSpooled- MSe)/re]\times\frac{3}{3} \quad \text{(در تجزیه واریانس مرکب)}$$

$$V_D= [(MS_{L\times T}-MSe)/r]\times\frac{16}{9} \quad \text{(در تجزیه واریانس ساده)}$$

$$V_D= [(MS_{L\times T}- MSe)/re]\times\frac{16}{9} \quad \text{(در تجزیه واریانس مرکب)}$$

که در آن r تعداد تکرار، e تعداد محیط، MSe میانگین مربعات خطای آزمایشی، $MS_{l\times t}$ میانگین مربعات اثر متقابل لاین با تستر و MSpooled میانگین مربعات ادغام شده است که از طریق فرمول زیر محاسبه شد:

$$MSpooled= (SS_L+SS_T)/(DF_L+DF_T)$$

که در آن SS_L و SS_T به‌ترتیب بیانگر مجموع مربعات لاین‌ها و تسترها؛ DF_L و DF_T به‌ترتیب درجه‌های آزادی لاین‌ها و تسترها است. نحوه عمل ژن از نسبت میانگین مربعات ترکیب پذیری عمومی به مربعات ترکیب‌پذیری خصوصی محاسبه شد. میانگین درجه غالبیت نیز

از جذر دو برابر واریانس غالبیت به واریانس افزایشی به دست آمد. مقادیر وراثت‌پذیری عمومی (h^2_B) و خصوصی (h^2_N) صفات در واحد میانگین تیمارها نیز به ترتیب از روابط زیر محاسبه شد:

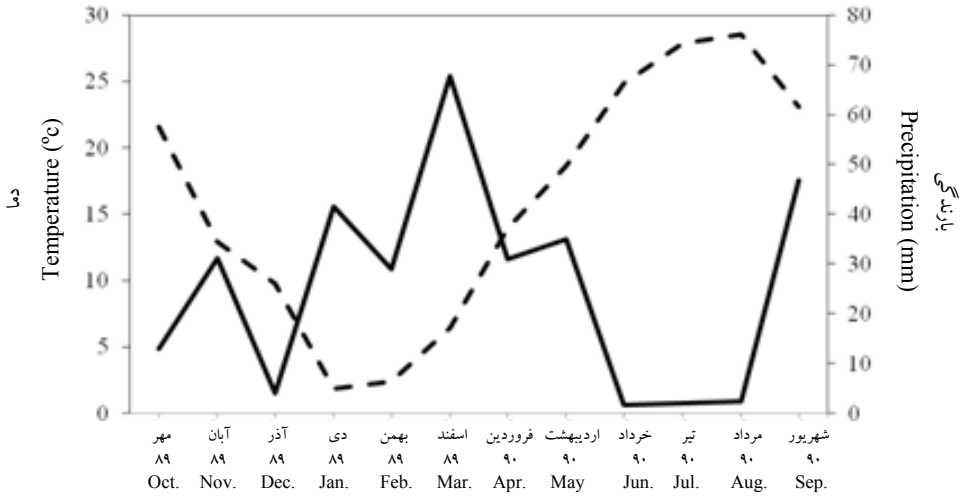
$$h^2_B = [(V_A+V_D) / (V_A+V_D+M`e)]\times 100$$

$$h^2_N = [V_A / (V_A+V_D+M`e)]\times 100$$

که در روابط بالا: M`e میانگین مربعات خطای آزمایشی تقسیم بر تعداد تکرار است.

نتایج و بحث

نمودارهای هواشناسی موجود در شکل ۱ بیانگر وضعیت دما و بارندگی کرج در سال زراعی ۸۹-۱۳۹۰ است. در این سال، از ۲۳ آذر ماه لغایت ۲۵ اسفند ماه متوسط دمای منطقه ۳/۵ درجه سانتی‌گراد با ۲۰ روز دمای زیر صفر درجه سانتی‌گراد (متوسط ۵/۴- درجه سانتی‌گراد) و با ده روز پوشش برفی بود. متوسط بارندگی منطقه نیز در این مدت ۱/۴۸ میلی‌متر برآورد شد (منبع: ایستگاه سینوپتیک کرج).



شکل ۱- وضعیت بارندگی و دمای کرج در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹

Fig. 1. Precipitation and temperature status of Karaj during 2010-11 cropping season

برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیائی خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ و نام و مشخصات لاین‌ها و تسترهای مورد استفاده در این تحقیق در جدول ۲ نشان داده شده‌اند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل مورد آزمایش
Table 1. Physical and chemical properties of soil of experimental site

Properties	مشخصات	عمق نمونه برداری Sampling depth (cm) 0-30	30-60
EC (ds/m)	هدایت الکتریکی	1.39	1.19
pH	اسیدیته خاک	7.30	7.10
T.N.V. (%)	درصد مواد خنثی شونده	8.19	8.38
SP (%)	درصد رطوبت گل اشباع	36.00	38.00
O.C. (%)	درصد کربن آلی	0.87	0.97
N_{total} (%)	درصد نیتروژن کل	0.09	0.04
P (p.p.m.)	فسفر قابل جذب	14.70	15.60
K (p.p.m.)	پتاسیم قابل جذب	171.00	139.00
Clay (%)	درصد رس	31.00	26.00
Silt (%)	درصد سیلت	44.00	45.00
Sand (%)	درصد شن	25.00	29.00
Soil texture	بافت خاک	Clay loam	Clay loam

جدول ۲- اسامی لاین‌ها و تسترهای کلزای مورد استفاده در آزمایش
Table 2. List of rapeseed lines and testers used in the experiment

کد لاین Line code	لاین Line	تیپ رشد Growth type	منشأ Origin	کد تستر Tester code	تستر Tester	تیپ رشد Growth type	منشأ Origin
L1	Zarfam	I	Iran	T1	Okapi	W	France
L2	Talaye	W	Iran	T2	Licord	W	Germany
L3	SLM046	W	Germany	T3	Orient	W	Germany
L4	Geronimo	W	France	T4	RGS003	S	Germany
L5	Modena	W	Denmark	T5	Sarigol	S	Iran
L6	Opera	W	Sweden	T6	Option 500	S	Canada
L7	Symbol	W	Italy	T7	19-H	S	Pakistan
L8	KS11	W	Iran	T8	Shiralee	S	Australia
L9	Colvert	W	France	T9	SAN-14	S	Iran
L10	KS7	W	Iran	T10	SAN-12	S	Iran

I: بینابین؛ W: زمستانه؛ S: بهاره

I: Intermediate; W: Winter; S: Spring

تجزیه واریانس

از میان شش صفت مورد مطالعه در این پژوهش، برای دو صفت تعداد شاخه در بوته و عملکرد دانه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معنی‌دار شد (نتایج منعکس نشده‌اند). از این‌رو، برای این صفات در شرایط کاشت معمول و تاخیری تجزیه واریانس لاین × تستر بر پایهٔ طرح آلفا لاتیس به طور جداگانه انجام شد. حال آن‌که برای چهار صفت ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معنی‌دار نشد و برای این‌ها تجزیه مرکب دو محیط کاشت معمول و تاخیری انجام شد و اثر ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی و نیز

هتروزیس صفات مذکور در این حالت با استفاده از اطلاعات مشترک دو محیط کاشت معمول و تاخیری برآورد شدند.

نتایج حاصل از تجزیهٔ واریانس ساده در شرایط کاشت معمول و تاخیری برای صفات تعداد شاخه در بوته و عملکرد دانه نشان داد که اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از نظر این صفات در هر دو شرایط آزمایش در سطوح احتمال ۵ تا ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۳). این موضوع بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها بود. بنابراین امکان بررسی کامل‌تر و شناسایی مبنای ژنتیکی این تفاوت‌ها وجود داشت. اختلاف والدین در هر دو شرایط کاشت فقط از نظر تعداد شاخه در بوته در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی‌دار بود. بین دورگ‌ها از نظر هر دو صفت و در هر دو شرایط کاشت اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. تجزیه اثر دورگ‌ها به اجزای خود بر مبنای تجزیه لاین × تستر نشان داد که در شرایط کاشت معمول اختلاف لاین‌ها فقط از نظر تعداد شاخه در بوته و در شرایط کاشت تاخیری فقط از نظر عملکرد دانه معنی‌دار است. اختلاف تسترها نیز از نظر هر دو صفت تعداد شاخه در بوته و عملکرد دانه فقط در شرایط کاشت معمول معنی دار بود. در هر دو شرایط کاشت، اثر لاین × تستر برای صفات مذکور معنی‌دار به دست آمد. این امر نشان می‌دهد که لاین‌ها در ترکیب با تسترهای مختلف واکنش متفاوتی داشتند. ضریب تغییرات برای هر دو صفت بسته به نوع شرایط کاشت از ۸/۶۷ درصد تا ۱۸/۶۰ درصد متغیر بود (جدول ۳).

نتایج حاصل از تجزیه مرکب دو محیط (تاریخ کاشت معمول و تاخیری) برای صفات ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه پس از تایید یکنواختی واریانس اشتباه‌های درون تیماری آن‌ها توسط آماره F max در جدول ۴ منعکس شده است. مطابق این جدول، در مورد اثر ساده محیط برای کلیه این چهار صفت اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد. بنابراین، می‌توان گفت که تاخیر در کاشت تأثیر متفاوتی بر این صفات داشته است. معنی‌دار بودن اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از نظر همهٔ این صفات در سطوح احتمال یک درصد حاکی از وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها بود. افزون براین، اختلاف والدین از نظر این صفات در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. میانگین مربعات والدین در برابر دورگ‌ها که آزمونی برای وجود هتروزیس متوسط است (Hallauer and Miranda, 1988) فقط از نظر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بین دورگ‌ها از نظر کلیه این صفات اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد به دست آمد. تجزیه اثر دورگ‌ها به اجزای خود بر مبنای تجزیه لاین × تستر نشان داد که اختلاف لاین‌ها از نظر همه صفات به جز وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اختلاف تسترها و نیز اثر لاین ×

جدول ۳- میانگین مربعات و وراثت‌پذیری صفات تعداد شاخه در بوته و عملکرد دانه در شرایط کاشت معمول و تاخیری به روش لاین × تستر بر پایهٔ طرح آلفا لاتیس (نسل F2)

Table 3. Mean squares and heritability of branches per plant and seed yield in rapeseed under normal and late sowing conditions by the line × tester method based on alpha lattice design (F2 generation)

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	شاخه در بوته Branches per plant		عملکرد دانه Seed yield (tha^{-1})	
			کاشت معمول Normal sowing	کاشت تاخیری Late sowing	کاشت معمول Normal sowing	کاشت تاخیری Late sowing
Replication	تکرار	1	0.946	10.222**	0.386	0.523
Block (adj.)	بلوک تصحیح شده	46	0.582*	0.654	0.239	0.135
Treatments (adj.)	تیمار تصحیح شده	119	1.052**	1.014*	0.516**	0.240*
Parents	والدین	19	0.829**	1.191*	0.263	0.164
Parents vs. Crosses	والدین در برابر دورگ‌ها	1	0.429	0.00001	0.426	0.269
Crosses	دورگ‌ها	99	1.101**	0.990*	0.566**	0.254**
Lines	لاین‌ها	9	0.996**	1.092	0.168	0.381*
Testers	تسترها	9	0.854*	1.041	0.714**	0.218
Lines×Testers	لاین × تستر	81	1.140**	0.973*	0.594**	0.244*
Error	خطا	73	0.356	0.627	0.177	0.147
C.V. (%)	درصد ضریب تغییرات	-	8.670	18.600	10.640	14.650
BSH (%)	درصد وراثت پذیری عمومی	-	89.120	73.990	89.090	79.780
NSH (%)	درصد وراثت پذیری خصوصی	-	46.450	48.510	43.420	56.020
Gene action	نحوه عمل ژن	-	0.720	1.260	0.630	1.570
Average degree of dominance	میانگین درجه غالبیت	-	1.350	1.020	1.450	0.920

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

لاین‌ها و تسترها ثابت در نظر گرفته شده‌اند.

* and **: Significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

Lines and testers are considered as fixed factors.

BSH: Broad sense heritability; NSH: Narrow sense heritability

جدول ۴- تجزیه مرکب (شرایط کاشت معمول و تاخیری) صفات زراعی در کلزا به روش لاین × تستر بر پایهٔ طرح آلفا لاتیس

Table 4. Combined analysis of variance for agronomic traits in rapeseed by the line × tester method based on alpha lattice design over two environments (normal and late sowing dates) in rapeseed

S.O.V.	منابع تغییرات	درجهٔ آزادی df.	ارتفاع بوته Plant height	خورجین در بوته Siliques per plant	دانه در خورجین Seed per silique	وزن هزار دانه 1000-seed weight
Environments (Env.)	محیط	1	25085.606**	116752.995**	1171.256**	47.082**
Treatments (adj.)	تیمار تصحیح شده	119	163.447**	641.304**	5.229**	0.188**
Parents	والدین	19	132.626**	706.847**	7.567**	0.212**
Parents vs. Crosses	والدین در برابر دورگ‌ها	1	993.320**	142.858	4.052	0.00043
Crosses	دورگ‌ها	99	160.980**	633.760**	4.792**	0.186**
Lines	لاین‌ها	9	321.058**	945.654**	7.437**	0.052
Testers	تسترها	9	174.911**	814.702**	4.817*	0.200**
Lines × Testers	لاین × تستر	81	141.645**	579.001**	4.495**	0.199**
Treatments × Env.	تیمار × محیط	119	39.192	127.425	2.593	0.047
Parents × Env.	والدین × محیط	19	22.912	114.511	2.284	0.065*
(Parents vs. Crosses) × Env.	(والدین در برابر دورگ‌ها) × محیط	1	80.705	33.253	0.725	0.001
Crosses × Env.	دورگ‌ها × محیط	99	41.897	130.855	2.671	0.044
Lines × Env.	لاین‌ها × محیط	9	18.094	98.713	3.300	0.107**
Testers × Env.	تسترها × محیط	9	28.086	142.966	1.209	0.031
Lines × Testers × Env.	لاین × تستر × محیط	81	46.076	133.081	2.764	0.039
Pooled error	خطای ادغام شده	146	34.917	124.019	2.472	0.037
C.V. (%)	درصد ضریب تغییرات	-	5.070	7.550	6.920	5.040
BSH (%)	درصد وراثت‌پذیری عمومی	-	87.160	87.980	63.140	84.460
NSH (%)	درصد وراثت‌پذیری خصوصی	-	52.250	48.820	36.330	24.610
Gene action	نحوه عمل ژن	-	0.990	0.830	0.910	0.210
Average degree of dominance	میانگین درجه غالبیت	-	1.150	1.270	1.210	2.210

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

* and **: Significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

BSH: Broad sense heritability; NSH: Narrow sense heritability

تستر برای کلیه صفات مذکور در سطح احتمال ۵ تا ۱ درصد معنی‌دار بودند. اثر متقابل تیمار × محیط و نیز اثر اجزای تشکیل دهنده آن در اکثر موارد به جز اثر لاین × محیط برای وزن هزار دانه از نظر آماری غیرمعنی‌دار بود. این موضوع نشان می‌دهد که اختلاف لاین‌ها، تسترها و دورگ‌های حاصل از آن‌ها از نظر این صفات در دو شرایط کاشت معمول و تاخیری یکسان بوده است. ضریب تغییرات برای هر چهار صفت کمتر از ۸ درصد برآورد شد (جدول ۴).

مقایسه میانگین صفات

مقایسه میانگین صفات لاین‌ها، تسترها و دورگ‌های حاصل از آن‌ها در دو شرایط آزمایش از طریق آزمون LSD در جدول‌های ۵ و ۶ نشان داده شده است. در هر دو شرایط محیطی، تستر ۷ و لاین‌های ۲، ۳ و ۴ با متوسط ۱۲۳/۳۱ سانتی‌متر دارای بیشترین ارتفاع بوته در میان سایر والدین بودند. حال آن که تسترهای ۴، ۹، ۵ و لاین ۶ با متوسط ۱۰۰/۶۱ سانتی‌متر در زمره کوتاه‌ترین والدین بودند. لاین‌های ۲ و ۳ در ایجاد دورگ‌های پابلند مانند دورگ‌های T9×L3 و T3×L2 (به ترتیب ۱۳۸/۷۷ و ۱۳۱/۱۶ سانتی‌متر) و نیز تسترهای ۴ و ۵ در تشکیل دورگ‌های پاکوتاه مانند T4×L7 و T5×L7 (به ترتیب ۹۵/۷۰ و ۹۶/۱۵ سانتی‌متر) در هر دو شرایط آزمایش شرکت داشتند. در شرایط کاشت معمول، تسترهای ۵ و ۶ و لاین‌های ۶ و ۱۰ با متوسط ۶/۴۷ شاخه دارای بیشترین تعداد شاخه در بوته در میان سایر والدین بودند. حال آن که در شرایط کاشت تاخیری، تسترهای ۱، ۲ و ۸ و نیز لاین ۸ با متوسط ۵/۳۷ شاخه بیشترین تعداد شاخه در بوته در میان سایر والدین را داشتند. تستر ۵ و لاین ۶ منجر به تولید دورگ‌هایی مانند T5×L4 و T9×L6 با تعداد شاخه فرعی بیشتر در شرایط تاریخ کاشت معمول شدند. تستر ۸ نیز در شرایط کاشت تاخیری یکی از والدین دورگ‌های با تعداد شاخه فرعی بیشتر، مانند T8×L3 و T8×L5 (به ترتیب ۱۳۴/۶۰ و ۱۳۱/۱۶ شاخه) بودند. در هر دو شرایط اجرای آزمایش، تسترهای ۳، ۶، ۷ و لاین ۲ با متوسط ۱۷۰/۹۱ خورجین دارای بیشترین تعداد خورجین در بوته در میان سایر والدین بودند. تسترهای ۶ و ۷ به عنوان یکی از والدین دورگ‌ها برخوردار تعداد خورجین در بوته بیشتر در هر دو شرایط کاشت (دورگ‌های T7×L5 و T6×L8) بودند. در هر دو محیط، لاین‌های ۱ و ۳ با متوسط ۲۶/۵۸ دانه دارای بیشترین تعداد دانه در خورجین در میان سایر والدین بودند. دورگ T9×L1 با شرکت لاین ۱ به عنوان یکی از والدین و با متوسط ۲۵/۳۰ دانه جزو چهار دورگ با تعداد دانه بیشتر در هر دو شرایط آزمایش بود. در هر دو محیط، تسترهای ۳ و ۶ و نیز لاین‌های ۳ و ۷ با متوسط ۴/۱۱ گرم دارای بیشترین وزن هزار دانه بودند. افزون براین، ترکیبات T6×L4 و T6×L7 به ترتیب با

جدول ۵- میانگین لاین‌ها و تسترهای کلزا برای برخی صفات زراعی در شرایط کاشت معمول و تاخیری (نسل F2)

Table 5. Mean of rapeseed testers and lines for some agronomic traits in rapeseed under normal and late sowing conditions (F2 generation)

Traits	صفات	For	در جهت	Normal sowing کاشت معمول	Late sowing کاشت تاخیری
Plant height (cm)	ارتفاع بوته	Max.	بیشترین	T7 (120.16**), L3 (125.27**), L4 (125.07**), L2 (122.75**).	
		Min.	کمترین	T4 (93.94**), T9 (100.25**), T5 (103.54**), L6 (104.69**).	
Branches per plant	شاخه در بوته	Max.	بیشترین	T5 (7.60**), T6 (6.51**), L6 (7.55**), L10 (4.22**).	T1 (6.02**), T2 (4.94**), T8 (5.03**), L8 (5.51**).
Siliques per plant	خورجین در بوته$^{+}$	Max.	بیشترین	T3 (177.98**), T6 (181.34**), T7 (161.87**), L2 (162.46**).	
Seeds per silique	دانه در خورجین$^{+}$	Max.	بیشترین	L1 (24.41**), L3 (28.76**).	
1000-seed weight (g)	وزن هزار دانه	Max.	بیشترین	T3 (4.13**), T6 (4.11**), L3 (4.14**), L7 (4.05**).	
Seed yield (tha^{-1})	عملکرد دانه	Max.	بیشترین	T7 (4.51**), T10 (4.38**), L8 (4.18**), L9 (4.18**).	T3 (2.88**), L2 (3.08**), L4 (3.55**), L8 (2.88**).

$^{+}$ Information is based on combined analysis over two environments (normal and late sowing).

** : Significant at 1% level of probability (than compared to the mean).

For name of lines and testers see Table 2.

$^{+}$اطلاعات براساس تجزیهٔ مرکب دو محیط (کاشت معمول و تاخیری) است.

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد (نسبت به میانگین والدین).

برای نام لاین ها و تسترها به جدول ۲ مراجعه شود.

جدول ۶- میانگین دورگ‌های کلزا برای برخی صفات زراعی در شرایط کاشت معمول و تاخیری (نسل F2)

Table 6. Mean of some agronomic traits in rapeseed crosses under normal and late sowing conditions (F2 generation)

Traits	صفات	For	در جهت	Normal sowing کاشت معمول	Late sowing کاشت تاخیری
Plant height (cm)	ارتفاع بوته+	Max.	بیشترین	T9×L3 (138.77**), T5×L8 (134.60**), T8×L7 (132.92**), T3×L2 (131.16**).	
		Min.	کمترین	T4×L7 (95.70**), T5×L7 (96.15**), T8×L8 (98.28**), T10×L9 (97.70**).	
Branches per plant	شاخه در بوته	Max.	بیشترین	T3×L2 (8.28**), T5×L4 (8.89**), T8×L4 (8.25**), T9×L6 (8.40**).	T4×L2 (138.77**), T8×L3 (134.60**), T6×L4 (132.92**), T8×L5 (131.16**).
Siliques per plant	خورجین در بوته+	Max.	بیشترین	T2×L1 (184.35**), T2×L3 (189.42**), T7×L5 (178.72**), T6×L8 (177.74**).	
Seed per silique	دانه در خورجین+	Max.	بیشترین	T9×L1 (25.30**), T4×L6 (25.29**), T6×L8 (25.47**), T10×L8 (25.60**).	
1000 seed weight (g)	وزن هزار دانه+	Max.	بیشترین	T7×L1 (4.21**), T5×L4 (4.23**), T6×L4 (4.21**), T6×L7 (4.30**).	
Seed yield (tha^{-1})	عملکرد دانه	Max.	بیشترین	T7×L1 (5.02**), T2×L2 (4.90**), T8×L5 (5.13**), T8×L9 (4.91**).	T2×L1 (3.51**), T3×L1 (3.45**), T7×L3 (3.58**), T10×L3 (3.88**).

+ Information is based on combined analysis over two environments (normal and late sowing).

** : Significant at 1% level of probability (compared to the crosses mean).

For name of lines and testers see Table 2.

+ اطلاعات براساس تجزیهٔ مرکب دو محیط (کاشت معمول و تاخیری) است.

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد (نسبت به میانگین دورگ‌ها).

برای نام لاین ها و تسترها به جدول ۲ مراجعه شود.

وزن هزار دانه ۴/۲۱ و ۴/۳۰ گرم به عنوان چهار ترکیب برخوردار از وزن هزار دانه بالا در هر دو شرایط کاشت شناسایی شدند. در شرایط کاشت معمول، تسترهای ۷ و ۱۰ و لاین‌های ۸ و ۹ با متوسط ۴/۳۱ تن در هکتار دارای بیشترین عملکرد دانه در میان سایر والدین بودند. حال آن که در شرایط کاشت تاخیری، تسترهای ۲ و ۳ و لاین‌های ۴ و ۸ با متوسط ۳/۰۹ تن در هکتار بیشترین عملکرد دانه در میان سایر والدین را داشتند. تستر ۷ یکی از والدین دورگ‌های پرمحصول مانند دورگ‌های T7×L1 (کاشت معمول) و T7×L3 (کاشت تاخیری) (به ترتیب ۵/۰۲ و ۳/۵۸ تن در هکتار) بود. تسترهای ۲ و ۳ نیز جزو یکی از والدین دورگ‌های پرمحصول (T2×L1 و T3×L1) در شرایط کاشت تاخیری بودند. بررسی واکنش لاین‌های امیدبخش کلزا به کشت تأخیری و گزینش لاین‌هایی که پایداری عملکرد بیشتری در کشت‌های دیر هنگام دارند، تأثیر به سزایی در توسعهٔ کشت کلزا در ایران به ویژه در مناطقی که برداشت زراعت‌های بهاری دیر صورت انجام می‌شود، خواهد داشت. از این‌رو، معرفی ارقام مناسب برای کشت‌های تأخیری سبب گسترش سطح زیر کشت کلزا در مناطقی می‌شود که آبیاری‌های آخر کشت‌های بهاری با آبیاری‌های اول کشت به موقع کلزا در پاییز تداخل پیدا می‌کند زیرا در این حالت کاشت و آبیاری‌های اولیهٔ کلزا زمانی صورت انجام می‌شود که آبیاری‌های آخر زراعت‌های بهاری پایان یافته است. به عنوان یک رهیافت عملی، لاین ۸ (KS11) و تستر ۱۰ (SAN-12) این پژوهش که از عملکرد بالا در هر دو شرایط کاشت معمول و تاخیری برخوردار بودند به‌ترتیب با نام‌های احمدی (برای کشت در مناطق سرد و معتدل سرد کشور) و دلگان (برای کشت در مناطق گرم جنوب کشور) معرفی و نامگذاری شدند.

ترکیب‌پذیری والدین

برآورد بهترین ترکیب‌شونده‌های عمومی لاین‌ها و تسترها و نیز بهترین ترکیب شونده‌های خصوصی دورگ‌ها از نظر عملکرد دانه و برخی صفات زراعی در شرایط کاشت معمول و تاخیری در جدول‌های ۷ و ۸ آورده شده است. در هر دو شرایط اجرای آزمایش، تسترهای ۹ و ۳ و لاین‌های ۲ و ۱۰ به عنوان بهترین ترکیب شونده عمومی در جهت افزایش ارتفاع بوته و تسترهای ۵ و ۱۰ و لاین‌های ۷ و ۹ به عنوان بهترین ترکیب شونده عمومی در جهت کاهش ارتفاع بوته شناخته شدند. بنابراین می‌توان در برنامه‌های به‌نژادی به منظور افزایش یا کاهش ارتفاع بوته از والدهای دارای اثر ترکیب‌پذیری عمومی معنی‌دار استفاده کرد. تستر ۹ در ایجاد دورگ پابلند T9×L3 و نیز لاین ۷ در تشکیل دورگ پاکوتاه T4×L7 در هر دو شرایط آزمایش شرکت داشتند. کاهش ارتفاع بوته در کلزا همراه با افزایش میزان تحمل به خوابیدگی ارقام و در نتیجه بهبود شاخص برداشت (Pouzet, 1995) از اهداف مهم به‌نژادی کلزا

جدول ۷- بهترین ترکیب شونده‌های عمومی تسترها و لاین‌های کلزا برای برخی صفات زراعی در شرایط کاشت معمول و تاخیری (نسل F2)

Table 7. The best general combiner of rapeseed testers and lines for some agronomic traits in normal and late sowing conditions (F2 generation)

Traits	صفات	For	در جهت	Normal sowing کاشت معمول	Late sowing کاشت تاخیری
Plant height (cm)	ارتفاع بوته+	Inc.	افزاینده	T9 (4.650**), L10 (4.301**), L2 (4.151**), T3 (2.873*).	
		Dec.	کاهنده	L9 (-7.505**), T5 (-5.419**), L7 (-4.582**), T10 (-2.622*).	
Branches per plant	شاخه در بوته	Inc.	افزاینده	T8 (0.346**).	T8 (0.530**).
Siliques per plant	خورجین در بوته+	Inc.	افزاینده	L8 (13.275**), T2 (12.209**), L5 (7.842**), T8 (5.983*).	
Seed per silique	دانه در خورجین+	Inc.	افزاینده	T3 (0.820*).	
1000 seed weight (g)	وزن هزار دانه+	Inc.	افزاینده	T4 (0.137**), T6 (0.108*), L4 (0.112**).	
Seed yield (tha^{-1})	عملکرد دانه	Inc.	افزاینده	T9 (0.246**).	T2 (0.235**), L1 (0.208*).

+ Information is based on the combined analysis over two environments (normal and late sowing).

*and ** :Significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

For name of lines and testers see Table 2.

Inc: Increase; Dec: Decrease

+ اطلاعات براساس تجزیهٔ مرکب دو محیط (کاشت معمول و تاخیری) است.

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

برای نام لاین ها و تسترها به جدول ۲ مراجعه شود.

جدول ۸- بهترین ترکیب شونده‌های خصوصی دورگ‌های کلزا برای برخی صفات زراعی در شرایط کاشت معمول و تاخیری (نسل F2)

Table 8. The best specific combiner of rapeseed crosses for some agronomic traits in normal and late sowing conditions (F2 generation)

Traits	صفات	For	در جهت	Normal sowing کاشت معمول	Late sowing) کاشت تاخیری
Plant height (cm)	ارتفاع بوته+	Inc.	افزاینده	T9×L3 (28.261**), T8×L7 (41.015**), T5×L8 (38.816**), T4×L9 (28.586**).	
		Dec.	کاهنده	T6×L3 (-42.322**), T1×L5 (-33.724**), T4×L7 (-37.819**), T8×L8 (-43.525**).	
Branches per plant	شاخه در بوته	Inc.	افزاینده	T3×L2 (1.373**), T5×L4 (1.794**), T9×L6 (1.237**), T3×L10 (1.468**).	T4×L2 (1.689**), T6×L4 (1.719**), T10×L5 (1.374**), T9×L6 (1.502**).
Siliques per plant	خورجین در بوته+	Inc.	افزاینده	T2×L3 (67.120**), T1×L4 (62.392**), T7×L7 (54.005**), T6×L9 (57.185**).	
Seed per silique	دانه در خورجین+	Inc.	افزاینده	T4×L6 (5.621**), T5×L6 (4.844**), T6×L8 (6.803**), T10×L8 (5.077**).	
1000 seed weight (g)	وزن هزار دانه+	Inc.	افزاینده	T7×L1 (0.866**), T3×L1 (0.846**), T1×L2 (0.850**), T3×L10 (0.825**).	
Seed yield (tha^{-1})	عملکرد دانه	Inc.	افزاینده	T7×L1 (1.041**), T8×L5 (1.047**), T3×L8 (1.092**), T8×L9 (1.060**).	T3×L1 (0.690*), T9×L2 (0.635*), T7×L3 (0.737**).

+ Information is based on combined analysis over two environments (normal and late sowing).
* and ** Significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.
Inc.: Increase; Dec:= Decrease
For name of lines and testers see Table 2.

+ اطلاعات براساس تجزیهٔ مرکب دو محیط (کاشت معمول و تاخیری) است.
* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.
برای نام لاین ها و تسترها به جدول ۲ مراجعه شود.

در ایران محسوب می‌شود. بنابراین می‌توان از دورگ‌هایی مانند T4×L7 که دارای ترکیب پذیری خصوصی منفی و معنی‌دار برای ارتفاع بوته هستند، برای کاهش ارتفاع بوته در برنامه‌های به‌نژادی استفاده کرد. در هر دو شرایط کاشت معمول و تاخیری، تستر ۸ به عنوان بهترین ترکیب شونده عمومی برای افزایش تعداد شاخه در بوته منظور شد. دورگ T9×L6 نیز به عنوان بهترین ترکیب شونده خصوصی برای این صفت در هر دو شرایط کاشت معمول و تاخیری شناخته شد. در هر دو شرایط اجرای آزمایش، تسترهای ۲ و ۸ و لاین‌های ۵ و ۸ بهترین ترکیب شونده‌های عمومی و دورگ T2×L3 بهترین ترکیب شونده خصوصی برای افزایش تعداد خورجین در بوته بودند. در هر دو شرایط، تستر ۳ بهترین ترکیب شونده عمومی برای افزایش تعداد دانه در خورجین در میان سایر والدین بود. چهار دورگ T4×L6، T5×L6، T6×L8 و T10×L8 نیز در زمره بهترین ترکیب شونده‌های خصوصی برای این صفت در هر دو شرایط آزمایش بودند. در هر دو محیط، تسترهای ۴ و ۶ و نیز لاین ۴ به عنوان بهترین ترکیب شونده عمومی برای وزن هزار دانه بالا در بین سایر والدین بودند. بنابراین، استفاده از لاین‌ها و تسترهایی که دارای ترکیب‌پذیری عمومی معنی‌دار هستند می‌تواند سبب افزایش سهم اثر افزایشی ژن‌ها شده و بازده گزینش را بالا ببرد. چهار دورگ T7×L1، T3×L1، T1×L2و T3×L10 در زمره بهترین ترکیب شونده خصوصی برای افزایش وزن هزار دانه در هر دو شرایط بودند. در شرایط کاشت معمول تستر ۹ و در شرایط کاشت تاخیری تستر ۲ و لاین ۱ به عنوان بهترین ترکیب شونده عمومی در جهت افزایش عملکرد دانه شناخته شدند. چهار دورگ T7×L1، T8×L5، T3×L8و T8×L9 در شرایط کاشت معمول و سه دورگ T3×L1، T9×L2 و T7×L3 در شرایط کاشت تاخیری در زمره بهترین ترکیب شونده‌های خصوصی برای افزایش عملکرد دانه در میان صد دورگ مورد مطالعه بودند. از این رو، از این دورگ‌ها می‌توان در برنامه‌های به‌نژادی مبتنی بر دورگ‌گیری برای افزایش عملکرد دانه کلزا متناسب با نوع کشت معمول یا تاخیری استفاده کرد.

هتروزیس

برآورد هتروزیس والد برتر دورگ‌ها از نظر عملکرد دانه و برخی صفات زراعی در شرایط کاشت معمول و تاخیری در جدول ۹ منعکس شده است. در هر دو شرایط اجرای آزمایش، چهار دورگ T6×L3، T5×L4، T4×L7 و T5×L7 از بیشترین هتروزیس معنی‌دار در جهت منفی برای ارتفاع بوته برخوردار بودند. از چهار دورگ مذکور دورگ‌های T6×L3 و T4×L7 بهترین ترکیب شونده خصوصی در جهت کاهش ارتفاع بوته نیز بودند. منفی بودن مقادیر هتروزیس بیانگر این است که دورگ‌ها

به طرف والد واجد مقدار کمتر صفت گرایش داشته‌اند که از نظر این صفت یک مزیت محسوب می‌شود. در شرایط کاشت معمول، چهار دورگ T7×L1، T5×L4، T4×L5 و T7×L5 و در شرایط کاشت تاخیری چهار دورگ T6×L4، T5×L10، T10×L5 و T7×L10 دارای بیشترین هتروزیس معنی‌دار در جهت مثبت برای تعداد شاخه در بوته بودند. از میان دورگ‌های یاد شده دورگ‌های T5×L4 و T10×L5 به عنوان بهترین ترکیب شونده خصوصی برای افزایش تعداد شاخه در بوته نیز، به ترتیب در شرایط کاشت معمول و تاخیری، شناخته شدند. افزون بر این دو دورگ مذکور به ترتیب برای وزن هزار دانه و تعداد خورجین در بوته در هر دو شرایط آزمایش از بیشترین هتروزیس معنی‌دار در جهت مثبت برخوردار بودند. در هر دو محیط دورگ T9×L1 دارای بیشترین هتروزیس معنی‌دار در جهت مثبت برای صفات تعداد خورجین در بوته و وزن هزار دانه بود. وجود هتروزیس برای اجزای عملکرد دانه کلزا به ویژه تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین توسط برخی از محققان (Ofori and Becker, 2008؛ Rameah *et al.*, 2003؛ Turi *et al.*, 2010) گزارش شده است. بنابراین به‌نظر می‌رسد بهبود صفات درگیر در عملکرد دانه در ارقام هیبرید کلزا می‌تواند در افزایش عملکرد دانه کمک‌ساز باشد.

چهار دورگ T2×L2، T8×L5، T6×L1 و T9×L5 از بیشترین هتروزیس مثبت و معنی‌دار برای عملکرد دانه در شرایط کاشت معمول و چهار دورگ T7×L3، T10×L3، T5×L3 و T2×L1 از بیشترین هتروزیس مثبت و معنی‌دار برای عملکرد دانه در شرایط کاشت تاخیری از میان ۱۰۰ دورگ مورد مطالعه برخوردار بودند. در گزارش‌های قبلی نیز مقادیر بالایی از هتروزیس برای عملکرد دانه کلزا مشاهده شده است. به طوری که مقادیر هتروزیس ۱۰۸/۹ درصد توسط گوپتا و همکاران (Gupta *et al.*, 2006) و ۱۰۴/۷ درصد توسط اکبر و همکاران (Akbar *et al.*, 2007) گزارش شده است و به همین دلیل رهیافت اصلاح و تولید ارقام هیبرید از سال‌ها پیش مورد توجه قرار گرفته است. در ایران نیز در چند سال گذشته به طور مستمر برنامه‌های به‌نژادی در راستای نیل به تولید ارقام هیبرید بهاره برای کشت در اقلیم‌های گرم مرطوب و گرم خشک کشور و ارقام زمستانی کلزا برای کشت در اقلیم‌های سرد و معتدل سرد کشور در دست اجرا است.

وراثت‌پذیری

وراثت‌پذیری عمومی هر دو صفت تعداد شاخه در بوته و عملکرد دانه در شرایط کاشت معمول به ترتیب ۸۹/۱۲ و ۸۹/۰۹ درصد و در شرایط کاشت تاخیری به ترتیب ۷۳/۹۹ و ۷۹/۷۸ درصد برآورد شد، حال آن که وراثت‌پذیری خصوصی این صفات در هر دو

جدول ۹- مقدار هتروزیس والد برتر دورگ‌های کلزا برای برخی صفات زراعی در شرایط کاشت معمول و تاخیری (نسل F2)

Table 9. The amount of high parent heterosis for some agronomic traits in rapeseed under normal and late sowing conditions (F2 generation)

Traits	صفات	For	در جهت	Normal sowing کاشت معمول	Late sowing کاشت تاخیری
Plant height (cm)	ارتفاع بوته+	Max.	بیشترین	T3×L5 (15.533**), T8×L7 (14.286**), T5×L8 (21.606**), T3×L10 (14.546**).	
		Min.	کمترین	T6×L3 (-21.275**), T5×L4 (-19.289**), T4×L7 (-17.713**), T5×L7 (-17.326**).	
Branches per plant	شاخه در بوته	Max.	بیشترین	T7×L1 (23.430**), T5×L4 (16.974**), T4×L5 (22.409**), T7×L5 (19.207**).	T6×L4 (64.499**), T5×L10 (43.873**), T10×L5 (50.254**), T7×L10 (30.595**).
Siliques per plant	خورجین در بوته+	Max.	بیشترین	T2×L1 (22.370**), T9×L1 (20.486*), T2×L3 (20.831**), T10×L5 (20.142*).	
Seed per silique	دانه در خورجین+	Max.	بیشترین	T4×L6 (18.067**), T3×L7 (16.857**), T1×L9 (17.288**), T3×L9 (15.066**).	
1000 seed weight (g)	وزن هزار دانه+	Max.	بیشترین	T8×L1 (9.459**), T9×L1 (14.903**), T5×L4 (8.046**), T4×L9 (7.743**).	
Seed yield (tha^{-1})	عملکرد دانه	Max.	بیشترین	T6×L1 (20.710**), T2×L2 (30.319**), T9×L5 (20.460**), T8×L5 (29.873**).	T2×L1 (23.592**), T5×L3 (23.643**), T7×L3 (41.502**), T10×L3 (36.842**).

+ Information is based on combined analysis over two environments (normal and late sowing).

* and ** Significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

For name of lines and testers see Table 2.

+ اطلاعات براساس تجزیهٔ مرکب دو محیط (کاشت معمول و تاخیری) است.

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

برای نام لاین ها و تسترها به جدول ۲ مراجعه شود.

شرایط کاشت در حد متوسط (بین ۴۳/۴۲ تا ۵۶/۰۲ درصد) به دست آمد (جدول ۳). بنابراین گزینش برای عملکرد دانه و تعداد شاخه در بوته در نسل‌های اولیه با توجه به متوسط بودن وراثت پذیری خصوصی آن‌ها چندان موثر نخواهد بود. از طرف دیگر بهتر است برای بهره‌برداری از اثر غالبیت ژنی در خصوص این صفات از پدیده هتروزیس استفاده کرد. مطابق جدول ۴، وراثت‌پذیری عمومی صفات ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه با توجه به برآورد مشترک دو محیط کاشت معمول و تاخیری به ترتیب ۸۷/۱۶، ۸۷/۹۸، ۶۳/۱۴، ۸۴/۴۶ درصد برآورد شد. اکبر و همکارن (Akbar *et al.*, 2008) نیز وراثت‌پذیری عمومی بیشتر از ۷۰ درصد برای برخی از اجزای عملکرد دانه به ویژه تعداد خورجین در بوته و وزن هزار دانه در کلزا گزارش کردند. در عین حال وراثت‌پذیری خصوصی صفات تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه در حد کم (به ترتیب ۳۶/۳۳ و ۲۴/۶۱ درصد) و برای صفات ارتفاع بوته و تعداد خورجین در بوته در حد متوسط (به ترتیب ۵۲/۲۵ و ۴۸/۸۲ درصد) برآورد شد. مقادیر بالای پذیری عمومی نشان داد که اهمیت واریانس ژنتیکی به مراتب بیشتر از واریانس محیطی است. با وجود این به علت انجام آزمایش در یک سال، احتمالاً بخشی از واریانس ژنتیکی مربوط به واریانس اثر متقابل ژنوتیپ در سال است. همچنین نبود تعادل در پیوستگی ژن‌ها نیز بخشی از تفاوت در برآورد وراثت‌پذیری صفات را توجیه می‌کند. فالکونر (Falconer, 1983) نیز اظهار داشت که در صورت نبودن تعادل در پیوستگی ژن‌ها، اثر غالبیت سبب اریب در برآورد وراثت‌پذیری می‌شود. پایین بودن وراثت‌پذیری خصوصی صفاتی مانند تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه می‌تواند به علت بیشتر بودن سهم اثر غیر افزایشی نسبت به اثر افزایشی باشد. چنین برآوردهایی نیز توسط سایر محققان (Duhoon *et al.*, 1982؛ Labana and Jindal, 1982) برای برخی از اجزای عملکرد دانه در کلزا گزارش شده است.

برآورد کمتر از یک برای نسبت واریانس ترکیب‌پذیری عمومی به واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی برای تمام صفات مورد مطالعه به جز صفات تعداد شاخه در بوته و عملکرد دانه در شرایط کاشت تاخیری (جدول‌های ۳ و ۴) حاکی از نقش موثر اثر غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل ژنتیکی آن‌ها است. برآوردهای مشابهی نیز توسط برخی از محققان در کلزا گزارش شده است (Huang *et al.*, 2010؛ Akbar *et al.*, 2007؛ Mahmud *et al.*, 2009؛ Khan *et al.*, 2006).

میانگین درجه غالبیت برای تمام صفات به جز عملکرد دانه در شرایط کاشت تاخیری بیشتر از یک برآورد شد (جدول‌های ۳ و۴). بزرگ‌تر و کوچک‌تر بودن میانگین درجه غالبیت

از یک به ترتیب بیانگر عمل فوق غالبیت و غالبیت نسبی ژن‌هااست. غلامی و همکاران (Gholami *et al.*, 2008) با استفاده از تلاقی لاین × تستر در کلزا، درجه غالبیت را برای صفاتی مانند ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته، طول ساقه اصلی و عملکرد دانه بیش از یک برآورد کردند که حاکی از اثر فوق غالبیت و اهمیت بیشتر اثر غیر افزایشی ژن‌ها در کنترل ژنتیکی این صفات بود. با توجه به معنی دار بودن اثر افزایشی ژن‌ها در کنترل کلیه صفات، عمل فوق غالبیت به‌خصوص در صفات تعداد شاخه در بوته (شرایط کاشت تاخیری) و ارتفاع بوته (هر دو شرایط کاشت) می‌تواند از نوع کاذب و ناشی از تجمع اثر غالبیت ناقص یا کامل ژن‌های کنترل کننده این صفات یا ناشی از پیوستگی ژنی باشد (Hallauer and Miranda, 1988) اما در مورد سایر صفات به جز عملکرد دانه در شرایط کاشت تاخیری اثر غالبیت ژن‌ها به وضوح نقش مهم‌تری را نسبت به اثر افزایشی داشتند.

به عنوان یک نتیجه‌گیری کلی از این تحقیق می‌توان گفت که تنوع ژنتیکی کافی در بین صفات زراعی کلزا در هر دو شرایط کاشت معمول و تاخیری وجود داشت که می‌توان از این تنوع در جهت افزایش عملکرد و ایجاد ارقام مناسب برای کشت‌های تاخیری در مناطق سرد و معتدل سرد کشور استفاده کرد. براساس جمیع صفات مورد مطالعه، تسترهای ۷ و ۱۰ در شرایط کاشت معمول، تستر ۳ و لاین ۲ در شرایط کاشت تاخیری و تنها لاین ۸ در هر دو شرایط کاشت معمول و تاخیری جزو ژنوتیپ‌های پرمحصول و مناسب در کشت‌های تاخیری بودند. افزون براین، دورگ‌های T7×L1، T8×L5 و T8×L9 در شرایط کاشت معمول و دورگ‌های T3×L1 و T7×L3 در شرایط کاشت تاخیری جزو ژنوتیپ‌های پرمحصول شناخته شدند. اهمیت اثر غالبیت ژنی و نقش مهم آن‌ها در تبیین عملکرد دانه و اجزای آن در کلزا و وجود هتروزیس قابل توجه برای این صفات، تولیدارقام هیبرید را در این گیاه برای نیل به عملکرد بالا گوشزد می‌کند. لازم به ذکر است که نتایج به دست آمده از این تحقیق به علت ثابت بودن ژنوتیپ‌ها احتمالا قابل تعمیم به سایر ژنوتیپ‌ها نیست و فقط در رابطه با مواد ژنتیکی مورد آزمایش صادق است. به طوری که وجود برخی تفاوت‌ها در یافته‌های این تحقیق با یافته‌های دیگران و نیز یافته‌های دیگر محققان با یک‌دیگر نشان می‌دهد که نوع مواد و طرح آزمایشی مورد استفاده نمی‌تواند در این مورد بی‌تاثیر باشد، بنابراین شاید انتخاب لاین‌های مختلف با دامنهٔ وسیع‌تری از تغییرات بتواند به نتیجه‌گیری عمومی‌تر و جامع‌تری منجر شود. به‌رغم دقت زیاد در انجام آزمایش، لازم است بررسی صفات در سال و مکان‌های دیگر نیز انجام شود تا ضمن تعیین اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، برآورد وراثت پذیری صفات نیز با ضریب اطمینان بالا صورت انجام شود.

سپاسگزاری

در طول اجرای آزمایش، از کمک‌های ارزنده برخی از همکاران بخش تحقیقات دانه‌های روغنی به ویژه آقایان دکتر بهرام علیزاده، مهندس منصوری، دکتر دانشیان و مهندس ولی‌پور بهره گرفته شد، بنابراین از این همکاری‌ها تشکر و قدردانی می‌شود. از مسئولین موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر نیز به خاطر تامین هزینه‌های اجرایی و آقای دکتر یوتز از دانشگاه هوهنهایم آلمان به خاطر در اختیار قرار دادن نسخهٔ جدید نرم افزار PLABSTAT سپاسگزاری می‌شود.

References

Akbar, M., Saleem, U., Tahira, B., Yaqub, M., and Iqbal, N. 2007. Utilization of genetic variability, correlation and path analysis for seed yield improvement in mustard, *Brassica juncea*. Journal of Agricultural Research 45: 25-31.

Alyari, H., Shekhari, F., and Shekhari, F. 1991. Oilseeds: Agronomy and Physiology. Amidi Publishing, Tehran, Iran (in Persian).

Anderson, T. W., and Darling, D. A. 1952. Asymptotic theory of certain goodness-of-fit criteria based on stochastic processes. Annals of Mathematical Statistics 23: 193-212.

Brojervic, S. 1990. Principle and Methods of Plant Breeding. Elsevier, The Netherlands. 368pp.

Brown, J., Erickson, D. A., Davis, J. B., Brown, A. P., and Seip, L. 1996. Efficiency of early generation selection in spring canola. Cruciferae Newsletter 18: 19-20.

Dhawan, A. K. 1985. Freezing in oilseed *Brassica* ssp. Some factors affecting injury. Journal of Agricultural Science, Cambridge 104: 513-518.

Diepenbrock, W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): A review. Field Crops Research 67: 35-49.

Duhoon, S. S., Chandra, S., Basu, A. K., and Makhija, O. P. 1982. Components of genetic variation for yield and its attributes in a diallel cross of yellow-seeded Indian Colza. Indian Journal of Agricultural Sciences 52: 154-158.

Elitriby, H. A., Selim, A. R., and Shehata, A. H. 1981. Genotype × environment interaction from combining ability estimates in maize (*Zea mays* L.). Egyptian Journal of Genetics and Cytology 10: 175-186.

Falconer, D.S. 1983. Introduction to Quantitative Genetics. Second edition. Longman Inc., New York, USA.

Fehr, W. R. 1987. Principles of Cultivar Development: Theory and Technique. MacMillan Publishing Company, New York, USA.

Gholami, H., Moghadam, M., and Rameah, V. 2008. Estimation of combining ability effects in rapeseed (*Brassica napus* L.) using line × tester analysis. Seed and Plant 24 (3): 399-411 (in Persian).

Ghosh, S. K., Gulati, S. C., and Rajani, R. 2002. Combining ability and heterosis for seed yield and its components in Indian mustard (*Brassica juncea*). Indian Journal of Genetics and Plant Breeding 62: 29-33.

Grafius, S. L. E. 1964. A geometry for plant breeding. Crop Science 4: 241-246.

Gül, M. K., Egesel, C. Ö., Kahriman, F., and Tayyar, Ş. 2007. Investigation of some seed quality components in winter rapeseed grown in Çanakkale province. Akdeniz Üniversity Ziraat Fakültesi Dergisi 20: 87-92.

Gupta, S. K., Nidhi, K., and Dey, T. 2006. Heterosis and combining ability in rapeseed (*Brassica napus* L.). Journal of Research, SKUAST-J, 5: 42–47.

Gusta, L. V., and O' Connor, B.J. 1987. Frost tolerance of wheat, oats, barley, canola and mustard and the role of ice-nucleating bacteria. Canadian Journal of Plant Science 67: 1155-1165.

Hallauer, A. R., and Miranda-Filho, J. B. 1988. Quantitative Genetics in Maize Breeding. 2nd ed. Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.

Huang, Z., Laosuwan, P., Machikowa, T., and Chen, Z. 2010. Heterosis for seed yield, oil content and other characters in rapeseed (*Brassica napus* L.). Journal of Northeast Agricultural University 17: 1-9.

Kempthorne, O. 1957. An Introduction to Genetic Statistics. John Wiley and Sons, New York, USA.

Khan, M. N., Shah, S. A., Wani, S. A., and Zaffar, G. 2006. Combining ability and gene action in gobhi sarson (*Brassica napus* L.). Advances in Plant Sciences 19: 285-293.

Kumar, D. 1997. Crop Response to Abiotic Stresses, Vol 2: Oilseed. Scientific Publishers Jodhpur, India.

Labana, K. S., and Jindal, S. K. 1982. Genetics of seed yield and its components in Indian colza. Indian Journal of Agricultural Sciences 52 (4): 230-241.

Lefort-Buson, M., and Dattee, Y. 1982. Genetic study of some agronomic characters in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). II. Genetic parameters. Agronomie 2: 323-332.

Luczkiewicz, T. 1996. Genetic analysis of some quantitative traits in 6 winter rape diplioid lines. Biuletyn Instytut Hodowlii Aklimatyzacji Roślin 200: 307-311.

Madani, H. 2002. Physiology of cold and freezing tolerance in winter rapeseed genotypes. Ph.D. Thesis, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran (in Persian).

Mahmud, F., Rasul, M. G., Mian, M. A. K., and Rahim, M. A. 2009. Combining ability and gene action for seed yield and yield components in *Brassica napus* L. International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology 2: 235-242.

Malik, V., Singh, H., and Singh, D. 1995. Gene action of seed yield and other desirable characters in rapeseed (*Brassica napus* L.). Annals of Biology 11: 94-97.

Ofori, A., and Becker, H.C. 2008. Breeding of *Brassica rapa* for biogas production. Heterosis and combining ability of biomass yield. Bioenergy Research 1: 98-104.

Patterson, H. D., and Williams, E. R. 1976. A new class of resolvable incomplete block designs. Biometrika 63: 83-90.

Pouzet, A. 1995. Agronomy. pp. 65-92. In: Kimber, D. S., and McGregor, D. I. (eds.). Brassica Oilseeds: Production and Utilization. CAB International, Wellingford, UK.

Rameah, V., Rezai, A., and Saeidi, G. 2003. Estimation of genetic parameters for yield, yield components and glucosinolate in rapeseed (*Brassica napus* L.). Journal of Agricultural Science and Technology 5: 143-151.

Ringdahl, E. A., McVetty, P. B. E., and Sernyk, J. L. 1986. Inheritance of earliness, height and leaf number in crosses of early maturing rapeseed. Canadian Journal of Genetics and Cytology 28: 1009-1015.

Roy, B., and Basu, A. K. 2009. Abiotic Stress Tolerance in Crop Plants: Breeding and Biotechnology. New India Publishing Agency (NIPA), Pitam Pura, New Delhi, India.

Singh, R. K., and Chaudhary, B. D. 2007. Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis (Third Edition). Kalyani Publishers, New Dehli, India.

Turi, N. A., Farhatullah, R., Khan, N. U., Munir, I., Hussainshah, A., and Khan, S. 2010. Combining ability analysis in *Brassica juncea* L. for oil quality traits. African Journal of Biotechnology 9: 3998-4002.

Virender, M., Singh, H., Singh, D., Malik, V., and Singh, H. 1995. Gene action of seed yield and other desirable characters in rapeseed (*Brassica napus* L.). Annals of Biology Ludhiana 11: 1-2.