اولین همایش ملی کشاورزی، منابع طبیعی و دامپزشکی
۲۱ اردیبهشت ۱۳۹۶
اردکان-ایران
دانشگاه اردکان

تجزیه ژنتیکی تعدادی از صفات فنولوژیک و مرفولوژیک در ژنوتیپ‌های کلزا (*Brassica napus* L.) با استفاده از تلاقی لاین×تستر

مهدیه ارشدی بیدگلی*[۱]، محمد حسین فتوکیان[۲]، حسن امیری اوغان[۳]

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران (arshadi1992@yahoo.co.uk).

۲. دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران.

۳. استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

چکیده

با توجه به اهمیت برآورد ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی، واریانس‌های ژنتیکی افزایشی و غالبیت، نحوه عمل ژن و وراثت‌پذیری در طراحی برنامه‌های به‌نژادی افزایش عملکرد کلزا، آزمایشی براساس روش لاین در تستر با ۱۵ دورگ حاصل از تلاقی سه ژنوتیپ کلزای بهاره پرمحصول (SPN34، RGS003 و SPN1) به عنوان تستر، با ۵ ژنوتیپ توصیه شده برای کشت در اقلیم گرم ایران (SPN3، SPN9، SPN36، SPN30 و DH4) به عنوان لاین، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج در ایران اجراو از نظر صفات روز تا سبز شدن، روز تا شروع گلدهی، روز تا خاتمه گلدهی، طول دوره گلدهی، روز تارسیدن فیزیولوژیکی، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، قطر ساقه در ارتفاع بیست سانتی متری، تعداد خورجین در بوته و عملکرد دانه ارزیابی شد. میانگین مربعات دورگ‌ها برای تمامی صفات مورد مطالعه بجز طول دوره گل‌دهی، معنی‌دار شد. در کنترل صفات قطر ساقه و عملکرد دانه واریانس غیرافزایشی نقش مهم‌تری داشت. وراثت‌پذیری عمومی صفات به طور کلی خیلی زیاد و از ۸۶/۰۳ درصد برای قطرساقه تا ۹۸/۵۳ درصد برای روز تا خاتمه گلدهی برآورد شد. درصد وراثت‌پذیری خصوصی نیز به طور کلی برای صفات مورد مطالعه متوسط به بالا بود و از ۵۶/۸۳ درصد برای قطر ساقه تا ۹۱/۶۳ درصد برای تعداد شاخه فرعی متفاوت بود. در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، تستر SPN1 و لاین‌های DH4 و SPN30 از لحاظ صفات مورد مطالعه ترکیب‌شونده‌های خوبی بودند، همچنین دورگ‌های RGS003×DH4، RGS003×SPN36 و RGS003×SPN30 در بین ترکیبات ارقام کلزا جز ترکیبات برتر بوده و می‌توان از والدین آنها در برنامه‌های تولید ارقام هیبرید استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: اجزای واریانس ژنتیکی، ترکیب‌پذیری، تلاقی لاین در تستر، کلزا، وراثت‌پذیری.

مقدمه

برای تامین روغن نباتی کشور، کلزا انتخاب اول از میان دانه‌های روغنی است. بر اساس تحقیقات انجام شده، توسعه کشت کلزا به دلیل تناسب بیشتر با اقلیم نقاط مختلف کشور و دارا بودن روغنی با کیفیتی بالاتر بیشتر مورد توجه قرار گرفته است (۱). این گیاه به‌عنوان یکی از مهمترین گیاهان روغنی در سطح جهان مطرح است و پس از سویا دومین منبع تولید روغن نباتی در جهان به شمار می‌رود. با توجه به اهمیت گیاه روغنی کلزا، تحقیقات به‌نژادی و به‌زراعی آن از اهمیت زیادی برخوردار بوده است و با انتخاب و مقایسه عوامل مناسب می‌توان عملکرد کیفی و کمی آن را افزایش داد. اطلاع از نحوه وراثت و نوع عمل ژن‌های کنترل‌کننده صفات، مبنای طراحی یک روش اصلاحی مناسب برای دستیابی به اهداف اصلاح ژنتیکی می‌باشد (۲). به‌نژادگرها می‌توانند با استفاده از طرح‌های مختلف آمیزشی اجزای ژنتیکی کنترل کننده صفات را در جمعیت گیاهان مورد مطالعه برآورد کنند (۳). اگرچه طرح دای‌آلل (۴) بیشترین کاربرد را در تعیین ساختار ژنتیکی صفات دارد، اما با توجه به نیاز به انجام تلاقی‌های زیاد و صرف وقت و هزینه زیادی که در اجرای آن ضروری است، لذا محققین با استفاده از طرح هایی مانند لاین×تستر (۵) جمعیت مورد مطالعه خود را تقلیل می‌دهند . در اصلاح‌نباتات طرح ژنتیکی لاین×تستر به عنوان یکی از، روش‌های برآورد ترکیب پذیری عمومی و خصوصی، نقش مهمی در ارزیابی

پتانسیل ژنتیکی و برآورد آثار مختلف ژنتیکی در مواد آزمایشی مورد مطالعه برعهده دارد.

امیری اوغان (۱۳۷۹) با مطالعه ژنوتیپ‌های نسل F_2 در کلزا نشان داد که در کنترل ژنتیکی عملکرد دانه هر دو اثر افزایشی و غیر افزایشی ژن‌ها تقریبا به یک اندازه با اهمیت هستند. حال آنکه اثرات افزایشی ژن‌ها در کنترل صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی مهمتر بودند (۶). لبنا و جندل (۱۹۸۲) گزارش کردند که صفت ارتفاع بوته از وراثت‌پذیری خصوصی بالایی برخوردار هستند (۷). توکرال و سینگ (۱۹۸۷) بیان داشتند که شروع گلدهی در کلزا بیشتر تحت کنترل اثر افزایشی ژنهاست، ولی صفات زمان رسیدن و عملکرد دانه تحت کنترل اثر غیر افزایشی ژنها هستند (۸). لبانا و جندل (۱۹۸۲) عملکرد دانه و اجزای عملکرد کلزا را در یک طرح دی‌آلل ۵×۵ مورد مطالعه قرار دادند. آنها دریافتند که صفاتی چون ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته و عملکرد دانه توسط عمل فوق‌غالبیت ژنی کنترل می‌شوند (۷). مطالعه تکور و سکوال (۱۹۹۷) صفاتی مانند عملکرد و اجزای آن و درصد روغن تحت کنترل اثر افزایشی و غیر افزایشی ژنها بودند (۹). گزارش‌هایی مبنی بر کنترل افزایشی ژن‌ها برای ارتفاع بوته (۱۰) وجود دارد. داهون و همکاران (۱۹۸۲) بیان داشتند که در شکل‌گیری تعداد شاخه‌های اولیه و ثانویه اثر غیر افزایشی ژن‌ها نقش داشته و انتخاب دوره‌ای را برای اصلاح عملکرد و اجزای آن پیشنهاد کرده‌اند (۱۰). هدف از مطالعه حاضر کسب اطلاعات پیرامون تنوع ژنتیکی، اثر و نوع عمل ژن‌ها، وراثت‌پذیری و سایر پارامترهای ژنتیکی مربوط به عملکرد و اجزای آن بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه 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 ۹۴-۱۳۹۳ اجرا شد. متوسط بارندگی، دمای منطقه و خاک براساس آمار ۳۵ ساله به ترتیب ۲۴۲ میلی‌متر، ۱۳/۵ و ۱۴/۵ درجه سانتی‌گراد است. در این تحقیق، ۱۵ دورگ بهاره در بهاره کلزا که حاصل تلاقی ۵ لاین توصیه شده برای کشت در اقلیم گرم کشور (SPN3، SPN9، SPN36، SPN30 و DH4) و ۳ تستر پرمحصول (SPN34، RGS003 و SPN1) بودند از بخش تحقیقات دانه‌های روغنی دریافت و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار با توجه به محدودیت بذر، در نیمه اول مهر در مزرعه تحقیقاتی کشت و مورد ارزیابی قرار گرفتند. همزمان با آماده‌سازی بستر بذر، براساس آزمون خاک و توصیهٔ کودی، مقدار فسفر و پتاسیم مورد نیاز به ترتیب از منابع کودی سوپر فسفات تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و سولفات پتاسیم (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) در پاییز به زمین داده شد. اوره نیز هنگام کاشت و نیز دو نوبت به صورت سرک در مرحله ساقه‌رفتن و شروع گلدهی به‌ترتیب به میزان ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد. وجین علف‌های هرز به روش دستی و آبیاری نیز به صورت نشتی و با کمک سیفون در ۶ مرحله (کاشت، ساقه‌دهی، شروع و اواسط گلدهی، خورجین‌دهی، پر شدن دانه) انجام شد. هر واحد آزمایشی شامل دو پشتهٔ سه متری با دو ردیف کاشت روی هر پشته به فاصلهٔ ۳۰ سانتی‌متر از هم بود.

صفات مورد بررسی شامل روز تا سبز شدن، روز تا شروع گلدهی و روز تا خاتمه گلدهی (زمان ۱۰ درصد و ۹۰ درصد به گل رفتن تمام بوته‌های یک کرت به ترتیب به‌عنوان زمان شروع و خاتمه گلدهی محسوب و تعداد روز از اولین آبیاری تا آن زمان به ترتیب به‌عنوان روز تا شروع گلدهی و روز تا خاتمه گلدهی تعیین شد.)، طول دوره گلدهی (از تفاضل بین دو دوره روز تا شروع گلدهی و روز تا خاتمه گلدهی به دست آمد.)، روز تا رسیدن فیزیولوژیک، ارتفاع بوته (در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی (تغییر رنگ ۵۰ درصد خورجین‌های ساقه اصلی و ثابت ماندن وزن خشک دانه و شروع کاهش رطوبت دانه)، متوسط ارتفاع بوته‌های انتخابی از سطح زمین تا بالاترین نقطه بوته با استفاده از خط‌کش بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد.)، تعداد شاخه فرعی (از متوسط تعداد شاخه‌هایی که به طور مستقیم از ساقه اصلی بوته‌های انتخابی منشعب شده بود، تعیین گردید.)، قطر ساقه در ارتفاع بیست سانتی‌متری، تعداد خورجین در بوته (متوسط تعداد خورجین‌های روی ساقه اصلی و تمام شاخه‌های بوته‌های منتخب تعیین شد.) و عملکرد دانه (به هنگام تغییر رنگ ۴۵ تا ۵۰ درصد خورجین‌های ساقه اصلی و رسیدن رطوبت دانه‌ها به حدود ۲۵ درصد، برداشت محصول به صورت دستی پس از حذف خطوط حاشیه و نیز ۱۵ سانتی‌متر از بالا و پایین، محصول برداشت شده به مدت ۷-۳ روز در شرایط مزرعه و در معرض آفتاب قرار گرفت تا بذور سبز به رنگ تیره درآمده و پس از رسیدن رطوبت دانه به حدود ۱۲ درصد، توسط کمباین خرمنکوبی شد و پس از حذف کاه و کلش عملکرد دانه به دست آمد.) بودند. اندازه‌گیری صفات مورد مطالعه در هر کرت براساس ۵ بوته رقابت کننده، به طور تصادفی پس از حذف ۱۵ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای خطوط به‌عنوان حاشیه انجام شد.

برای تجزیه آماری طرح، از تجزیه لاین در تستر (۵) استفاده شد. در این نوع تجزیه، امکان برآورد ترکیب‌پذیری خصوصی دورگ‌ها و عمومی والدین، برآورد عمل ژن و تعیین وراثت‌پذیری صفات وجود دارد. برآورد ترکیب‌پذیری عمومی والدین و ترکیب‌پذیری خصوصی دورگ‌ها با استفاده از فرمول‌های زیر تعیین شد (فرمول‌های ۱، ۲ و ۳).

$$GCA_{line} = \frac{Xi..}{tr} - \frac{X...}{ltr} \qquad \sum gl = 0 \qquad (۱)$$

$$GCA_{tester} = \frac{X.j.}{lr} - \frac{X...}{ltr} \qquad \sum gt = 0 \qquad (۲)$$

$$SCA_{line\times tester} = \frac{Xij.}{r} - \frac{Xi..}{tr} - \frac{X.j.}{lr} + \frac{X...}{ltr} \quad \sum_i Sij = \sum_j Sij = \sum_i \sum_j Sij = 0 \qquad (۳)$$

و برای محاسبه اجزای واریانس ژنتیکی با توجه به خالص بودن ژنوتیپ‌ها و استفاده از نسل F_1 از ضریب خویش آمیزی یک استفاده شد. واریانس افزایشی (V_A) و واریانس غالبیت (V_D) با توجه به ثابت بودن لاین‌ها از فرمول‌های ۴و ۵ به‌دست آمد (۱۱):

$$V_A = [(MS_{pooled} - MS_e)/r]\times[4/(1+F)] \qquad (۴)$$

$$V_D = [(MS_{L\times T} - MS_e)/r]\times [2/(1+F)]^2 \qquad (۵)$$

که در آن r تعداد تکرار، MS_e میانگین مربعات خطای آزمایشی،F ضریب خویش‌آمیزی و MS_{pooled} عبارت از میانگین مربعات ادغام شده است که از طریق فرمول ۶ محاسبه شد:

$$MS_{pooled} = (SS_L+SS_T)/(DF_L+DF_T) \qquad (۶)$$

که در این فرمول SS_L و SS_T به ترتیب مجوع مربعات لاین و تستر و DF_L، DF_T به ترتیب درجات آزادی لاین و تستر است.

نحوه عمل ژن از نسبت میانگین مربعات ترکیب‌پذیری عمومی به مربعات ترکیب‌پذیری خصوصی تعیین گردید. میانگین درجه غالبیت نیز از جذر دو برابر واریانس غالبیت تقسیم بر 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 ۷ و ۸ محاسبه شد:

$$h^2_B = (V_A+V_D) / (V_A+V_D+M`_e)\times 100 \qquad (۷)$$

$$h^2_N = VA /(V_A+V_D+M`_e))\times 100 \qquad (۸)$$

که در این فرمول V_A و V_D به ترتیب برابر با واریانس افزایشی و واریانس غالبیت و $M`_e$ میانگین مربعات خطای آزمایشی تقسیم بر تعداد تکرار است.

برای آزمون کمّیت‌های مختلف محاسبه شده از آزمون t با استفاده از فرمول کلی کمیت تقسیم بر اشتباه معیار کمیت استفاده شد و سپس، مقدار t محاسبه شده با مقدار t جدول در سطح احتمال مورد نظر و درجه آزادی خطای آزمایشی برای تعیین معنی‌دار بودن آن مقایسه شد (۱۲).

نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات (جدول۱) نشان داد که دورگ‌ها از لحاظ صفات روز تا سبز شدن، روز تا شروع گلدهی، روز تا خاتمه گلدهی، روز تا رسیدن فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، تعداد خورجین در کل بوته و عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد، و برای صفات تعداد شاخه فرعی و قطر ساقه در ارتفاع بیست سانتی‌متری در سطح احتمال ۵ درصد، دارای اختلاف معنی‌داری بودند؛ که این امر نشان‌دهنده‌ی وجود تفاوت‌های ژنتیکی بین دورگ‌ها از لحاظ صفات مورد مطالعه است که امکان بررسی کامل‌تر و شناسایی تفاوت‌های ژنتیکی را از طریق تجزیه لاین×تستر ممکن میسازد. در ضمن به دلیل عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین دورگ‌ها از نظر صفت طول دوره گلدهی، تجزیه لاین×تستر برای این صفت انجام نگرفت، همچنین بدون توجه به این موضوع، بین لاین‌ها و تسترها و اثر متقابل آنها از لحاظ این صفت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، در ضمن ضریب تغییرات برای این صفت کمتر از ۵ درصد بود که

نشان‌دهنده‌ی میزان کم خطای آزمایشی برای این صفت است.

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات بر اساس تلاقی لاین×تستر و برآورد سهم نسبی لاین‌ها، تسترها و اثرمتقابل لاین×تستر از واریانس کل

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)									
		روز تا سبز شدن	روز تا شروع گلدهی	روز تا خاتمه گلدهی	طول دوره گلدهی	روز تا رسیدن فیزیولوژیکی	ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی	قطر ساقه	تعداد خورجین در بوته	عملکرد دانه
بلوک	۱	۰/۱۳۳^{ns}	۱۰/۸۰۰^{ns}	۱۰/۸۰۰**	۰/۰۰۰۱^{ns}	۱۰/۸۰۰**	۸/۵۳۳^{ns}	۰/۱۶۱^{ns}	۰/۴۲۲^{ns}	۱۵۱/۴۲۵^{ns}	۷۳۶۳/۳۳*
تلاقی ها	۱۴	۱۳/۰۳۳**	۲۳/۲۰۵**	۱۹/۲۴۸**	۱/۰۶۲^{ns}	۸/۱۳۳**	۹۲/۳۳۳**	۰/۳۸۴*	۱/۳۰۰*	۱۶۸۴/۹۰۱**	۱۱۶۳۱/۹۰۵**
لاین	۴	۴/۱۱۷^{ns}	۱۱/۳۸۳*	۸/۶۱۷**	۰/۷۱۷^{ns}	۴/۸۸۳*	۱۵۱/۵۰۰**	۰/۵۰۵*	۱/۱۹۰^{ns}	۳۶۴۵/۹۱۱**	۶۶۹۵/۰۰۰*
تستر	۲	۶۰/۹۳۳**	۹۲/۲۳۳**	۸۴/۰۳۳**	۰/۲۳۳^{ns}	۳۶/۴۳۳**	۲۵/۲۳۳^{ns}	۱/۲۴۱**	۱/۴۷۹*	۶۸۸/۷۲۹^{ns}	۱۷۲۰۳/۳۳۳**
لاین×تستر	۸	۵/۵۱۷^{ns}	۱۱/۵۸۵*	۸/۳۶۷**	۱/۴۴۲^{ns}	۲/۶۸۳^{ns}	۷۹/۵۲۵**	۰/۱۱۰^{ns}	۱/۳۱۰*	۹۵۳/۴۳۹*	۱۲۷۰۷/۵۰۰**
خطا	۱۴	۲/۳۴۸	۳/۱۵۷	۱/۰۸۶	۱/۳۵۷	۱/۰۸۶	۹/۵۳۳	۰/۱۵۰	۰/۴۲۴	۳۳۶/۶۸۰	۱۵۷۷/۶۱۹
ضریب تغییرات (٪)		۱۱/۹۱	۱/۰۹	۰/۵۶	۴/۹۱	۰/۴۶	۲/۹۸	۹/۲۰۰	۷/۷۳۰	۱۵/۰۱۰	۱۸/۵۹

ns و * و **: به ترتیب نشان دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح پنج درصد و یک درصد.

باتوجه به عدم معنی‌دار شدن طول دوره گلدهی برآورد سهم نسبی لاین‌ها، تسترها و اثرمتقابل لاین×تستر از واریانس کل برای این صفت انجام نشد.

واریانس ژنتیکی برای کلیه صفات مورد مطالعه به واریانس افزایشی و واریانس غالبیت تفکیک شد (جدول۲). مقدار واریانس افزایشی تمامی صفات مورد مطالعه بیشتر از واریانس غالبیت بود. وراثت‌پذیری عمومی صفات به طور کلی خیلی زیاد و از ۸۶/۰۳ درصد برای قطرساقه تا ۹۸/۵۳ درصد برای روز تا خاتمه گلدهی تغییر کرد که می‌توان اظهار داشت واریانس محیطی در این بررسی کم بوده و اهمیت واریانس ژنتیکی به مراتب بیشتر از واریانس محیطی است. کم بودن نسبی ضریب تغییرات صفات نیز دال بر تاثیر کم محیط است. با وجود این به علت انجام آزمایش در یکسال، احتمالا بخشی از واریانس ژنتیکی مربوط به واریانس اثر متقابل ژنوتیپ با محیط است. همچنین عدم تعادل در پیوستگی ژن‌ها نیز بخشی از تفاوت در برآورد وراثت‌پذیری صفات را توجیه می‌کند. فالکونر[1] (۱۳) نیز معتقد است که در صورت عدم تعادل در پیوستگی ژن‌ها، اثر غالبیت سبب اریبی در برآورد وراثت‌پذیری می‌شود. چون وراثت‌پذیری خصوصی در محاسبه واکنش صفات به انتخاب دلالت دارد، لذا از اهمیت بیشتری نسبت به وراثت‌پذیری عمومی برخوردار است. درصد وراثت‌پذیری خصوصی به طور کلی برای صفات مورد مطالعه متوسط به بالا بود و از ۵۶/۸۳ درصد برای قطر ساقه تا ۹۱/۶۳ درصد برای تعداد شاخه فرعی متفاوت بود (جدول۲). امیری اوغان و همکاران (۱۴) نیز با استفاده از تجزیه لاین×تستر در کلزا مقدار وراثت‌پذیری عمومی را برای کلیه صفات بالا و مقدار وراثت‌پذیری خصوصی را برای اکثر صفات کم یا متوسط گزارش کردند. چنین برآوردهایی توسط سایر محققین برای برخی از اجزای عملکرد دانه در کلزا گزارش شده است (۷ و۱۰). مالیک[2] و همکاران (۱۵) نیز در بررسی وراثت‌پذیری عملکرد دانه و سایر صفات در کلزا اظهار داشتند که تعداد شاخه فرعی دارای وراثت‌پذیری خصوصی بالا، ولی عملکرد دانه و تعداد خورجین در بوته دارای وراثت‌پذیری پایین هستند. ویندر[3] و همکاران (۱۶) برای تعداد شاخه فرعی وراثت‌پذیری عمومی بالایی برآورد کردند. براون[4] و همکاران (۱۷) هم با مطالعه جمعیت‌های F_2 و F_1 در کلزا در مکان‌ها و سال‌های مختلف اظهار داشتند که صفات ارتفاع بوته و عملکرد دانه دارای وراثت‌پذیری خصوصی پایینی هستند. مطالعه پال[5] و همکاران (۱۸) نیز حاکی از برآورد وراثت‌پذیری خصوصی متوسط روز تا شروع گلدهی بود.

1. Falconer
2. Malik
3. Virender
4. Brown
5. Pal

جدول۲. برآورد اجزای واریانس، متوسط درجه غالبیت و وراثت‌پذیری

	روز تا سبز شدن	روز تا شروع گلدهی	روز تا خاتمه گلدهی	روز تا رسیدن فیزیولوژیکی	ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی	قطر ساقه	تعداد خورجین در بوته	عملکرد دانه
واریانس افزایشی (V_A)	۲۰/۷۰۸	۳۵/۱۷۶	۳۲/۶۷۰	۱۴/۳۱۴	۹۹/۸۷۸	۰/۶۰۰	۰/۸۶۲	۲۳۲۳/۵۰۴	۸۶۲۰/۱۵۹
واریانس غالبیت (V_D)	۱/۵۸۵	۴/۳۵۱	۳/۶۴۰	۰/۷۹۹	۳۴/۹۹۶	۰	۰/۴۴۳	۳۰۸/۳۸۰	۵۵۶۴/۹۴۰
متوسط درجه غالبیت	۰/۳۹۱۲	۰/۴۹۴۷	۰/۴۷۲۱	۰/۳۳۴۱	۰/۸۳۷۱	۰	۱/۰۱۴	۰/۵۱۵۲	۱/۱۳۶
واریانس ژنتیکی (V_G)	۲۲/۲۹۳	۳۹/۵۲۷	۳۶/۳۱۰	۱۵/۱۱۳	۱۳۴/۸۷۴	۰/۵۸	۱/۳۰۵	۲۶۳۱/۸۸۴	۱۴۱۸۵/۰۹۹
واریانس فنوتیپی(V_P)	۲۳/۴۶۷	۴۱/۱۰۵	۳۶/۸۵۳	۱۵/۶۵۶	۱۳۹/۶۴۰	۰/۶۵۵	۱/۵۱۷	۲۸۰۰/۲۲۴	۱۴۹۷۳/۹۰۸
وراثت‌پذیری عمومی(h^2_B)*	۹۵/۰۰	۹۶/۱۶	۹۸/۵۳	۹۶/۵۳	۹۶/۵۹	۹۴/۵۰	۸۶/۰۳	۹۳/۹۹	۹۴/۷۳
وراثت‌پذیری خصوصی(h^2_N)*	۸۸/۲۵	۸۵/۵۸	۸۸/۶۵	۹۱/۴۳	۷۱/۵۳	۹۱/۶۳	۵۶/۸۳	۸۲/۹۸	۵۷/۵۷
قابلیت ترکیب عمومی (GCA)	۱۰/۳۵۴	۱۷/۵۸۸	۱۶/۳۳۵	۷/۱۵۷	۴۹/۹۳۹	۰/۳۰۰	۰/۴۳۱	۱۱۶۱/۷۵۲	۴۳۱۰/۰۷۹
قابلیت ترکیب خصوصی (SCA)	۱/۵۸۵	۴/۳۵۱	۳/۶۴۰	۰/۷۹۹	۳۴/۹۹۶	۰	۰/۴۴۳	۳۰۸/۳۸۰	۵۵۶۴/۹۴۰
نحوه عمل ژن‌ها (MS_{gca}/MS_{sca})	۶/۵۳۴	۴/۰۴۳	۴/۴۸۷	۸/۶۹۰	۱/۴۲۷	۱۴/۹۱۹	۰/۹۷۳	۳/۷۶۷	۰/۷۷۵

*: وراثت پذیری عمومی و خصوصی در واحد میانگین تیمارها محاسبه شده است نه در واحد کرت.

نحوه عمل ژن بر اساس نسبت MS_{GCA}/MS_{SCA} محاسبه شد که در صورتی که این نسبت بزرگتر از یک باشد، نشان‌دهنده واریانس ژنتیکی افزایشی و در صورت کمتر بودن از یک، نشان دهنده اهمیت واریانس غیرافزایشی می‌باشد. در این آزمایش، برای تمامی صفات مورد مطالعه بجز قطر ساقه و عملکرد دانه نقش واریانس افزایشی نسبت به واریانس غیر افزایشی بیشتر بوده است. همچنین دارا بودن درجه غالبیت بیش از یک، در صفات قطر ساقه و عملکرد دانه نیز مبین بر عمل فوق غالبیت ژن‌ها در کنترل این صفات است که درستی نحوه عمل ژن را نیز تایید می‌کند؛ اما با توجه به اینکه میزان واریانس غالبیت کمتر از واریانس افزایشی است، عمل فوق‌غالبیت می‌تواند از نوع کاذب و ناشی از تجمع اثرات غالبیت ناقص یا کامل ژن‌های کنترل‌کننده این صفات و ناشی از پیوستگی ژنی باشد (۶).

نتایج ارزیابی ترکیب‌پذیری عمومی (جدول ۳) نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین قابلیت ترکیب عمومی لاین‌ها و تسترها برای هر صفت وجود داشت. در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، برای صفت روز تا سبز شدن با توجه به این نکته که تسریع زمان سبز شدن باعث استقرار بهتر گیاهچه در خاک، توسعه سیستم ریشه‌ای و در نتیجه باعث افزایش شانس زنده‌مانی گیاه می‌شود و برای روز تا شروع گلدهی، ارقام SPN34 و SPN36 که دارای قابلیت ترکیب عمومی منفی و معنی‌داری بودند می‌توانند ارقام مطلوبی برای تسریع جوانه‌زنی و شروع گلدهی به شمار آیند. لاین‌های DH4 برای صفات روز تا خاتمه گلدهی، تعداد شاخه فرعی، قطر ساقه، تعداد خورجین در بوته و عملکرد دانه و SPN30 برای روز تا رسیدن فیزیولوژیکی و تسترهای SPN34 برای تعداد خورجین در بوته، RGS003 برای تعداد شاخه فرعی و قطر ساقه و SPN1 برای روز تا خاتمه گلدهی، روز تا رسیدن فیزیولوژیکی و عملکرد دانه بالاترین میزان ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار را دارا بودند. در بررسی ترکیب‌پذیری عمومی صفت ارتفاع بوته مشخص شد که ژنوتیپ‌های SPN30 و RGS003 دارای قابلیت ترکیب عمومی مثبت و معنی‌دار بوده و ترکیب‌شونده‌های خوبی از نظر این صفت هستند که بیانگر این است که قابلیت انتقال این صفت توسط ارقام فوق وجود دارد، اما از آنجایی که کاهش ارتفاع بوته در کلزا همراه با افزایش میزان تحمل به خوابیدگی ارقام و در نتیجه بهبود شاخص برداشت است و از اهداف مهم به‌نژادی کلزا در ایران محسوب می‌شود، ژنوتیپ‌های SPN36 و SPN1 که دارای ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌داری هستند، می‌توانند سبب پاکوتاهی در نتاج شوند. به طور کلی در بررسی قابلیت ترکیب عمومی مشخص شد ژنوتیپ‌های نام برده توانایی انتقال پتانسیل عملکرد خود را به نتاج دارا هستند بنابراین می‌توان از این ژنوتیپ‌ها در برنامه‌های به‌نژادی برای تولید هیبریدهایی با عملکرد بالا استفاده شود تا گام موثری در راستای افزایش تولید کلزا برداشته شود. در فرآیند اصلاحی کلزا نبایستی هدف یافتن بهترین لاین خالص باشد، بلکه هدف یافتن بهترین ترکیب هیبریدی است که از نظر ژنوتیپی و فنوتیپی مناسب باشد، زیرا مشاهده شده است که ترکیب بهترین لاین‌ها به لحاظ قابلیت ترکیب عمومی همیشه بهترین هیبرید را تولید نخواهد کرد. در گیاهانی مانند کلزا که هدف نهایی عمدتاً عملکرد دانه است، تاکید بر صفات مرتبط با عملکرد دانه و نیز نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به این صفات می‌تواند به عنوان یکی از

کارآمدترین ابزارها مورد استفاده قرار گیرد. با بررسی مقادیر ترکیب‌پذیری خصوصی (جدول ۴) ترکیبات RGS003×DH4 برای صفات فنولوژیک و تعداد خورجین در بوته، RGS003×SPN36 برای صفت عملکرد دانه و RGS003×SPN30 برای صفت ارتفاع بوته جز ترکیبات برتر بودند. آزمایشات با گونه‌های مختلف براسیکا از جمله کلزا نیز دلالت بر این مطلب داشت که اثر ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) در جوامع F_1 برای اجزای عملکرد به میزان بالایی معنی‌دار است و تأثیر ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) نیز به میزان کمتری معنی‌دار است که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد (۱۹).

جدول ۳. برآورد اثرات ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترها و اشتباه معیار آنها

	ارقام کلزا	روز تا سبز شدن	روز تا شروع گلدهی	روز تا خاتمه گلدهی	روز تا رسیدن فیزیولوژیکی	ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی	قطر ساقه	تعداد خورجین در بوته	عملکرد دانه
لاین	SPN3	−۱/۰۶۷^{ns}	−۰/۸۰۰^{ns}	−۰/۶۰۰^{ns}	−۱/۵۳۳**	۱/۰۰۰^{ns}	۰/۴۵۳*	۰/۴۳۴^{ns}	۱۷/۰۵۳*	۳۶/۰۰۰*
	SPN9	۱/۲۶۷^{ns}	۲/۲۰۰**	۱/۰۶۷*	۰/۸۰۰^{ns}	−۳/۰۰۰*	−۰/۴۱۳*	−۰/۴۱۷^{ns}	۴/۷۸۷^{ns}	−۳۰/۶۶۷^{ns}
	SPN36	−۲/۴۰۰**	−۴/۴۶۷**	−۳/۹۳۳**	−۲/۲۰۰**	−۱۵/۰۰۰**	−۰/۴۸۰**	−۰/۸۸۷**	−۵۵/۰۱۳**	−۱۰۰/۶۶۷**
	SPN30	۰/۹۳۳^{ns}	۱/۲۰۰^{ns}	۱/۷۳۳**	۲/۱۳۳**	۱۲/۰۰۰**	−۰/۳۴۷*	−۰/۴۷۲^{ns}	−۳۷/۴۱۳**	۲۶/۰۰۰^{ns}
	DH4	۱/۲۶۷^{ns}	۱/۸۶۷*	۱/۷۳۳**	۰/۸۰۰^{ns}	۵/۰۰۰**	۰/۷۸۷**	۱/۳۴۲**	۷۰/۵۸۷**	۶۹/۳۳۳**
	SE	۰/۶۲۶	۰/۷۲۵	۰/۴۲۵	۰/۴۲۵	۱/۲۶۱	۰/۱۵۸	۰/۲۶۶	۷/۴۹۱	۱۶/۲۱۵
	SE(g_i-g_j)	۰/۸۸۵	۱/۰۲۶	۰/۶۰۲	۰/۶۰۲	۱/۷۸۳	۰/۲۲۴	۰/۳۶۷	۱۰/۵۹۴	۲۲/۹۳۲
تستر	SPN34	−۸/۲۶۷**	−۱۰/۱۳۳**	−۹/۴۶۷**	−۵/۷۳۳**	−۳/۴۶۷**	۰/۷۳۳**	۰/۶۹۱**	۳۶/۲۹۳**	−۱۸۲/۶۶۷**
	RGS003	−۲/۶۶۷**	−۳/۳۳۳**	−۳/۴۶۷**	−۲/۹۳۳**	۷/۳۳۳**	۰/۸۵۳**	۱/۰۷۱**	−۷/۴۶۷^{ns}	۴۱/۳۳۳**
	SPN1	۱۰/۹۳۳**	۱۳/۴۶۷**	۱۲/۹۳۳**	۸/۶۶۷**	−۳/۸۶۷**	−۱/۶۲۷**	−۱/۷۶۲**	−۲۸/۸۲۷**	۱۴۱/۳۳۳**
	SE	۰/۴۸۵	۰/۵۶۲	۰/۳۳۰	۰/۳۳۰	۰/۹۷۶	۴/۶۸۹	۰/۲۰۶	۵/۸۰۲	۱۲/۵۶۰
	SE(g_i-g_j)	۰/۶۸۵	۰/۷۹۵	۰/۴۶۶	۰/۴۶۶	۱/۳۸۱	۰/۱۷۳	۰/۲۹۱	۸/۲۰۶	۱۷/۷۶۳

ns و * و **: به ترتیب نشان دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح پنج درصد و یک درصد.

جدول ۴. برآورد اثرات ترکیب‌پذیری خصوصی ترکیبات ارقام کلزا و اشتباه معیار آنها

لاین×تستر	روز تا سبز شدن	روز تا شروع گلدهی	روز تا خاتمه گلدهی	روز تا رسیدن فیزیولوژیک	ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی	قطر ساقه	تعداد خورجین در بوته	عملکرد دانه
SPN34×SPN3	−۰/۵۳۳^{ns}	−۰/۶۰۰^{ns}	۱/۴۰۰^{ns}	−۰/۴۶۷^{ns}	۶/۴۰۰*	۰/۳۴۷^{ns}	−۲/۲۰۰**	۴۸/۹۸۷**	−۱۲/۰۰۰^{ns}
SPN34×SPN9	۱/۱۳۳^{ns}	۱/۴۰۰^{ns}	−۰/۲۶۷^{ns}	۱/۲۰۰^{ns}	۸/۴۰۰**	۰/۰۱۳^{ns}	−۰/۷۶۳^{ns}	۱۰/۰۵۳^{ns}	−۳۵/۳۳۳^{ns}
SPN34×SPN36	۰/۸۰۰^{ns}	۲/۰۶۷^{ns}	۱/۷۳۳*	۱/۲۰۰^{ns}	−۵/۶۰۰*	۰/۰۸۰^{ns}	۱/۰۵۵*	۲۴/۰۵۳^{ns}	−۱۰۵/۳۳۳**
SPN34×SPN30	۰/۴۶۷^{ns}	۰/۴۰۰^{ns}	۱/۰۶۷^{ns}	۱/۸۶۷*	−۰/۶۰۰^{ns}	−۰/۶۵۳*	۱/۲۵۲*	−۱۳/۵۴۷^{ns}	۱۱۸/۰۰۰**
SPN34×DH4	−۱/۸۶۷^{ns}	−۳/۲۶۷*	−۳/۹۳۳**	−۳/۸۰۰**	−۸/۶۰۰**	۰/۲۱۳^{ns}	۰/۶۵۶^{ns}	−۶۹/۵۴۷**	۳۴/۶۶۷^{ns}
RGS003×SPN3	−۱/۳۳۳^{ns}	−۱/۰۰۰^{ns}	−۱/۶۰۰*	۰/۱۳۳^{ns}	−۱۱/۰۰۰**	−۰/۶۹۳*	۰/۷۹۲^{ns}	−۴۷/۳۳۳**	−۷۴/۰۰۰*
RGS003×SPN9	۱/۳۳۳^{ns}	۲/۰۰۰^{ns}	۱/۷۳۳*	۰/۸۰۰^{ns}	۳/۰۰۰^{ns}	−۰/۰۲۷^{ns}	−۱/۰۷۵*	−۱۹/۸۶۷^{ns}	−۱۲/۶۶۷^{ns}
RGS003×SPN36	−۴/۰۰۰**	−۷/۳۳۳**	−۵/۲۶۷**	−۲/۲۰۰**	۱۱/۰۰۰**	۰/۲۴۰^{ns}	−۰/۵۳۳^{ns}	−۷/۲۶۷^{ns}	۱۷۲/۶۶۷**
RGS003×SPN30	−۱/۳۳۳^{ns}	−۱/۰۰۰^{ns}	−۱/۹۳۳*	−۱/۵۳۳^{ns}	−۱۵/۰۰۰**	۰/۳۰۷^{ns}	−۰/۱۲۸^{ns}	۱۲/۱۳۳^{ns}	۹۶/۰۰۰**
RGS003×DH4	۵/۳۳۳**	۷/۳۳۳**	۷/۰۶۷**	۲/۸۰۰**	۱۲/۰۰۰**	۰/۱۷۳^{ns}	۰/۹۴۴^{ns}	۶۲/۳۳۳**	−۲۰۷/۳۳۳**
SPN1×SPN3	۱/۸۶۷^{ns}	۱/۶۰۰^{ns}	۰/۲۰۰^{ns}	۰/۳۳۳^{ns}	۴/۶۰۰^{ns}	۰/۳۴۷^{ns}	۱/۴۰۹**	−۱/۶۵۳^{ns}	۸۶/۰۰۰**
SPN1×SPN9	−۲/۴۶۷*	−۳/۴۰۰*	−۱/۴۶۷^{ns}	−۲/۰۰۰*	−۱۱/۴۰۰**	۰/۰۱۳^{ns}	۱/۸۳۸**	۹/۸۱۳^{ns}	۲۲/۶۶۷^{ns}
SPN1×SPN36	۳/۲۰۰*	۵/۲۶۷**	۳/۵۳۳**	۱/۰۰۰^{ns}	−۵/۴۰۰*	−۰/۳۲۰^{ns}	۰/۵۲۲^{ns}	−۱۶/۷۸۷^{ns}	−۶۷/۳۳۳*
SPN1×SPN30	۰/۸۶۷^{ns}	۰/۶۰۰^{ns}	۰/۸۶۷^{ns}	−۰/۳۳۳^{ns}	۱۵/۶۰۰**	۰/۳۴۷^{ns}	−۱/۱۲۵*	۱/۴۱۳^{ns}	−۲۱۴/۰۰۰**
SPN1×DH4	−۳/۴۶۷**	−۴/۰۶۷**	−۳/۱۳۳**	۱/۰۰۰^{ns}	−۳/۴۰۰^{ns}	−۰/۳۸۷^{ns}	−۱/۵۹۹**	۷/۲۱۳^{ns}	۱۷۲/۶۶۷**
SE	۱/۰۸۳	۱/۲۵۶	۰/۷۳۷	۰/۷۳۷	۲/۱۸۳	۰/۲۷۴	۰/۴۶۰	۱۲/۹۷۵	۲۸/۰۸۶
SE(sij-skl)	۱/۵۳۲	۱/۷۷۷	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۳/۰۸۸	۰/۳۸۷	۰/۶۵۱	۱۸/۳۴۹	۳۹/۷۱۹

ns و * و **: به ترتیب نشان دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح پنج درصد و یک درصد.

جمع‌بندی

بعنوان یک نتیجه‌گیری کلی از این تحقیق می‌توان گفت که تنوع ژنتیکی کافی در بین صفات زراعی مورد آزمایش در کلزا وجود داشت که می‌توان از این تنوع در جهت افزایش عملکرد و ایجاد ارقام مناسب استفاده کرد. نتایج این تحقیق نشان داد برای صفات روز تا سبز شدن، روز تا شروع گلدهی، روز تا خاتمه گلدهی، روز تا رسیدن فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد خورجین در بوته، نقش واریانس افزایشی نسبت به واریانس غیر افزایشی بیشتر بوده است در نتیجه روش‌های اصلاحی مبتنی بر گزینش برای بهبود این صفات پیشنهاد می‌شود. درجه غالبیت بیش از یک، در صفات قطر ساقه و عملکرد دانه مبین بر عمل فوق غالبیت ژن‌ها در کنترل این صفات است در نتیجه تولید هیبرید و بهره‌برداری از اثرات غالبیت ژن‌ها در این صفت پیشنهاد می‌شود. در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، تستر SPN1 و لاین‌های DH4 و SPN30 از لحاظ صفات مورد مطالعه ترکیب‌شونده‌های خوبی بودند، همچنین دورگ‌های RGS003×DH4، RGS003×SPN36 و RGS003×SPN30 در بین ترکیبات ارقام کلزا جز ترکیبات برتر بوده و می‌توان از والدین آنها در برنامه‌های تولید ارقام هیبرید با استفاده از سیستم نرعقیمی استفاده کرد. وراثت‌پذیری عمومی بسیار بالا اظهار به اهمیت بیشتر واریانس ژنتیکی نسبت به واریانس محیطی در این بررسی داشت. 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 دامنه وسیع‌تری از تغییرات بتواند به نتیجه‌گیری عمومی‌تر و جامع‌تری منجر شود. به رغم 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 وراثت‌پذیری صفات نیز با ضریب اطمینان بالا صورت گیرد.

مراجع

1.Omidi, H., Tahmasebi Sarvestani, Z., Ghalavand, A., and Modarres Sanavi, S. A. M. 2005." Evaluation of tillage systems and row distances on grain yield and oil content in two canola (*Brassica napus*) cultivars". *Iranian Journal of Field Crop Science*, 7(2), pp. 97-111. (In Farsi).

2.Mohammadi, A., Saeidi, G., and Arzani, A. 2010. "Genetic analysis of some agronomic traits in flax (*Linum usitatissimum* L.)". *Australian Journal of Crop Science*, 4(5), pp. 343-352.
3.Ashraf, M., and Neilly, TMc. 2004. "Salinity tolerance in Brassica oilseeds". *plant science*, 23, 157-174.
4.Griffing, B. 1956, "Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems". *Australian Journal of Biological Science* , 9, pp. 463-493.
5.Kempthorne, O. 1957, "An Introduction to Genetic Statistics". John Wiley, New York, p 545.
۶. امیری اوغان، ح. ۱۳۷۹. وراثت‌پذیری شاخص‌های مقاومت به تنش خشکی در کلزا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی اردبیل.

7.Labana, KS., and Jindal, SK. 1982. "Genetics of seed yield and its components in Indian colza". *indian journal of agricultural sciences*. 52, pp. 297-301.
8.Thukral, SK,. and Singh, H. 1987." Genetic analysis of seed yield, flowering and maturity in rapeseed". *indian journal of agricultural sciences.* 57, pp. 298-302.
9.Thakur, H.L., and Sagwal, JC. 1997. "Heterosis and combining ability in rapeseed (*Brassica napus* L.)". *indian journal of genetics and plant breeding*, 57, pp. 163-167.
10.Duhoon, SS., Chandra, S., Basu, AK., and Makhija, OP. 1982."Components of genetic variation for yield and its attributes in a diallel cross of yellow-seeded Indian colza". *journal of agricultural sciences*. 52, pp. 154-158.
11.Singh, R.K., and Chaudhary, B.D. 2007. "Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis (Third Edition)". *Kalyani Publishers.* (Translation mohammad moghadam and Hassan Amiri Oghan).
12.Sendecor, G.W. and Cochran, W.C. 1980. "Statistical Methods". *8th ed. The Iowa State University. Press, Ames, Iowa, USA.*
13.Falconer, D.S. 1989. "Introduction to quantitative genetics". *3th ed. Longman Scientific and Technical, uk.*
۱۴.امیری اوغان، ح.، دهقانی، ح. و حیدری، م. ۱۳۸۹. وراثت عملکرد و صفات وابسته به آن در ارقام کلزای زمستانه در شرایط فاقد و واجد تنش خشکی، مجله دانش کشاورزی، شماره ۲۰، صفحه ۳۳-۴۸.
15.Malik, V., Singh, H. and Singh, D. 1995. "Gene action of seed yield and other desirable characters in rapeseed (*Brassica napus* L.)". *Annals of Applied Biology*, 11, pp. 94-97.
16.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.
17.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, pp.19-20.
18.Pal, R., Singh, H., Jatasra, D.S. and Rishi, P. 1981. "Genetics of yield and yield components in Indian rapeseed". *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 51, pp. 550-553.
19.Chopra, V.L., and Prakash, S. 1996. "Oilseed and vegetable Brassicas". *Indian perspective*. Oxford and IBH Pub. Pvt. Ltd. New Delhi. Calcutta.