Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 52, No 1, Spring 2021 (37-46)
DOI: 10.22059/ijfcs.2020.239238.654364

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۲، شمارهٔ ۱، بهار ۱۴۰۰ (ص۴۶-۳۷)

ارزیابی ژنتیکی برخی صفات فنولوژیک و ریخت‌شناسی در ژنوتیپ‌های کلزا (*Brassica napus* L.) با استفاده از تجزیه لاین در تستر

مهدیه ارشدی بیدگلی[۱]، محمدحسین فتوکیان*[۲]، حسن امیری اوغان [۳] و بهرام علیزاده[٤]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد اصلاح نبات دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد، تهران، ایران و دانشجوی دکتری رشتهٔ ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، ۲- دانشیار، دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد، ۳و٤- استادیار پژوهش و دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹٦/۵/۳۰ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۲۸)

چکیده

با توجه به اهمیت برآورد ترکیب‌پذیری، وراثت‌پذیری، اجزای واریانس ژنتیکی و نحوه عمل ژن در طراحی برنامه‌های به‌نژادی کلزا، آزمایشی بر اساس روش لاین در تستر با ۱۵ دورگ حاصل از تلاقی پنج لاین کلزای بهاره با عملکرد متوسط شامل SPN3، SPN9، SPN36، SPN30 و DH4، با سه ژنوتیپ کلزای بهاره پرمحصول شامل SPN34، RGS003 و SPN1 به عنوان تستر، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار اجرا شد. تفاوت بین دورگ‌ها برای تمامی صفات مورد مطالعه بجز طول دوره گل‌دهی، معنی‌دار شد. در کنترل ژنتیکی صفات، اهمیت اثر افزایشی ژن‌ها برای تمامی صفات مورد مطالعه بجز قطر ساقه و عملکرد دانه بالاتر برآورد شد. وراثت‌پذیری عمومی صفات از ۸٦/۰۳ ٪ برای قطر ساقه تا ۹۸/۵۳ ٪ برای تعداد روز تا خاتمه گلدهی متغیر بود. حداقل و حداکثر وراثت‌پذیری خصوصی، به‌ترتیب در قطرساقه (۵٦/۸۳ ٪) و تعداد شاخه فرعی (۹۱/٦۳ ٪) مشاهده شد. در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، تستر SPN1 و لاین‌های DH4 و SPN30، بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی را دارا بودند. با توجه به برتر بودن دورگ‌های DH4×RGS003، SPN36×RGS003 و SPN30×RGS003 می‌توان آن‌ها را برای تولید ارقام دورگ در برنامه های اصلاحی آینده توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: اجزای واریانس ژنتیکی، قابلیت ترکیب، کلزا، نحوه عمل ژن، وراثت‌پذیری.

Genetic evaluation of some phonological and morphological traits of oilseed rape (*Brassica napus* L.) Genotypes by line×tester method

Mahdieh Arshadi Bidgoli[1], Mohammad Hossein Fotokian*[2], Hassan Amiri Oghan[3] and Bahram Alizadeh[4]

1. Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Abouraihan, University of Tehran, Iran 2. College of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran. 3,4. Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

(Received: August 21, 2017- Accepted: January 18, 2020)

ABSTRACT

Given the importance of estimating combinability, heritability, genetic variance components and gene performance in designing breeding programs, an experiment based on the line×tester method with fifteen hybrids of oilseed rape derived from crosses of five average yielding cultivars includes SPN3, SPN9, SPN36, SPN30, DH4, with three spring and high yielding testers (SPN34, RGS003, SPN1) was performed using a randomized complete blocks design with two replications. The differences between hybrids for all traits, except flowering time, were significant. In the genetic control of traits, the importance of addictive effect of genes for all studied traits were estimated except for stem diameter and grain yield. The general heritability of the traits was very high and was estimate from 86.03% for stem diameter to 98.53% for the days to end of flowering. Minimum and maximum of the private heritability were also moderately high for the studied traits were56.83% and 91.63% for stem diameter and number of branches, respectively. Among the studied genotypes, SPN1 as a tester and DH4 and SPN30 as lines had the most combinability. Due to the superiority of DH4×RGS003 ،RGS003×SPN36 and SPN30×RGS003 hybrids, they can be recommended for hybrid cultivars production in the future breeding programs.

Keywords: Combining ability, genetic variance components, gene action, heritability, oilseed rape.

* Corresponding author E-mail: fotokian@shahed.ac.ir

مقدمه

دانه‌های روغنی، از تولیدات مهم محصولات کشاورزی می‌باشند که با توجه به بازار مصرف وسیع و اهمیت تغذیه‌ای بالا، تولید آن‌ها در سطح ملی، از اولویت خاصی برخوردار می‌باشد (Mostafivarad *et al*., 2013). برای تامین روغن نباتی کشور، کلزا (*Brassica napus* L.) انتخاب اول از میان دانه‌های روغنی است. به دلیل تناسب بیشتر با اقلیم نقاط مختلف کشور و دارا بودن روغنی با کیفیتی بالاتر نسبت به سایر محصولات دانه‌های روغنی، توسعه کشت کلزا مورد توجه قرار گرفته است (Omidi *et al*., 2005). کلزا سومین گیاه روغنی عمده جهان پس از سویا و نخل روغنی است و مهم‌ترین گیاه روغنی در بین گونه‌های متعلق به جنس براسیکا است (Thiyam-Holländer *et al.*, 2012)، به‌طوری‌که حدود ۱۴/۸٪ از میزان کل تولید جهانی دانه‌های روغنی (بالغ بر ۶۸ میلیون تُن) را به خود اختصاص داده است (FAO, 2017)؛ بنابراین افزایش تولید این گیاه می‌تواند به کاهش واردات روغن‌های خوراکی کمک کند (Nassimi *et al*., 2006a). 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 (Mohammadi, 2010). به‌نژادگرها می‌توانند با استفاده از طرح‌های مختلف تلاقی، اجزای ژنتیکی کنترل کننده صفات را در جمعیت گیاهان مورد مطالعه را برآورد کنند (Ashraf & Neilly, 2004). گرچه طرح دای‌آلل (Griffing, 1956)، بیشترین کاربرد را در تعیین ساختار ژنتیکی صفات دارد، اما به انجام تلاقی‌های زیاد و صرف وقت و هزینه زیاد در اجرای آن نیاز است (Eraja *et al.*, 1997)؛ بنابراین محققین با استفاده از طرح‌هایی مانند لاین×تستر (Kempthorne, 1957)، جمعیت مورد مطالعه خود را کاهش می‌دهند که این امر، از سرعت و اطمینان بیشتری نیز برخوردار می‌باشد. از این روش، خصوصاً برای ارزیابی قابلیت ترکیب عمومی و خصوصی استفاده می‌شود. همچنین برای برآورد اثرات ژن می‌توان از این روش استفاده نمود. تعیین ترکیب‌پذیری و اجزای واریانس ژنتیکی، از مهمترین کارهای هر برنامه اصلاحی برای دورگ‌گیری است (Fehr, 1993) و به به‌نژادگران کمک می‌نماید تا نحوه عمل ژن یا ژن‌های دخیل در تظاهر صفات کمی مهم را تعیین کنند و والدین با ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و هیبریدهایی با ترکیب‌پذیری خصوصی بالا را شناسائی نمایند (Eraja *et al.*, 1997). بسیاری از دانشمندان از تجزیه لاین در تستر برای بررسی ژنتیکی صفات زراعی، مورفولوژیکی و برآورد اثرات GCA و SCAدر گیاهان مختلف از جمله آفتابگردان (Khan *et al*., 2009) ، پنبه (Panhwar *et al*., 2008) ، نخود (Ceyhan *et al*., 2008) ، گندم (Saeed et al., 2001) و کلزا (Rameeh, 2011; Farshadfar *et al.,* 2013) استفاده کرده‌اند.

Amiri oghan *et al* (2010) با استفاده از تجزیه لاین×تستر در کلزا، تنوع ژنتیکی بالایی در بین ژنوتیپ‌ها و همچنین رابطه مثبت و معنی‌داری بین تعداد خورجین در بوته با عملکرد دانه مشاهده نمودند و گزارش کردند که سهم اثر غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل عملکرد دانه، بالاتر است و تعداد شاخه های فرعی و تعداد خورجین در بوته نیز بیشتر تحت تاثیر اثر افزایشی ژن‌ها هستند. Rameeh *et al* (2003) در بررسی هشت ژنوتیپ کلزا، ترکیب‌پذیری خصوصی و عمومی معنی‌داری برای خصوصیات مورد مطالعه گزارش نمودند که نشان دهنده اثرات افزایشی و غیرافزایشی در کنترل ژنتیکی آن‌ها بود. Amiri oghan (2000) با مطالعه ژنوتیپ‌های نسل F_2 با روش دای‌الل هفت در هفت با روش دوم گریفینگ و هیمن 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 گلدهی مهم‌تر بودند. Jindal& Labana (1982) با مطالعه عملکرد و اجزای عملکرد کلزا در یک طرح دی‌آلل پنج در پنج دریافتند که

صفاتی چون ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته و عملکرد دانه، با عمل فوق غالبیت ژنی کنترل می‌شوند و همچنین گزارش کردند که ارتفاع بوته، از وراثت‌پذیری خصوصی بالایی برخوردار است. Thukral & Singh (1987) 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 قرار دارد. در مطالعه Thakur & Sagwal (1997) صفاتی مانند عملکرد و اجزای آن و درصد روغن، تحت کنترل اثر افزایشی و غیر افزایشی ژن‌ها بودند. Duhoon *et al* (1982) گزارش‌هایی مبنی بر کنترل افزایشی ژن‌ها برای ارتفاع بوته ارائه دادند. همچنین بیان داشتند که در شکل‌گیری تعداد شاخه‌های اولیه و ثانویه، ژن‌ها اثر غیرافزایشی داشته‌اند و انتخاب دوره‌ای را برای اصلاح عملکرد و اجزای آن پیشنهاد نمودند. اهداف مطالعه حاضر ،کسب اطلاعات پیرامون تنوع ژنتیکی، اثر و نوع عمل ژن‌ها، وراثت‌پذیری و سایر پارامترهای ژنتیکی مربوط به تعدادی از صفات فنولوژیک و ریخت‌شناسی موثر بر عملکرد دانه و اجزای آن در کلزا 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 اجرا شد. متوسط بارندگی، دمای منطقه و خاک، براساس آمار ۳۵ ساله به‌ترتیب ۲۴۲ میلی‌متر، ۱۳/۵ و ۱۴/۵ درجه سانتی‌گراد بود. در این تحقیق، ۱۵ دورگ بهاره کلزا که حاصل تلاقی پنج لاین با عملکرد متوسط برای کشت در اقلیم گرم کشور (SPN3، SPN9، SPN36، SPN30 و DH4) و سه تستر پرمحصول (SPN34، RGS003 و SPN1)، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار، با توجه به محدودیت بذر، در نیمه اول مهر در مزرعه تحقیقاتی کشت شدند و مورد ارزیابی قرار گرفتند. از آن‌جا که گرادیان تغییرات حاصلخیزی خاک و عناصر و مواد مهم موجود در آن در انتخاب نوع آزمایش اهمیت به‌سزایی دارد، آزمایش عناصر ماکرو، اسیدیته، هدایت الکتریکی و بافت خاک انجام گرفت که نتایج آن در جدول ۱ آمده است. سایر خصوصیات خاک از جمله واکنش خاک، بافت و هدایت الکتریکی خاک در سال آزمایش، در حد قابل قبول بودند که نشان‌دهنده وضعیت مناسب خاک مزرعه از لحاظ ظرفیت تبادل کاتیونی و فراهم بودن عناصر غذایی برای گیاه بود.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش.

Table 1. Physiochemical properties of the experiment site soil.

Specifications	Sampling depth (centimeter)	
	0-30	30-60
Electrical conductivity (dS/m)	1.390	1.190
pH	7.300	7.100
Percentage of neutralizing substances	8.190	8.380
Moisture percentage of saturated soil	36	38
Organic carbon percentage	0.870	0.970
Percentage of total nitrogen	0.090	0.040
Absorbable Phosphorus (mg/kg)	14.700	15.600
Absorbable Potassium (mg/kg)	171	139
Clay percentage	31	26
Silt percentage	44	45
Sand percentage	25	29
Soil texture	Loamy clay	Loamy clay

هم‌زمان با آماده‌سازی بستر بذر، بر اساس آزمون خاک و توصیهٔ کودی، مقدار فسفر و پتاسیم مورد نیاز، به‌ترتیب 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 همچنین در دو نوبت به صورت سرک، در مرحله ساقه‌رفتن و شروع گلدهی، به‌ترتیب به میزان ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد. وجین

علف‌های‌هرز به روش دستی و آبیاری نیز به صورت نشتی و با کمک سیفون در شش مرحله (کاشت، ساقه‌دهی، شروع و اواسط گلدهی، خورجین‌دهی، پر شدن دانه) انجام شد. هر واحد آزمایشی شامل دو پشته سه متری با دو ردیف کاشت روی هر پشته به فاصلهٔ ۳۰ سانتی‌متر از هم بود. صفات مورد بررسی شامل تعداد روز تا سبز شدن، تعداد روز تا شروع گلدهی و روز تا خاتمه گلدهی، طول دوره گلدهی، تعداد روز تا رسیدن فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، قطر ساقه در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری، تعداد خورجین در بوته و عملکرد دانه بود. اندازه‌گیری صفات مورد مطالعه در هر کرت، بر اساس پنج بوته رقابت کننده، به‌طور تصادفی پس از حذف ۱۵ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای خطوط به‌عنوان حاشیه انجام شد.

برای تجزیه آماری طرح، تجزیه لاین در تستر (Kempthorne, 1957) با استفاده از نرم‌افزار SPAR 2.0 انجام شد. در این نوع تجزیه، امکان برآورد ترکیب‌پذیری خصوصی دورگ‌ها و ترکیب‌پذیری عمومی والدین، برآورد عمل ژن و تعیین وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی صفات وجود دارد. برآورد ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترها و ترکیب‌پذیری خصوصی دورگ‌ها با استفاده از معادلات ۱، ۲ و ۳ انجام شد.

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

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

$SCA_{line\times tester} = \frac{Xij.}{r} - \frac{Xi..}{tr} - \frac{X.j.}{lr} + \frac{X...}{ltr}$

معادله (۳) $\sum_i Sij = \sum_j Sij = \sum_i \sum_j Sij = 0$

برای محاسبه اجزای واریانس ژنتیکی با توجه به خالص بودن ژنوتیپ‌ها و استفاده از نسل F_1، از ضریب خویش‌آمیزی یک استفاده شد. واریانس افزایشی (V_A) و واریانس غالبیت (V_D) با توجه به ثابت بودن لاین‌ها، از معادلات ۴ و ۵ به‌دست آمد (Singh & Chaudhary, 2007):

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

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

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 معادله ۶ محاسبه شد:

معادله (۶) $MS_{pooled} = (SS_L + SS_T)/(dF_L + dF_T)$

نحوه عمل ژن، از نسبت میانگین مربعات ترکیب‌پذیری عمومی به مربعات ترکیب‌پذیری خصوصی تعیین شد. میانگین درجه غالبیت نیز از جذر دو برابر واریانس غالبیت تقسیم بر واریانس افزایشی به دست آمد. مقادیر وراثت پذیری عمومی (h^2_B) و وراثت پذیری خصوصی (h^2_N) صفات در واحد میانگین تیمارها نیز به‌ترتیب از معادلات ۷ و ۸ محاسبه شدند:

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

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

که در این معادلات، V_A و V_D: به ترتیب 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 انحراف 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 (Sendecor & Cochran, 1980).

در این فرمول، SS_L و SS_T: به‌ترتیب مجموع مربعات لاین و تستر و dF_L و dF_T: به‌ترتیب درجات آزادی لاین و تستر است.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات (جدول ۲) 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، دارای اختلاف بسیار معنی‌دار و برای صفات تعداد شاخه فرعی و قطر ساقه در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری، دارای اختلاف معنی‌داری بودند که این امر، نشان‌دهنده وجود تفاوت‌های ژنتیکی بین دورگ‌ها از لحاظ صفات مورد مطالعه بود که امکان بررسی کامل‌تر و شناسایی تفاوت‌های ژنتیکی را از طریق تجزیه لاین×تستر ممکن می‌سازد. وجود تنوع ژنتیکی بین صفات مورد مطالعه،

توسط Rameeh (2012) و Shahzad *et al.* (2015) نیز گزارش شده است.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات بر اساس تلاقی لاین×تستر و برآورد سهم نسبی لاین‌ها، تسترها و اثرمتقابل لاین×تستر از واریانس کل، برای صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های کلزا.

Table 2. Analysis of variance based on the line × tester crossing and estimation of relative contribution of lines, testers and their interaction from total variance for traits studied in oilseed genotypes.

S. O. V	DF	Mean Square (MS)									
		Days to germination	Days to flowering	Day to end flowering	Flowering duration	Days to maturity	Plant height	Number of branches	Stem diameter	Number of pods per plant	Grain yield
Block	1	0.133 ^{ns}	10.800^{ns}	10.800**	0.0001 ^{ns}	10.800**	8.533^{ns}	0.161 ^{ns}	0.422^{ns}	151.425^{ns}	7363.333*
Crosses	14	13.033**	23.205**	19.248**	1.062 ^{ns}	8.133**	92.333**	0.384*	1.300*	1684.901**	11631.905**
line	4	4.117 ^{ns}	11.383*	8.617**	0.717 ^{ns}	4.483*	151.500**	0.505*	1.190^{ns}	3645.911**	6695.000*
tester	2	60.933**	92.233**	84.033**	0.233 ^{ns}	36.433**	25.233^{ns}	1.241**	1.479*	688.729^{ns}	17203.333**
Line × Tester	8	5.517^{ns}	11.585*	8.367**	1.442 ^{ns}	2.683^{ns}	79.525**	0.110 ^{ns}	1.310*	953.439*	12707.500**
Error	14	2.348	3.157	1.086	1.357	1.086	9.533	0.150	0.424	336.680	1577.619
CV %		11.91	1.09	0.56	4.91	0.46	2.98	9.20	7.73	15.01	18.59

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

ns, * and **: Not significant and significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

واریانس ژنتیکی برای کلیه صفات مورد مطالعه به واریانس افزایشی و واریانس غالبیت تفکیک شد (جدول ۳). مقدار واریانس افزایشی تمامی صفات مورد مطالعه، بیشتر از واریانس غالبیت بود. به‌طورکلی، وراثت‌پذیری عمومی صفات خیلی زیاد بود و در محدوده ۸۶/۰۳ ٪ برای قطر ساقه در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری تا ۹۸/۵۳٪ برای روز تا خاتمه گلدهی قرار داشت که می‌تواند نشان‌دهنده کم بودن واریانس محیطی در این بررسی و اهمیت بسیار بیشتر واریانس ژنتیکی نسبت به واریانس محیطی باشد. کم بودن نسبی ضریب تغییرات صفات نیز دال بر تاثیر کم محیط است. با این وجود و 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. Falconer (1989) نیز معتقد است که در صورت عدم تعادل در پیوستگی ژن‌ها، اثر غالبیت، سبب اریبی در برآورد وراثت‌پذیری می‌شود. از آن‌جا که وراثت‌پذیری خصوصی در محاسبه واکنش صفات به انتخاب دلالت دارد، بنابراین از اهمیت بیشتری نسبت به وراثت‌پذیری عمومی برخوردار است. به‌طورکلی، درصد وراثت‌پذیری خصوصی برای صفات مورد مطالعه، متوسط به بالا بود و از ۵۶/۸۳٪ برای قطر ساقه تا ۹۱/۶۳٪ برای تعداد شاخه فرعی تفاوت داشت (جدول۳). Amiri oghan *et al* (2010) نیز با استفاده از تجزیه لاین×تستر در کلزا، مقدار وراثت‌پذیری عمومی را برای کلیه صفات را بالا و مقدار وراثت‌پذیری خصوصی را برای اکثر صفات را کم یا متوسط گزارش کردند. چنین برآوردهایی توسط سایر محققین برای برخی از اجزای عملکرد دانه در کلزا گزارش شده است (Labana *et al.*, 1982; Duhoon *et al.*, 1982). Malik *et al* (1995) 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. Virender *et al* (1995) برای تعداد شاخه فرعی وراثت‌پذیری عمومی بالایی برآورد کردند. Brown *et al* (1996) نیز با مطالعه جمعیت‌های F_2 و F_1 کلزا در مکان‌ها و سال‌های مختلف اظهار داشتند که صفات ارتفاع بوته و عملکرد دانه، دارای وراثت‌پذیری خصوصی پایینی هستند. مطالعه Pal *et al*. (1981) نیز حاکی از برآورد وراثت‌پذیری خصوصی متوسط روز تا شروع گلدهی بود

جدول ۳- برآورد اجزای واریانس، متوسط درجه غالبیت و وراثت‌پذیری برای صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های کلزا.

Table 3. Variance components estimations of average degree of dominance and heritability of studied traits in oilseed genotypes.

	Days to germination	Days to flowering	Day to end flowering	Days to maturity	Plant height	Number of branches	Stem diameter	Number of pods per plant	Grain yield
V_A	20.708	35.176	32.670	14.314	99.878	0.600	0.862	2323.504	8620.159
V_D	1.585	4.351	3.640	0.799	34.996	0.001	0.443	308.380	5564.940
$(2V_D/V_A)^{0.5}$	0.391	0.495	0.4721	0.334	0.837	0	1.014	0.515	1.136
VG	22.293	39.527	36.310	15.113	134.874	0.580	1.305	2631.884	14185.099
VP	23.467	41.105	36.853	15.656	139.640	0.655	1.517	2800.224	14973.908
h^2_B	95.000	96.160	98.530	96.530	96.590	94.50	86.030	93.990	94.730
h^2_N	88.250	85.580	88.650	91.430	71.530	91.630	56.830	82.980	57.570
S^2_{GCA}	10.354	17.588	16.335	7.157	49.939	14.920	0.431	1161.752	4310.079
S^2_{SCA}	1.585	4.351	3.640	0.799	34.996	0.001	0.443	308.380	5564.940
S^2_{GCA}/S^2_{SCA}	6.534	4.043	4.487	8.690	1.427	14.919	0.973	3.767	0.775

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

V_A: واریانس افزایشی، V_D: واریانس غالبیت، $(2V_D/V_A)^{0.5}$: متوسط درجه غالبیت، VG: واریاس ژنتیکی، VP: واریانس فنوتیپی، h^2_B: وراثت‌پذیری عمومی، h^2_N: وراثت‌پذیری خصوصی، : S^2_{GCA}/S^2_{SCA}: نحوه عمل ژن.

*: Heritability is computed on the basis of treatments mean, not on plot unit. V_A: additive variance, VD: dominance variance, $(2V_D/V_A)^{0.5}$: average degree of dominance, h^2_B: broad sense heritability, h^2_N: narrow sense heritability, V_G: genotypic variance, V_P: phenotypic variance, S^2_{GCA}/S^2_{SCA}: gene action.

نحوه عمل ژن، بر اساس نسبت میانگین مربعات ترکیب‌پذیری عمومی به خصوصی (S^2_{GCA}/S^2_{SCA}) محاسبه شد. 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 (Hosseini *et al,* 2013). در این آزمایش و برای تمامی صفات مورد مطالعه بجز قطر ساقه و عملکرد دانه، نقش واریانس افزایشی نسبت به واریانس غیرافزایشی، بیشتر بود. همچنین دارا بودن درجه غالبیت کمی بیش از یک در صفات قطر ساقه (۱/۰۱۴) و عملکرد دانه (۱/۱۳۶) نیز نشان‌دهنده غالبیت کامل ژن‌ها در کنترل این صفات است که درستی نحوه عمل ژن را نیز تایید می‌کند؛ اما باتوجه به بالاتر بودن واریانس افزایشی برای تمامی صفات مورد مطالعه، می‌توان استنباط نمود که هر دو اثرات افزایشی و غیر افزایشی واریانس ژنتیکی، در توارث این صفات موثر بوده‌اند و نشان دهنده لزوم بهره‌گیری از هر دو اجزای تثبیت‌پذیر و غیرتثبیت‌پذیر واریانس ژنتیکی در برنامه‌های به‌نژادی کلزا می‌باشد و با نتایج آزمایش‌های حسینی و همکاران (Hosseini *et al.,* 2013) مطابقت دارد. همچنین در مطالعات Afarinesh *et al.* (2003) بر روی ذرت و Krishna *et al.* (1979) برروی نخود نیز صفت عملکرد تحت تاثیر اثرات غالبیت کنترل می‌شود.

نتایج ارزیابی ترکیب‌پذیری عمومی (جدول ۴) نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین قابلیت ترکیب عمومی لاین‌ها و تسترها برای هر صفت وجود دارد. برای صفت روز تا سبز شدن در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، 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. Nassimi *et al* (2006 a) Gupta *et al* (2006) و Rameeh (2012) نیز نتایج بسیار معنی‌داری را برای قابلیت ترکیب عمومی و خصوصی روز تا شروع گلدهی در کلزا گزارش کردند. 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.

جدول ۴- برآورد اثرات ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترها و اشتباه معیار آن‌ها برای صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های کلزا.
Table 4. Effects of general combining ability of lines and testers on the studied traits in oilseed genotypes and their standard errors.

		Days to germination	Days to flowering	Day to end flowering	Days to maturity	Plant height	Number of branches	Stem diameter	Number of pods per plant	Grain yield
Line	SPN3	-1.067^{ns}	-0.800^{ns}	-0.600^{ns}	-1.533**	1.000^{ns}	0.453*	0.434^{ns}	17.053*	36.000*
	SPN9	1.267^{ns}	2.200**	1.067*	0.800^{ns}	-3.000*	-0.413*	-0.417^{ns}	4.787^{ns}	-30.667^{ns}
	SPN36	-2.400**	-4.467**	-3.933**	-2.200**	-15.000**	-0.480**	-0.887**	-55.013**	-100.667**
	SPN30	0.933^{ns}	1.200^{ns}	1.733**	2.133**	12.000**	-0.347*	-0.482^{ns}	-37.414**	26.000^{ns}
	DH4	1.267^{ns}	1.867*	1.733**	0.800^{ns}	5.000**	0.787**	1.342**	70.587**	69.334**
	SE_L	0.626	0.725	0.425	0.425	1.261	0.158	0.266	7.491	16.215
	SE_L(gi-gi)	0.885	1.026	0.602	0.602	1.783	0.224	0.376	10.594	22.932
Tester	SPN34	-8.267**	-10.133**	-9.467**	-5.733**	-3.467**	0.773**	0.691**	36.293**	-182.667**
	RGS003	-2.667**	-3.333**	-3.466**	-2.933**	7.333**	0.853**	1.071**	-7.466^{ns}	41.334**
	SPN1	10.934**	13.466**	12.933**	8.666**	-3.866**	-1.626**	-1.762**	-28.827**	141.333**
	SE_T	0.485	0.562	0.330	0.330	0.976	0.122	0.206	5.802	12.560
	SE_T(gi-gi)	0.685	0.795	0.466	0.466	1.381	0.173	0.291	8.206	17.763

ns و * و **: به ترتیب نشان دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطوح پنج درصد و یک درصد.
ns, * and **: Not significant and significant at 5% and 1%, of probability levels, respectively

در بررسی ترکیب‌پذیری عمومی ارتفاع بوته مشخص شد که ژنوتیپ‌های SPN30 و RGS003 دارای قابلیت ترکیب عمومی مثبت و معنی‌دار بودند و ترکیب‌شونده‌های خوبی از نظر این صفت هستند که بیانگر این است که قابلیت انتقال این صفت توسط ارقام فوق وجود دارد، اما از آن‌جا 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. به‌طورکلی در بررسی قابلیت ترکیب عمومی مشخص شد که ژنوتیپ‌های نام برده، توانایی انتقال پتانسیل عملکرد خود به نتاج را دارا هستند؛ بنابراین می‌توان از این ژنوتیپ‌ها در برنامه‌های به‌نژادی برای تولید هیبریدهایی با عملکرد بالا استفاده کرد تا گام موثری در راستای افزایش تولید کلزا برداشته شود (Hosseini *et al.,* 2013). در فرآیند اصلاحی کلزا، یافتن بهترین لاین خالص نباید هدف 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 نخواهند کرد (Hosseini *et al.,* 2013). 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 به‌عنوان یکی از کارآمدترین ابزارها مورد استفاده قرار گیرد. با بررسی مقادیر ترکیب‌پذیری خصوصی (جدول ۵)، ترکیبات DH4×RGS003 برای صفات فنولوژیک و تعداد خورجین در بوته، SPN36×RGS003 برای عملکرد دانه و SPN30×RGS003 برای ارتفاع بوته جزو ترکیبات برتر بودند. به‌طورکلی نتایج این مطالعه در مورد قابلیت ترکیب عمومی و خصوصی با نتایج تحقیقات Sharief *et al.* (2002)، Huang *et al.* (2009) و Nassimi *et al.* (2006) برای صفت روز تا رسیدن فیزیولوژیک، Rameeh (2011) Sharief *et al;* (2002) و Rameeh *et al.* ; (2011) Turi *et al.* (2012) برای صفت ارتفاع بوته، Gupta *et al.*; (2002) Sharief *et al.* (2006) و Singh *et al.* (2010) برای تعداد شاخه فرعی، Sharief *et al.* (2002) و Huang *et al.* (2009) برای تعداد خورجین در بوته و Rameeh *et al.* (2011) و Turi *et al.* (2011) برای عملکرد دانه مطابقت داشت. همچنین آزمایشات با گونه‌های مختلف براسیکا از جمله کلزا نیز دلالت بر این مطلب داشت که اثر ترکیب‌پذیری عمومی در جوامع F_1 برای اجزای عملکرد به میزان بالایی معنی‌دار است و تأثیر ترکیب‌پذیری خصوصی نیز به میزان کمتری معنی‌دار است که با نتایج این تحقیق

همخوانی دارد.

جدول ۵- برآورد اثرات ترکیب‌پذیری خصوصی در ترکیبات ارقام کلزا و اشتباه معیار آنها برای صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های کلزا

Table 5. Effects of specific combining ability in crosses of rapeseed varieties on the studied traits in oilseed genotypes and their standard errors.

Line×Tester	Days to germination	Days to flowering	Day to end flowering	Days to maturity	Plant height	Number of branches	Stem diameter	Number of pods per plant	Grain yield
SPN3×SPN34	-0.533^{ns}	-0.600^{ns}	1.400^{ns}	-0.467^{ns}	6.400*	0.347^{ns}	-2.200**	48.987**	-12.000^{ns}
SPN9×SPN34	1.133^{ns}	1.400^{ns}	-0.267^{ns}	1.200^{ns}	8.400**	0.013^{ns}	-0.763^{ns}	10.053^{ns}	-35.333^{ns}
SPN36×SPN34	0.800^{ns}	2.067^{ns}	1.733*	1.200^{ns}	-5.600*	0.080^{ns}	1.055*	24.053^{ns}	-105.333**
SPN36×SPN34	0.467^{ns}	0.400^{ns}	1.067^{ns}	1.867*	-0.600^{ns}	-0.653*	1.252*	-13.547^{ns}	118.000**
DH4×SPN34	-1.867^{ns}	-3.267*	-3.933**	-3.800**	-8.600**	0.213^{ns}	0.655^{ns}	-69.547**	34.667^{ns}
SPN3×RGS003	-1.333^{ns}	-1.000^{ns}	-1.600*	0.133^{ns}	-11.000**	-0.693*	0.792^{ns}	-47.333**	-74.000*
SPN9× RGS003	1.333^{ns}	2.000^{ns}	1.733*	0.800^{ns}	3.000^{ns}	-0.027^{ns}	-1.075*	-19.867^{ns}	12.667^{ns}
SPN36×RGS003	-4.000**	-7.333**	-5.267**	-2.200**	11.000**	0.240^{ns}	-0.533^{ns}	-7.267^{ns}	172.667**
SPN30×RGS003	-1.333^{ns}	-1.000^{ns}	-1.933*	-1.533^{ns}	-15.000**	0.307^{ns}	-0.128^{ns}	12.133^{ns}	96.000**
DH4×RGS003	5.333**	7.333**	7.067**	2.800**	12.000**	0.173^{ns}	0.944^{ns}	62.333**	-207.333**
SPN3×SPN1	1.867^{ns}	1.600^{ns}	0.200^{ns}	0.333^{ns}	4.600^{ns}	0.347^{ns}	1.409**	-1.653^{ns}	86.000**
SPN9×SPN1	-2.467*	-3.400*	-1.467^{ns}	-2.000*	-11.400**	0.013^{ns}	1.838**	9.813^{ns}	22.667^{ns}
SPN36×SPN1	3.200*	5.267**	3.533**	1.000^{ns}	-5.400*	-0.320^{ns}	-0.522^{ns}	-16.787^{ns}	-67.336*
SPN30×SPN1	0.867^{ns}	0.600^{ns}	0.867^{ns}	-0.333^{ns}	15.600**	0.347^{ns}	-1.125*	1.416^{ns}	-214.000**
DH4×SPN1	-3.467**	-4.067**	-3.133**	1.000^{ns}	-3.400^{ns}	-0.387^{ns}	-1.599**	7.213^{ns}	172.667**
SE_{ig}	1.083	1.256	0.737	0.737	2.183	0.274	0.460	12.975	28.086
SE(ig-kl)	1.532	1.777	1.042	1.042	3.088	0.387	0.651	18.349	39.719

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

ns, * and **: Not significant and significant at 5% and 1%, of probability levels, respectively

نتیجه‌گیری کلی

هرچه والدین تنوع ژنتیکی بیشتری داشته باشند، شانس به دست آوردن بیان هتروتیکی بالاتر در F_1ها و طیف گسترده‌ای از تنوع در جمعیت درحال تفکیک بیشتر می‌شود (Shekhawat *et al*., 2001) که در این بررسی، 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. روش تجزیه لاین در تستر، یکی از ابزارهای قدرتمند موجود برای ارزیابی اثرات ترکیب‌پذیری و کمک‌کننده در انتخاب والدین و تلاقی‌های مطلوب برای بهره‌وری موثر در روش‌های اصلاحی است (Basbag, 2007; Jain & Sastry, 2012; Rashid *et al*., 2013). 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 و 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. غالبیت کامل در صفات قطر ساقه و عملکرد دانه، مبین عمل فوق‌غالبیت 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 بودند و می‌توان از والدین آن‌ها در برنامه‌های تولید ارقام هیبرید استفاده کرد. وراثت‌پذیری عمومی بسیار بالا، نشان‌دهنده اهمیت بیشتر واریانس ژنتیکی نسبت به واریانس محیطی در این بررسی بود. با وجود دقت زیاد در انجام آزمایش، لازم است صفات در سال و مکان‌های دیگر نیز بررسی شوند تا ضمن تعیین اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، برآورد وراثت‌پذیری صفات نیز با ضریب اطمینان بالا صورت گیرد.

REFERENCES

1. Afarinesh, A., Farshadfar, E. & Chogan, R. (2003). Genetic analysis of drought tolerance in maize (*Zea mays* L.) using diallel method. *Seed and Plant*, 20(4), 457-473. (In Persian).

2. Amiri oghan, H. (2000). *Heritability of indices of drought stress resistance in rapeseed*. MS.C. Thesis. Islamic Azad University, Ardebil. (In Persian).
3. Amiri oghan, H., Dehghani, H. & Heidari, M. (2010). Heritability of yield and its related traits in winter rapeseed cultivars under non-drought stress conditions. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*, 20, 33-48. (In Persian).
4. Ashraf, M. & Mc Neilly, T. (2004). Salinity tolerance in Brassica oilseeds. *Journal of Plant Science*, 23, 157-174.
5. Basbag, S., Ekinci, R. and Gencer, O. (2007). Combining ability and heterosis for earliness characters in line × tester population of *Gossypium hirsutum* L. *Hereditas,* 144(5), 185-190.
6. Brown, J., Erickson, D. A., Davis, J. B., Brown, A. P. & Seip, L. (1996). Efficiency of early generation selection in spring canola. *Cruciferae Newsletter*, 18, 19-20.
7. Ceyhan, E., Avci, M. A. & Karadas, S. (2008). Line × tester analysis in pea (*Pisum sativum L.*): Identification of superior parents for seed yield and its components. *African Journal of Biotechnology*, 7, 2810-2817.
8. Chopra, V. L. & Prakash, S. (1996). *Oilseed and vegetable Brassicas*. *Indian perspective*. Oxford and IBH Pub. Pvt. Ltd. New Delhi. Calcutta.
9. Duhoon, S. S., Chandra, S., Basu, A. K. & Makhija, O. P. (1982). Components of genetic variation for yield and its attributes in a diallel cross of yellow-seeded Indian colza. *Journal of Agricultural Sciences*. 52, 154-158.
10. Eraja, L., Chauhan, T. P. S., Thiagaraja, V., Lakshman, V. & Kamble, C. K. (1997). Line × tester analysis of combining ability in new genotypes of biviltine silkworm. *The Indian Journal of Agricultural Sciences.* 67(7), 287-290.
11. Falconer, D. S. (1989). *Introduction to quantitative genetics* (3rd ed.). Longman Scientific and Technical, UK.
12. Farshadfar, E., Kazemi, Z. & Yaghotipoor, A. (2013). Estimation of combining ability and gene action for agro-morphological characters of rapeseed (*Brassica napus* L.) using line × tester mating design. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 1, 711-717.
13. Fehr, W. R. (1993). *Principles of cultivar development*. Vol. 1. MacMillan Publ. Co. New York, USA. 342 Pp.
14. Griffing, B. (1956). Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Science.* 9, 463-493.
15. Gupta, S. K., Karuna, N. & Dey, T. (2006). Heterosis and combining ability in rapeseed (*Brassica napus* L.). *SKUAST Journal of Research*. 5(1), 42–47.
16. Hosseini, S. F., Choukan, R., Bihamta, M. R. & Mohammadi, A. (2013). Estimation of combining ability and gene effect in maize lines using line×tester under drought stress conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 15(1), 60-70. (In Persian).
17. Huang, Z., Laosuwan, P., Machikowa, T. & Chen, Z. (2009). Combining ability for seed yield and other characters in rapeseed. *Suranaree Journal of Science and Technology*. 17(1), 39-47
18. Jain, S. K. & Sastry, E. V. D. (2012). Heterosis and combining ability for grain yield and its contributing traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *RRJAAS*, 1, 17-22.
19. Kempthorne, O. (1957). *An Introduction to Genetic Statistics*. John Wiley, New York.
20. Khan, S. A., Ahmad, H., Khan, A., Saeed, M., Khan, S. M. & Ahmad, B. (2009). Using line × tester analysis for earliness and plant height traits in Sunflower (*Helianthus annus* L). *Recent Research in Science and Technology*, 1, 202-206.
21. Krishna, R. R., Katiyar, P. & Ahmad, Z. (1979). Fractional diallel analysis for combining ability in Bengal gram. *Indian Journal of Genetics*, 39(2), 171-177.
22. Labana, K. S. & Jindal, S. K. (1982). Genetics of seed yield and its components in Indian colza. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 52, 297-301.
23. Malik, V., Singh, H. & Singh, D. (1995). Gene action of seed yield and other desirable characters in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Journal of Annals of Applied Biology*, 11, 94-97.
24. Marijanovic-Jeromela, A., Marinkovic, R. & Miladinovic, D. (2007). Combining abilities of rapeseed (*Brassica napus* L.) varieties. *Genetika*, 39(1), 53-62.
25. Mohammadi, A., Saeidi, G. & Arzani, A. (2010). Genetic analysis of some agronomic traits in flax (*Linum usitatissimum* L.). *Australian Journal of Crop Science*, 4(5), 343-352.
26. Mostafivarad, M., Azad Marz Abad, M. & Faraji. S. (2013). Evaluation of agronomic traits and grain quality yield in some superior winter rapeseed varieties (*Brassica napus* L.). *Journal of Applied Crop Breeding*, 1(1), 33-42.

27. Nassimi, A. W., Raziuddin, N., Ali, N., Ali, S. & Bakht, J. (2006a). Analysis of combining ability in *Brassica napus* L. lines for yield associated traits. *Pakistan Journal of Biological Sciences,* 9(12), 2333-2337.
28. Nassimi, A. W., Raziuddin, N., Ali, S., Hassan G. & Ali. N. (2006b). Combining ability analysis for maturity and other traits in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Journal of Agronomy*, 5(3), 523-526.
29. Omidi, H., Tahmasebi Sarvestani, Z., Ghalavand, A. & 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), 97-111. (In Persian).
30. Pal, R., Singh, H., Jatasra, D. S. & Rishi, P. (1981). Genetics of yield and yield components in Indian rapeseed. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 51, 550-553.
31. Panhawar, S. A., Baloch, M. J., Jatoi, W. A., Veesar, N. F. & Majeedano, M. S. (2008). Combining ability estimates from line × tester mating design in upland cotton. *Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences*, 45(2), 69-74.
32. Rabiei, B. & Bayat, M. (2009). A study of seed germination and seedling growth indices of rape (*Brassica napus* L.) cultivars through seed vigour tests. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 40(2), 93-105. (In Persian).
33. Rameah, V., Rezai, A. & Saeidi, G. (2003). Estimation of genetic parameters for yield, yield components and glucosinolate in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Journal of Agriculture Science and Technology*, 5, 143-151. (In Persian).
34. Rameeh, V. (2011). Combining ability analysis of rapeseed genotypes under restricted nitrogen application. *Journal of Oilseed Brassica*. 2(1), 7-12.
35. Rameeh, V. (2011). Line × tester analysis for seed yield and yield components in spring and winter type varieties of oil seed rape. *Journal of Cereals and Oilseeds*, 2, 66–70.
36. Rameeh, V. (2012). Combining ability analysis of plant height and yield components in spring type of rapeseed varieties (*Brassica napus* L.) using line×tester analysis. *International Journal of Research in Agriculture and Forestry*. 2(1), 58-62.
37. Rashid, M. A. R., Khan, A. S. & Iftikhar, R. (2013). Genetic studies for yield and yield related parameters in bread wheat. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 12(12), 1579-1583.
38. Saeed, A., Chaudhry, M. A., Saeed, N., Khaliq, I. & Johar, M. Z. (2001). Line×tester analysis for some morpho-physiological traits in bread wheat. *International Journal of Agriculture and Biology*, 3, 444-447.
39. Sendecor, G. W. & Cochran, W. C. (1980). *Statistical Methods* (8th ed.). The Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.
40. Shahzad, M. J., Ahmad, M., Ahmed Khan, F., Ali, J., Ahmad, Z., Farooq, M., Latif, M. & Iqbal, M. F. (2015). Line × Tester analysis for seed yield and yield components in *Brassica napus* L. genotypes. *International Journal of Advanced Multidisciplinary Research,* 2(6), 15–21.
41. Sharief, A. E., Salama, A. M., Keshta, M. M. & Mohammed. M. A. A. (2002). Combining ability of some canola (*Brassica napus*. L) inbred lines and their hybrids under different plant population density. *Journal of Agricultural Science, Mansoura University*, 27(11), 7225–7235.
42. Shekhawat, U. S., Vijay, P. & Singhania, D. L. (2001). Genetic divergence in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Indian Journal of Agricultural Research*, 35(2), 121-123.
43. Singh, M., Singh, L. & Srivastava. S. B. L. (2011). Combining ability analysis in Indian mustard (*Brassica juncea* L. Czern & Coss). *Journal of Oilseed Brassica*, 1(1), 23- 27.
44. Singh, R. K. & Chaudhary, B. D. (2007). *Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis* (3rd ed.). Kalyani Publishers.
45. Thakur, H. L. & Sagwal, J. C. (1997). Heterosis and combining ability in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 57, 163-167.
46. Thiyam-Holländer, U., Eskin, N. A. M. & Matthäus, B. (2012). *Canola and Rapeseed: Production, Processing, Food Quality, and Nutrition. CRC Press*. 374 P.
47. Thukral, S. K. & Singh, H. (1987). Genetic analysis of seed yield, flowering and maturity in rapeseed. *Indian Journal of Agricultural Sciences.* 57, 298-302.
48. Turi, N. A., Raziuddin Farhatullah Khan, N. U., Hassan, G., Bakht, J., Khan, S. & Shafi, M. (2011). Combining ability for yield related traits in *Brassica juncea*. *Pakistan Journal Botanical Society*. 43(2), 1241-1248.
49. Virender, M., Singh, H., Singh, D., Malik, V. & Singh, H. (1995). Gene action of seed yield and other desirable characters in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Journal of Annals of Biology Ludhiana*, 11, 1-2.