

مطالعه عملکرد و اجزای آن در کنجد با استفاده از تجزیه دای آل در شرایط آب و هوایی بیرجند

محمد ضابط*^۱، فهیمه برازنده^۲، علیرضا صمدزاده^۳

۱ و ۲ و ۳. به ترتیب دانشیار، دانشجوی کارشناسی ارشد سابق و مربی، گروه زراعت و اصلاح نباتات،

دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۹/۱۹ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۲۴)

چکیده

شناخت و درک صحیح نوع کنترل ژنتیکی صفات، قابلیت ترکیب پذیری و ساختار ژنتیکی، ارتباط مستقیمی با موفقیت برنامه‌های به‌نژادی دارد. در این راستا، آزمایشی به صورت دای آل یک طرفه هفت در هفت در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. صفات ارتفاع بوته، ارتفاع تا اولین کپسول، تعداد روز تا ۵۰ و ۹۰ درصد گلدهی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، تعداد روز تا رسیدن فیزیولوژیک، تعداد شاخه فرعی، تعداد و طول برگ، وزن هزار دانه، وزن، طول و عرض کپسول، میزان کلروفیل a، b و کل، عملکرد بیولوژیک و اقتصادی، شاخص برداشت، درصد روغن و درصد پروتئین اندازه گیری شد. تجزیه واریانس، بیانگر تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها بود. تجزیه دای آل نشان داد که واریانس افزایشی برای کلیه صفات و واریانس غیرافزایشی در تمامی صفات، بجز ارتفاع تا اولین کپسول میوه‌دهنده معنی‌دار بود. رقم اولتان، و ژنوتیپ اردستان، به ترتیب بهترین و بدترین ژنوتیپ‌ها از حیث ترکیب‌پذیری عمومی بودند. در اکثر صفات، دورگ سبزواری×TS-3 و سبزواری×فارس به‌عنوان بهترین دورگ عمل کردند. وراثت‌پذیری عمومی بین حداقل ۰/۹۰ برای عملکرد بیولوژیک تا حداکثر ۰/۹۶ برای تعداد شاخه فرعی و وراثت‌پذیری خصوصی، بین حداقل ۰/۳۶ برای تعداد شاخه فرعی تا حداکثر ۰/۹۵ برای شاخص برداشت متغیر بود. تجزیه واریانس به روش همین، نتایج حاصل از تجزیه گریفینگ را تأیید نمود.

واژه‌های کلیدی: تجزیه گریفینگ، تجزیه همین، وراثت‌پذیری.

Genetic study of the yield and its components in sesame using the diallel analysis in Birjand region

Mohammad Zabet*, Fahimeh Barazandeh, Ali Reza Samadzadeh

Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran.

(Received: December 10, 2018 - Accepted: January 14, 2020)

ABSTRACT

Recognition and understanding the genetic control of traits, combining ability and genetic structure are directly related to the success of breeding programs. For this purpose, a 7×7 one-way diallel design was conducted in a randomized complete block design with three replications. The measured traits were included plant height, height to the first capsule, number of days to 50% and 90% of flowering, number of capsules per plant, number of seeds per capsule, number of days to physiological ripening, number of branches, leaves number and length, 1000-seeds weight, capsule weight, length and width, chlorophyll a, b and total chlorophyll, biological and economic yields, harvest index, oil and protein percentage. Analysis of variance showed that there was a significant difference between genotypes and diallel analysis showed that the additive variance of all traits and dominant variance of all traits except height to the first fruit-bearing capsule were significant. The oltan cultivar was the best and Ardestan genotype was the worst genotype in terms of general combining ability. Sabzevar×TS-3 and Sirjan×Fars were the best hybrids in most traits. The general heritability was between 0.90 to 0.96 for biologic yield and number of branches, respectively and narrow heritability was between 0.36 to 0.91 for the number of branches and harvest index, respectively. The analysis of variance by Hayman method confirmed the results of Griffing analysis.

Keywords: Griffing analysis, Hayman analysis, heritability

* Corresponding author E-mail: mzabet@birjand.ac.ir

مقدمه

کشت دانه‌های روغنی از دیرباز، بخش مهمی در کشاورزی بسیاری از کشورها بوده است و جزء مهمی از اقلام صادراتی این کشورها را تشکیل می‌دهد (Behdani & Rashed Mohassel, 1998). در ایران، کشت دانه‌های روغنی مانند کنجد، گلرنگ، کرچک و آفتابگردان قدمت طولانی دارد. کنجد یکی از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی است و احتمالاً کهن‌ترین گیاه روغنی جهان است (Golestani & Pakniyyat, 2007). کنجد، دانه روغنی با ارزشی است که بسته به شرایط و نوع رقم، دارای ۴۵ تا ۶۲ درصد روغن است و روغن آن به دلیل وجود یک ترکیب فنلی آنتی‌اکسیدان به نام سزامول، از دوام خوبی برخوردار است (Roebbelen *et al.*, 1987). روغن آن در قنادی و در صنعت بکار می‌رود و برگ‌ها، دانه‌ها و روغن آن از نظر دارویی اهمیت دارد (Mozaffarian, 2012).

انتخاب غیرمستقیم در نسل‌های اولیه اصلاحی از طریق صفاتی که همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشته و وراثت‌پذیری به مراتب بالاتر از عملکرد دانه داشته باشند، یکی از راه‌کارهای مهم اصلاحی است؛ بنابراین اطلاع از نحوه وراثت و کنترل ژنتیکی صفات مختلف، از اهمیت ویژه‌ای در برنامه اصلاحی برخوردار است (Golparvar *et al.*, 2011). تولید ارقام جدید و سازگار به محیط‌های مختلف از اهداف مهم به نژادگران به شمار می‌رود. تلاقی ارقام جدید و گزینش ژنوتیپ‌های برتر از نظر صفات مطلوب در بین نتایج آن‌ها از روش‌هایی است که همواره مورد استفاده اصلاح‌گران قرار گرفته است. تعداد زیادی از محققان، برآورد قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی را با تجزیه و تحلیل تلاقی‌های دای آلل شرح داده‌اند (Griffing, 1956; Hallauer & Miranda, 1982). طبق یک نظریه، وراثت‌پذیری کمتر از ۳۰ درصد در گروه وراثت‌پذیری پایین، بین ۳۰ تا ۶۰ درصد در گروه وراثت‌پذیری متوسط و بیشتر از ۶۰ درصد در گروه وراثت‌پذیری بالا قرار می‌گیرد. (Johnson *et al.*, 1955)

ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی صفات ارتفاع بوته، تعداد کپسول، وزن هزاردانه، عملکرد تک‌بوته و درصد روغن در یک طرح دای آلل هفت در هفتیک طرفه بررسی

شد که واریانس ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای کلیه صفات معنی‌دار بود. در کلیه صفات بجز صفت وزن هزاردانه، بیشترین سهم واریانس ژنتیکی به واریانس افزایشی اختصاص داشت، اما در مورد وزن هزاردانه، قسمت عمده واریانس ژنتیکی مربوط به واریانس غیرافزایشی بود (Mansouri & Ahmadi, 1998). بررسی نحوه توارث میزان روغن و پروتئین کنجد در یک طرح دای آلل کامل نشان داد که میزان روغن در والدها و نتاج به‌دست آمده، تفاوت معنی‌داری نداشت؛ اگرچه مقدار پروتئین والدین، بیشتر از پروتئین نتاج بود. اثر مادری برای میزان پروتئین معنی‌دار بود، لیکن برای روغن معنی‌دار نبود. (Murty & Hashim, 1973). اثرات متقابل والدینی برای صفات تعداد روز تا گلدهی، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه اولیه، تعداد شاخه ثانویه و تعداد کپسول معنی‌دار و برای صفات عملکرد روغن و درصد پروتئین غیر معنی‌دار بود (Murty, 1975). بررسی تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری عملکرد دانه و اجزاء آن در کنجد نشان داد که واریانس فنوتیپی و ژنوتیپی بالایی برای صفات تعداد کپسول و تعداد دانه در کپسول وجود دارد. در این مطالعه، وراثت‌پذیری بالایی برای وزن هزار دانه، طول کپسول و تعداد روز تا رسیدن و وراثت‌پذیری کمتر از متوسط برای عملکرد دانه و تعداد کپسول مشاهده شد (Solanki & Paliwal, 1981). نوع غیرافزایشی عمل ژن‌های ارتفاع بوته و عملکرد دانه (Manoharan *et al.*, 1989) و عمل افزایشی ژن‌ها برای درصد روغن گزارش شده است (Reddy *et al.*, 1989). در گزارشی، قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی صفات ارتفاع گیاه، وزن هزاردانه، درصد روغن و عملکرد بوته معنی‌دار بود. کنترل صفات ارتفاع گیاه و عملکرد بوته با ژن‌های افزایشی و وزن هزاردانه و درصد روغن با ژن‌های غیرافزایشی بیان شده است (Padmavathi *et al.*, 1994). واریانس ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای صفات تعداد دانه در کپسول، تعداد شاخه، تعداد کپسول، ارتفاع گیاه و نیز صفت درصد روغن معنی‌دار گزارش شده است (Goyal & Sudhin, 1991). وراثت‌پذیری بالا برای صفات عملکرد دانه، تعداد کپسول در شاخه، تعداد کپسول، تعداد دانه در کپسول و وزن هزاردانه و وراثت‌پذیری متوسط برای

تلاقی بین ژنوتیپ‌های مختلف کنجد، به منظور تعیین بهترین ترکیب شونده‌های عمومی، بهترین ترکیب شونده‌های خصوصی، وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی، هتروزیس و نوع عمل ژن در صفات عملکرد و اجزای آن به روش دای‌آل یک‌طرفه اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال‌های ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند واقع در هشت کیلومتری جاده کرمان- بیرجند، با عرض جغرافیایی ۵۶ و ۳۲ شمالی، طول جغرافیایی ۱۳ و ۵۹ شرقی و ۱۴۸۰ متر ارتفاع از سطح دریا اجرا شد. شرایط آب و هوایی منطقه گرم و خشک با تابستان‌های گرم و زمستان‌های سرد است و خاک محل آزمایش لومی رسی بود.

در طی سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳، کشت ژنوتیپ‌ها و دورگ‌گیری بین آن‌ها صورت گرفت. در این راستا، از بذره‌های چهار ژنوتیپ محلی کنجد شامل اردستان، سیرجان، فارس، سبزواری و سه رقم تجاری جیرفت، اولتان و TS-3 که دارای تفاوت‌های بارز ژنتیکی و مورفولوژیکی بودند استفاده شد. در هر کرت، هر ژنوتیپ در سه خط به طول سه متر و فاصله بین ردیف‌ها ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر در عمق دو تا پنج سانتی‌متری کشت شدند و در مرحله‌ای که ارتفاع بوته هشت تا ۱۰ سانتی‌متر بود، عمل تنک‌کردن همراه با وجین‌کردن انجام شد.

طی تابستان ۱۳۹۴ کلیه تلاقی‌های ممکن به صورت دای‌آل انجام و در اوایل پاییز، بذره‌های حاصل از بوته‌های مادری و دورگ‌ها برداشت شدند. برای انجام تلاقی، زمانی که بوته‌ها به ۵۰ درصد گلدهی رفتند، در هر خط و با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای، پنج بوته انتخاب شدند و سپس گل‌های مربوطه تقسیم شدند و قفس‌های توری جهت جلوگیری از ورود حشرات بر روی بوته قرار داده شدند. با توجه به این‌که گرده‌افشانی کنجد از طریق حشرات صورت می‌گیرد، بنابراین بنا بر این عدم ورود حشرات به معنای جلوگیری از تلاقی‌های ناخواسته می‌باشد. وجود مادگی گوستی بعد از پنج روز، دلیل بر

صفات تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی، تعداد روز تا بلوغ و میزان روغن گزارش شد. بر این اساس، صفات تعداد شاخه، گره‌های دارای کپسول و کپسول در ساقه اصلی، دارای وراثت‌پذیری پایین بودند. انتخاب غیرمستقیم برای کپسول‌دهی در گیاه به منظور جداکردن و شناسایی ژنوتیپ‌های پرمحصول در جمعیت‌های در حال تفرق، به دلیل سهم عمده واریانس افزایشی ژن‌ها در آن‌ها مفید بوده است و قابل توصیه می‌باشد. محققین اهمیت بیشتر عمل افزایشی ژن‌ها را برای صفت وزن هزاردانه اعلام کردند (Mishra & Yadav, 1997). برای بهبود عملکرد و خصوصیات زراعی کنجد، استفاده از دورگ‌گیری‌های متقابل دوره‌ای که منجر به بهره‌مندی از هر دو نوع عمل افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها می‌شود، توصیه شده است. (Solanki & Gupta, 2001). مطالعه پارامترهای ژنتیکی در هفت رقم والدی کنجد و ۲۱ دورگ آن‌ها، وراثت‌پذیری بالایی برای صفات ارتفاع گیاه و تعداد شاخه در گیاه را نشان داد که امکان تثبیت یا پایداری این صفات از طریق اصلاح شجره‌ای وجود دارد. عمل غیرافزایشی ژن برای صفاتی شامل تعداد کپسول در شاخه، وزن هزاردانه و عملکرد دانه در گیاه گزارش شد (Mothilal & Manoharan, 2005). در یک مطالعه دیگر، قابلیت ترکیب‌پذیری بعضی از صفات فیزیولوژیکی کنجد با استفاده از هفت والد و ۲۱ نتاج در قالب یک طرح دای‌آل یک طرفه بررسی شد. واریانس ترکیب‌پذیری عمومی و ترکیب‌پذیری خصوصی معنی‌دار، بیانگر اهمیت اثر افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها بود. به علاوه برای درصد روغن، اثر افزایشی ژن‌ها و برای عملکرد روغن، اثر غیرافزایشی ژن‌ها دارای نقش عمده‌ای بود (Banerjee & Kole, 2009). با بررسی دای‌آل یک طرفه روی ده والد موتانت کنجد، اثر افزایشی ژن در بروز تعداد دانه در کپسول، وزن هزاردانه، تعداد کپسول در بوته، درصد روغن، عملکرد تک بوته و طول کپسول روشن شد (Kumar et al., 2012).

آنچه مسلم است این است که تا کنون بر روی کنجد که یکی از قدیمی‌ترین محصولات زراعی خراسان جنوبی می‌باشد، نه تنها هیچ کار اصلاحی صورت نگرفته است، بلکه می‌رود تا در گذر زمان به فراموشی سپرده شود. پژوهش حاضر با استفاده از والدین و نتاج F_1 حاصل از

موفقیت در تلاقی و نبود مادگی، نشانه شکست در تلاقی بود.



شکل ۱- قفس های توری جهت انجام تلاقی

Figure 1. The cages made of cloth for crossing

پیرسون) و تجزیه دای آلل برای تجزیه و تحلیل داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت. داده‌های حاصل از آزمایش در ابتدا از لحاظ یکنواختی واریانس و نرمال بودن مورد بررسی قرار گرفتند. با توجه به تعداد زیاد صفات مورد مطالعه، در ابتدا همبستگی بین صفات مختلف و عملکرد به دست آمد و صفاتی که همبستگی مثبت یا منفی معنی داری با عملکرد داشتند، بیشتر مورد واکاوی در قرار گرفتند. آزمون مقدماتی به روش جینکز و هیمن (Jinks & Hayman, 1953) نشان داد که شیب خط رگرسیون W_r روی V_r برای کلیه صفات، اختلاف معنی داری با یک نداشت. علاوه بر این آزمون، مقایسه میانگین مربعات V_r-W_r نیز برای این صفات معنی دار نبود؛ بنابراین اثر اپیستازی ژن‌ها در کنترل کلیه صفات وجود نداشت، یعنی فرضیات مدل هیمن صادق بود و می‌توان تجزیه و تحلیل گرافیکی دای آلل را به طور کامل برای آن‌ها انجام داد (نتایج برای کلیه صفات وجود دارد، اما به علت آوردن نتایج تجزیه گریفینگ و هیمن و عدم گنجایش در این مقاله، ارایه نشده است). تعیین ترکیب‌پذیری و نوع عمل ژن، با استفاده از روش دو مدل گریفینگ و روش جینکز و هیمن صورت گرفت (Hayman, 1954a; Griffing, 1956; Griffing, 1956b). از نرم افزارهای آماری SPSS 22، SAS 9.2 و DIALL98 برای تجزیه داده‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس، تجزیه همبستگی فنوتیپی و تجزیه همبستگی جزئی در صفات مختلف کنجد

در بهار سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ بذرهای والدین (هفت ژنوتیپ) به همراه نتاج (۲۱ دورگ)، مجموعاً ۲۸ ژنوتیپ در یک طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار کشت شدند. هر ژنوتیپ در خطی به طول دو متر، فاصله بذرهای روی هر ردیف ۱۰ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌ها ۶۰ سانتی‌متر کشت شد. بذرها در عمق دو تا پنج سانتی‌متر کشت شدند. هر کدام از والدین در سه خط و هیبریدها در یک خط کشت شدند. در اواسط مهره ماه و جهت جلوگیری از ریزش دانه، در زمانی که رنگ بوته‌ها تازه متمایل به زرد شده بود و رنگ کپسول‌ها متمایل به قهوه‌ای بود، برداشت با دست انجام گرفت و صفات ارتفاع بوته (میانگین ۱۰ بوته)، ارتفاع تا اولین کپسول (میانگین ۱۰ بوته)، تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی (میانگین ۱۰ بوته)، تعداد روز تا ۹۰ درصد گلدهی (میانگین ۱۰ بوته)، تعداد کپسول در بوته (میانگین ۱۰ بوته)، تعداد دانه در کپسول (میانگین ۲۰ کپسول)، تعداد روز تا رسیدن فیزیولوژیک (میانگین ۱۰ بوته)، تعداد شاخه فرعی (میانگین ۱۰ بوته)، تعداد برگ (میانگین ۱۰ بوته)، طول برگ (میانگین ۱۰ بوته)، وزن هزار دانه و وزن کپسول (میانگین ۲۰ کپسول)، طول و عرض کپسول (میانگین ۲۰ کپسول)، میزان کلروفیل a ، b و کلروفیل کل (سه تکرار)، عملکرد بیولوژیک و اقتصادی (میانگین ۱۰ بوته)، شاخص برداشت (میانگین ۱۰ بوته) و درصد روغن و پروتئین (سه تکرار) اندازه گیری شد. درصد روغن به روش Soxhlet (1879)، درصد پروتئین به روش Kjeldahl (1883) و میزان کلروفیل به روش Arnon (1975) اندازه گیری شد. در نهایت، روش‌های آماری تجزیه همبستگی (به روش

ارتفاع تا اولین کپسول نقش دارد. Mansouri & (1998) Ahmadi (1998)، Banerjee & Kole (2009) و Goyal & Sudhin (1991) ترکیب پذیری عمومی و خصوصی صفات ارتفاع بوته، وزن هزاردانه، عملکرد تک بوته و درصد روغن را معنی دار گزارش دادند که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

ترکیب پذیری عمومی در صفات مرتبط با عملکرد در کنجد

برآورد ترکیب پذیری عمومی والدین برای صفات مختلف نشان داد که والدین برای اغلب صفات، دارای ترکیب پذیری عمومی معنی داری در جهت مثبت و یا منفی بودند. مقادیر GCA عملکرد و صفات دارای همبستگی جزئی معنی دار با آن در جدول ۴ آمده است. از نظر عملکرد دانه، رقم TS-3 دارای بهترین و ژنوتیپ فارس دارای بدترین ترکیب پذیری بودند. با بررسی ارتفاع تا اولین کپسول و در نظر گرفتن همبستگی منفی این صفت با عملکرد اقتصادی، درمی یابیم که ارقامی از نظر این صفت مطلوب می باشند که دارای ترکیب پذیری بالایی در جهت منفی باشند؛ بنابراین ژنوتیپ جیرفت با ترکیب پذیری منفی معنی دار به عنوان بهترین و ژنوتیپ اردستان به عنوان بدترین رقم شناسایی شدند.

با توجه به همبستگی مثبت تعداد شاخه فرعی با عملکرد، رقم اولتان با بیشترین ترکیب پذیری مثبت به عنوان بهترین و ژنوتیپ سیرجان با بالاترین ترکیب پذیری منفی به عنوان بدترین رقم شناخته شدند. به لحاظ عملکرد بیولوژیک نیز با توجه به همبستگی مثبت آن با عملکرد، والد اولتان ترکیب پذیرتر از بقیه در جهت مثبت و ژنوتیپ فارس بدترین والد بود. با توجه به مطلوب بودن مقادیر مثبت ترکیب پذیری شاخص برداشت با در نظر گرفتن همبستگی مثبت، والد اردستان بهترین و ژنوتیپ سیرجان بدترین شناخته شد. آنچه از مجموع این بررسی درمی یابیم این است که به طور کلی، رقم TS-3، جیرفت و اولتان در شرایط بیرجند ترکیب پذیرتر از سایر ژنوتیپ ها پذیر بودند و ژنوتیپ فارس، اردستان و سیرجان نسبت به سایر ژنوتیپ ها بدتر عمل کردند

نتایج حاصل از تجزیه واریانس برای تمامی صفات معنی داری بود، بنابراینما برای کلیه صفات، تجزیه دای آلل انجام شد (جدول نیامده است). با توجه به آن که عملکرد کنجد، مهمترین اولویت در برنامه های اصلاحی آن است، بنابرایندر ابتدا همبستگی فنوتیپی بین صفات مختلف، به خصوص بین عملکرد و سایر صفات به دست آمد (جدول ۱) تا از این طریق بهتر بتوان گیاهانی با صفات کیفی و کمی مطلوب را شناسایی نمود. با انجام تجزیه همبستگی فنوتیپی، عملکرد دانه با صفات طول، وزن و تعداد کپسول، تعداد برگ و شاخه فرعی، عملکرد بیولوژیک، تعداد روز تا رسیدن فیزیولوژیک، تعداد روز تا ۹۰ درصد گلدهی، شاخص برداشت، وزن ۱۰۰۰ دانه، ارتفاع بوته و ارتفاع تا اولین کپسول، همبستگی معنی داری داشت. با توجه به اهمیت بالاتر همبستگی جزئی صفات با عملکرد، با انجام تجزیه همبستگی جزئی، به شناسایی صفات مهم تر و موثرتر پرداخته شد. در انجام تجزیه همبستگی جزئی، با در نظر گرفتن ۱۳ صفت (که همبستگی فنوتیپی معنی داری با عملکرد داشتند)، به صورت ثابت، تنها چهار صفت ارتفاع تا اولین کپسول، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و تعداد شاخه فرعی، همبستگی جزئی معنی داری با عملکرد دانه نشان دادند (جدول ۲). با توجه به اهمیت بالای این صفات و نقش بارز آنها در عملکرد، در ادامه تنها چهار صفت فوق به علاوه عملکرد دانه مورد واکاوی بیشتر قرار گرفت.

تجزیه گریفینگ در صفات مختلف کنجد

بررسی نتایج حاصل از این تجزیه (جدول ۳) نشان داد که میانگین مربعات GCA (ترکیب پذیری عمومی) صفات ارتفاع تا اولین کپسول، عملکرد دانه و بیولوژیک و شاخص برداشت معنی دار بودند. این نتایج نشان می دهد که بین قدرت ترکیب پذیری عمومی والدین، تفاوت معنی دار وجود داشت؛ بنابراین جزء افزایشی واریانس قابل توارث در وراثت پذیری این صفات نقش دارد. با نگاهی به میانگین مربعات SCA (ترکیب پذیری خصوصی) مشخص شد که کلیه صفات بجز ارتفاع تا اولین کپسول معنی دار بودند. با توجه به این نتایج، جزء غیرافزایشی واریانس قابل توارث در کلیه صفات بجز

جدول ۱- تجزیه همبستگی صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و کمی در کنجد

Table 1. Correlation analysis of morphological, physiological and quantitative traits in sesame

Traits	Plant height	Height to first capsule	Capsule width	Capsule length	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total chlorophyll	Capsule weight	Leaf number	Length Leaf	Number of branches	Seeds per capsule
Plant height	1											
Height to first capsule	0.22*	1										
Capsule width	0.06	0.32**	1									
Capsule length	0.28**	0.38**	0.60**	1								
Chlorophyll a	0.09	0.09	-0.01	0.16	1							
Chlorophyll b	0.01	-0.23*	0.01	0.06	0.45**	1						
Total chlorophyll	0.06	-0.20	0.02	0.12	0.81**	0.88**	1					
Capsule weight	0.28**	0.29**	-0.03	0.49**	-0.13	0.08	-0.01	1				
Leaf number	0.44**	0.54**	0.10	0.48**	-0.19	-0.01	-0.11	0.77**	1			
Length Leaf	0.21*	-0.02	-0.37**	0.13	0.21	0.01	0.11	0.36**	0.24*	1		
Number of branches	0.15	-0.03	-0.29**	-0.13	-0.09	0.26*	0.17	0.44**	0.23*	0.22*	1	
Seeds per capsule	0.09	0.23*	-0.06	0.06	-0.15	-0.17	-0.19	0.20	0.31**	0.20	-0.05	1
Capsules per plant	0.24*	-0.09	0.07	0.45**	-0.25*	-0.01	-0.13	0.79**	0.57**	0.17	0.25*	0.10
Grain yield	0.26*	-0.30**	0.09	0.43**	0.07	0.19	0.16	0.68**	0.57**	-0.02	0.36**	0.08
Biological yield	0.09	0.15	-0.06	0.21	0.27*	0.09	0.07	0.68**	0.53**	0.03	0.35**	0.22*
Days to physiological reach	0.90**	0.48**	0.26*	0.62**	-0.05	0.15	0.10	0.72**	0.78**	0.36**	0.23*	0.31**
Days to 90% flowering	0.42**	0.30**	0.01	0.20	0.08	0.13	0.13	0.31**	0.44**	0.11	0.19	0.10
Days to 50% Flowering	-0.16	-0.03	0.27*	0.17	-0.01	0.14	0.08	-0.08	-0.20	-0.39**	-0.32**	-0.12
Harvest index	0.23*	0.15	0.12	0.32**	0.51**	0.13	0.35**	0.07	0.07	0.01	0.09	-0.11
1000- Seed weight	0.22*	0.23*	0.46**	0.40**	0.32**	0.50**	0.49**	0.25*	0.24*	0.10	0.19	-0.03
Oil percentage	0.17	0.33**	0.09	0.53**	0.25*	-0.05	0.09	0.36**	0.33**	0.15	-0.09	0.25*
Protein percentage	0.54**	0.28**	0.01	0.28**	0.41**	0.15	0.31**	0.19	0.27*	0.47**	0.20	0.01

ادامه جدول ۱- تجزیه همبستگی صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و کمی در کنجد

Continue table 1. Correlation analysis of morphological, physiological and quantitative traits in sesame

Traits	Seeds per capsule	Capsules per plant	Grain yield	Biological yield	Days to physiological reach	Days to 90% flowering	Days to 50% Flowering	Harvest index	1000- seed weight	Oil percentage	Protein percentage
Seeds per capsule	1										
Capsules per plant	1.0	1									
Grain yield	0.08	0.47**	1								
Biological yield	0.22*	0.54**	0.7**8	1							
Days to physiological reach	0.31**	0.42**	0.62**	0.52**	1						
Days to 90% flowering	10.0	0.05	0.33	0.26*	0.48**	1					
Days to 50% Flowering	-0.12	0.05	0.01	-0.07	-0.05	-0.19	1				
Harvest index	-0.11	-0.03	0.39**	-0.31**	0.18	0.11	0.09	1			
1000- Grain weight	-0.03	0.05	0.38**	0.27*	0.54**	0.37**	0.03	0.16	1		
Oil percentage	0.25*	0.29**	0.35	0.30**	0.35**	0.15	0.01	0.34**	0.18	1	
Protein percentage	0.01	-0.02	0.21	-0.11	0.37**	0.49**	-0.05	0.43**	0.31**	0.24*	1

جدول ۲- تجزیه همبستگی جزئی صفات مختلف کنجد

Table 2. Patial correlation analysis of different traits in sesame

	Plant height	Height to first capsule	Capsule length	Capsule weight	Leaf number	Number of branches	Capsules per plant	Biological yield	Days to physiological reach	Days to 90% flowering	Harvest index	1000- seed weight
Grain yield	-0.013	0.254*	0.207	-0.209	0.069	0.389**	0.106	0.979**	-0.13	0.091	0.977**	0.026

جدول ۳- تجزیه گریفینگ در صفات مختلف کنجد

Table 3- Analysis of variance using Griffing method in morphological, physiological and quantitative traits of sesame

S.O.V	D.F	Height to first capsule	Number of branches	Grain yield	Biological yield	Harvest index
		4.35*	5.10**	150.94	630.0	0.00**
Replication	2	418.3**	33.4**	259557.9**	6997740.0**	0.01**
GCA	6	0.70	21.3**	48111.1**	457025.2**	0.00**
SCA	21	1.59	0.54	249.2	224.0	0.00
Error	54					

**،* : به ترتیب نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال یک و پنج درصد.

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

جدول ۴- مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی صفات مرتبط با عملکرد در ژنوتیپ‌های کنجد

Table 4. General combining values of traits correlated to the yield in sesame genotypes

Genotypes	Height to first capsule	Number of branches	Grain yield	Biological yield	Harvest index
Ardestan	3.97**	-0.69**	43.8**	-118.7**	0.025**
Sirjan	-1.43*	-1.14**	-89.9**	-140.4**	-0.027**
Fars	-5.05**	-0.06	-131.2**	-624.5**	0.001
Oltan	-1.08*	1.22**	103.5**	783.58**	-0.021**
Sabzevar	-0.98*	-0.29**	-4.07	-248.1**	0.018**
Jiroft	-5.18**	0.26*	-42.74**	-204.3**	-0.002*
TS-3	0.20	0.70**	120.6**	552.5**	0.005**

**،*،*: به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد.

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

تلاقی در مطالعه کنونی، دورگ‌های سبزوار×TS-3 و فارس×سیرجان بودند و بنابراین با گزینش در بین نتایج حاصل از تلاقی این دو والد می‌توان به تولید رقم مناسبی از لحاظ عملکرد و صفات مرتبط با عملکرد در کنجد دست یافت.

تجزیه واریانس صفات مرتبط با عملکرد در کنجد

به روش هیمن

در کلیه صفات مرتبط با عملکرد، جزء a که تنوع ژنتیکی افزایشی را نشان می‌دهد معنی‌دار شد؛ بنابراین واریانس ژنتیکی افزایشی در تمامی این صفات نقش داشت (جدول ۶). این جزء، تخمینی از ترکیب‌پذیری عمومی گریفینگ است و در اینجا نیز نتایج حاصل از تجزیه گریفینگ را تایید کرد. جزء b که بر غالبیت دلالت دارد نیز در تمامی صفات بجز ارتفاع تا اولین کپسول معنی‌دار شد؛ بنابراین واریانس غالبیت در این صفات نیز تأثیر معنی‌داری داشت. جزء b₁ که مقایسه والدها در برابر تلاقی‌ها را مورد بررسی قرار می‌دهد در همه صفات بجز ارتفاع تا اولین کپسول و تعداد شاخه فرعی معنی‌دار شد؛ بنابراین در این صفات، هتروزیس وجود داشت. جزء b₂ که هتروزیس خاص هر والد را نشان می‌دهد، در تمامی صفات به جز ارتفاع تا اولین کپسول معنی‌دار شد؛ بنابراین در تمامی این صفات، فراوانی نابرابر آل‌های غالب و مغلوب وجود داشت. جزء b₃ که بخشی از انحراف غالبیت خاص هر تلاقی را اندازه‌گیری می‌کند، در تمامی صفات بجز ارتفاع تا اولین کپسول معنی‌دار شد. این جزء، معادل ترکیب‌پذیری خصوصی در تجزیه گریفینگ است و در اینجا نتایج حاصل از آن تجزیه را مورد تأکید قرار داد. با توجه به

ترکیب‌پذیری خصوصی در صفات مرتبط با عملکرد در کنجد

بررسی مقادیر ترکیب‌پذیری خصوصی (جدول ۵) نشان داد که دورگ سیرجان×سبزوار در عملکرد دانه، فارس×TS-3 در شاخص برداشت، جیرفت×TS-3 در ارتفاع تا اولین کپسول میوه دهنده، سیرجان×TS-3 در عملکرد بیولوژیک و سبزوار×TS-3 در تعداد شاخه فرعی بهترین دورگ‌ها بودند. بررسی دورگ‌ها نشان داد که فارس×TS-3 در عملکرد بیولوژیک، سیرجان×TS-3 در صفت تعداد شاخه فرعی، سیرجان×TS-3 در ارتفاع تا اولین کپسول میوه دهنده و جیرفت×TS-3 در عملکرد دانه و شاخص برداشت بدترین دورگ‌ها شناخته شدند. بررسی کلیه دورگ‌ها در کلیه صفات مرتبط با عملکرد نشان داد که والد TS-3 و جیرفت با GCA بالا، دورگ‌های مناسب در بعضی از صفات و در بعضی از صفات، دورگ‌های نامناسبی را تولید کردند و والدین فارس و سیرجان با GCA نامناسب نیز دورگ‌های مناسب در بعضی صفات و دورگ‌های نامناسبی را در دیگر صفات به وجود آوردند. بنابراین بر اساس مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی بالا، نمی‌توان دورگ‌های مناسب را شناسایی کرد. دورگ‌های فارس×TS-3، جیرفت×TS-3 و سیرجان×TS-3 بهترین دورگ از لحاظ بعضی صفات و بدترین دورگ از لحاظ بعضی صفات دیگر مرتبط با عملکرد دانه شناخته شدند. به‌طورکلی و با در نظر گرفتن مقادیر ترکیب‌پذیری خصوصی والد اولتان با ترکیب‌پذیری عمومی بالا و والد اردستان با ترکیب‌پذیری عمومی پایین، بهترین و بدترین والد شناخته شد. بهترین دورگ از بین دورگ‌های حاصل از

آن که در این جا تلاقی متقابل انجام نشد، بنابراین در تمامی صفات، این اجزاء برابر با صفر شد. تفاوتی بین تلاقی‌های متقابل وجود نداشت و در نتیجه

جدول ۵- مقادیر ترکیب‌پذیری‌های خصوصی صفات مرتبط با عملکرد در دورگ‌های مختلف کنجد

Table 5. Specific combining values of traits correlated to the yield in sesame hybrids

Hybrids	Height to first capsule	Number of branches	Grain yield	Biological yield	Harvest index
Ardestan×Sirjan	-0.02	0.88	6.52**	222.4**	-0.03
Ardestan×Fars	0.33	0.14	2.17*	-66.8	0.023
Ardestan×Oltan	-1.03**	1.51*	-1.64	-144.9	0.007
Ardestan×Sabzevar	-0.64	-0.29	-1.60	20.14	-0.006
Ardestan×Jiroft	0.32	-4.51**	-2.18*	-8.62	0.001
Ardestan×TS -3	-2.29**	0.03	4.12**	-726.1**	0.04*
Sirjan×Fars	-0.54	0.25	0.83	178.1	-0.041*
Sirjan×Oltan	-0.31	-1.70**	-0.64	-162.2	0.005
Sirjan×Sabzevar	-0.29	0.81	1.39	18.44	0.15**
Sirjan× Jiroft	-0.21	0.92*	-3.51**	83.0	-0.026
Sirjan×TS-3	-2.78**	9.51**	2.78*	1073.4**	0.019
Fars×Oltan	0.30	1.11*	-1.66	192.2	-0.014
Fars× Sabzevar	-0.47	0.40	0.70	135.2	-0.023
Fars×Jiroft	0.26	0.18	-0.86	74.8	-0.009
Fars×TS -3	-0.17	-0.81	1.37	-1396.5**	0.17**
Oltan×Sabzevar	-0.07	0.77	3.56**	-105.5	-0.013
Oltan×Jiroft	0.16	0.88	1.98	-76.6	0.011
Oltan×TS -3	-1.17**	1.66*	4.12**	66.5	-0.033
Sabzeva× Jiroft	0.54	0.40	-1.39	-102.2	-0.004
Sabzevar×TS -3	-2.65**	4.74**	5.93**	304.7**	0.09**
Jiroft×TS -3	1.95**	0.49	-11.3**	376.6**	-0.074**

***: به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد.

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

معنی‌دار شد؛ بنابراین در کلیه این صفات بجز صفات فوق، عمل غیرافزایشی ژن‌ها نیز مهم و تاثیرگذار بود. H_2 که بیانگر نوعی از اندازه اثرات غالبیت است، در صورت فراوانی، مساوی آلل‌های افزایشنده و کاهشنده مانند H_1 است و در کلیه صفات بجز ارتفاع تا اولین کپسول معنی‌دار شد؛ بنابراین توزیع نامتقارن ژن‌ها با اثرات مثبت و منفی در والدین در مورد این صفات وجود داشت

تجزیه عددی هیمن برای صفات مرتبط با عملکرد در کنجد

در کلیه صفات، D که واریانس ژنتیکی افزایشی را نشان می‌دهد معنی‌دار شد؛ در نتیجه در کلیه این صفات، عمل افزایشی ژن‌ها مهم و تاثیرگذار بوده است (جدول ۷). H_1 که اندازه اثرات غالبیت یا واریانس غالبیت را نشان می‌دهد، در کلیه صفات بجز ارتفاع تا اولین کپسول

جدول ۶- تجزیه واریانس صفات مرتبط با عملکرد به روش هیمن در ژنوتیپ‌های کنجد

Table 6- Variance analysis of the yield correlated traits using Hayman method in sesame genotypes

S.O.V	D.F	Height to first capsule	Number of branches	Grain yield	Biological yield	Harvest index
Replication	2	3.37	5.7**	128.6	931.00	0.00**
a	6	574.4**	33.9**	370354**	9960544**	0.02**
b	21	1.12	16.2**	37679**	365963.8**	0.00**
b ₁	1	3.8	1.09	9357**	19320.5**	0.00*
b ₂	6	1.7	6.61**	18061**	211316.8**	0.003**
b ₃	14	0.70	21.3**	48110**	457001.4**	0.02**
c	6	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00
d	15	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00
Error	96	1.60	0.50	215.3	943.19	

***: به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد.

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

مغلوب مساوی نیست. با توجه به آن که علامت این پارامتر در تمامی صفات مثبت است، بنابراین نتیجه گیری می‌شود که صرفنظر از مثبت یا منفی بودن، آلل‌های غالب‌تر بین والدین فراوانی بیشتری دارند.

F یا متوسط کوواریانس اثرات افزایشی در غالبیت در کلیه صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنی‌دار شد و در بقیه صفات $F=0$ شد؛ یعنی فراوانی آلل‌های غالب و مغلوب مساوی است. در صفاتی که این پارامتر معنی‌دار است، فراوانی آلل‌های غالب و

جدول ۷ - پارامترهای ژنتیکی صفات مختلف در ژنوتیپ‌های کنگد

Table 7. Genetic parameters of different traits in sesame genotypes

Genetic parameters	Height to first capsule	Number of branches	Grain yield	Biological yield	Harvest index
D	4.32± 52	2.19±0.53	42879.5±1505.2	1057696±15307.1	0.001±0.00
H ₁	0.08±0.3	11.89±1.02	29225.1±1066.2	293441.8±6908.5	0.003±0.00
H ₂	-0.52±0.2	10.45±0.84	24979.1±841.8	243368.6±5435.1	0.003±0.00
F	-3.71±2.52	0.47±0.64	11877.3±1506.3	159255.9±13919	0.0001±0.00
h_b^2	0.95±0.00	0.96±0.01	0.93±0.00	0.90±0.001	0.95±0.00
h_n^2	0.85±0.00	0.36±0.03	0.73±0.01	0.88±0.002	0.91±0.01
E	0.53±0.07	0.16±0.02	71.76±9.95	314.3±43.6	0.00±0.00

اکثر صفات نقش داشت. آنچه از مجموع اثرات ترکیب‌پذیری عمومی با توجه به معنی‌دار بودن اثرات و ضرایب مثبت یا منفی آن‌ها مشاهده شد این بود که رقم اولتان، به‌عنوان بهترین و ژنوتیپ‌های اردستان، بدترین ژنوتیپ‌ها از حیث ترکیب‌پذیری عمومی بودند. در بررسی ترکیب‌پذیری خصوصی معلوم شد که دورگ سبزوار×3-TS و فارس×سیرجان در اکثر صفات، به‌عنوان بهترین دورگ عمل نمودند. تجزیه هیمن نشان داد که واریانس افزایشی برای کلیه صفات و واریانس غیرافزایشی در تمامی صفات بجز ارتفاع تا اولین کپسول معنی‌دار بود؛ همچنین در تمامی صفات، محیط تأثیر معنی‌داری را داشت. وراثت‌پذیری عمومی بین حداقل ۰/۹۰ برای صفت عملکرد بیولوژیک تا حداکثر ۰/۹۶ برای صفت تعداد شاخه فرعی و وراثت‌پذیری خصوصی بین حداقل ۰/۳۶ برای صفت تعداد شاخه فرعی تا حداکثر ۰/۹۱ برای صفت شاخص برداشت متغیر بود؛ بنابراین بیشترین تأثیر محیطی را می‌توان در صفت تعداد شاخه فرعی مشاهده نمود. با شناخت نحوه عمل ژن صفات، انتخاب روش اصلاحی مناسب تسهیل خواهد شد. با توجه به این‌که در این تحقیق، تمامی صفات به صورت افزایشی کنترل شدند، بنابراین هر گونه روش اصلاحی که انتخاب از روی فنوتیپ باشد، می‌تواند برای اصلاح صفات مورد مطالعه مناسب باشد.

در تمامی صفات، E که واریانس محیطی را نشان می‌دهد معنی‌دار شد. به عبارتی اثر محیط در کلیه این صفات، هر چند ناچیز، تأثیرگذار بود. h_b^2 یا وراثت‌پذیری عمومی بین حداقل ۰/۹۰ برای صفت عملکرد بیولوژیک تا حداکثر ۰/۹۶ برای صفت تعداد شاخه فرعی متغیر بود. با توجه به این‌که این پارامتر، سهم واریانس ژنتیکی از واریانس فنوتیپی کل را نشان می‌دهد، بنابراین مقادیر بالای این پارامتر در این صفات، نشان‌دهنده سهم بالای واریانس ژنتیکی است. h_n^2 یا وراثت‌پذیری خصوصی که سهم واریانس ژنتیکی افزایشی از واریانس فنوتیپی کل را نشان می‌دهد، بین حداقل ۰/۳۶ برای صفت تعداد شاخه فرعی تا حداکثر ۰/۹۱ برای صفت شاخص برداشت متغیر بود. با توجه به آن‌که مقدار وراثت‌پذیری خصوصی برای اکثر صفات نسبتاً بالا بود، بنابراین تأثیر محیط در این صفات پایین بود؛ بنابراین امکان ایجاد انتخاب نوترکیب‌های مناسب در نسل‌های اولیه برای این صفات وجود دارد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی (GCA و SCA) برای اکثر صفات معنی‌داری بود؛ بر این مبنای، جزء افزایشی و غیرافزایشی (بجز ارتفاع تا اولین کپسول) واریانس قابل توارث در

بررسی نشان داد که ژنوتیپ TS-3 ف جیرفت و اولتان، ارقامی مناسب و ژنوتیپ های فارس، اردستان و سیرجان، ارقامی نامناسب در شرایط آب و هوایی بیرجند بودند، ضمن آن که اولتان به دلیل تولید دورگ های مناسب، بهترین و اردستان به دلیل تولید دورگ های نامناسب، بدترین ژنوتیپ شناخته شدند. دورگ های سبزوار×3-TS و فارس×سیرجان به عنوان بهترین دورگ می توانند به عنوان ترکیب مناسبی مورد تحقیق و مطالعه قرار گیرند و با انجام کار اصلاحی و گزینش بر روی نتایج آن ها می توان رقم جدیدی را برای خراسان جنوبی معرفی نمود.

در مطالعه کنونی، اکثر صفات بجز ارتفاع تا اولین کپسول میوه دهنده، هم به صورت افزایشی و هم غیرافزایشی کنترل شدند؛ بنابراین روش انتخاب دوره ای متقابل یا تلاقی خواهر-برادری برای اصلاح آن ها مناسب است. برای صفاتی که فقط به صورت غیرافزایشی (غالبیت و ایپستازی) توارث می یابند، دورگ گیری بهترین روش اصلاحی می باشد که در مطالعه کنونی چنین صفاتی وجود نداشت. با توجه به آن که در کلیه صفات بجز ارتفاع تا اولین کپسول میوه دهنده، هر دو جزء افزایشی و غیرافزایشی معنی دار شد و واریانس غالبیت بزرگتر از افزایشی بود، بنابراین انتخاب همراه با آزمون نتایج و دورگ گیری می تواند مفیدتر باشد. نتایج حاصل از این

REFERENCES

1. Arnon, D. I. (1975). *Physiological principles of dryland crop production in physiological aspects of dryland farming*. U. S. Gupta (Eds), Oxford Press. 414 Pp.
2. Banerjee, P. P. & Kole, P. C. (2009). Analysis of genetic architecture for some physiological characters in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Euphytica*, 168(1), 11–22.
3. Behdani, M. A. & Rashed Mohassel, M. H. (1998). Effect of density on yield and yield components of three sesame cultivars. *Journal of Agricultural Sciences and Technology*, 12 (2), 75-63. (In Persian)
4. Golestani M. & Pakniyyat, H. (2007). Evaluation of drought tolerance index in sesame Lines. *Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 11(41), 149-141. (In Persian)
5. Golparvar, A., Mottaghi, S. & Lotfifar, A. (2011). Diallel analysis of grain yield and its components in bread wheat genotypes under drought stress conditions. *Plant Production Technology*, 11(1), 62-51. (In Persian)
6. Goyal, S. N. & Sudhin, K. (1991). Combining ability for yield components and oil content in sesame. *Indian Journal of Genetic and Plant Breeding*, 51, 38-42.
7. Griffing, B. (1956). Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Science*, 9, 463 - 493.
8. Griffing, B. (1956a). Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences*, 9, 463-493.
9. Griffing, B. (1956b). A generalized treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. *Heridity*, 10, 31-50.
10. Jinks, J. L. & Hayman, B. I. (1953). The analysis of diallel crosses. *Maize Genetics Coop. News Letter*, 27, 48-54.
11. Hallauer, A. R. & Miranda, J. B. (1982). *Quantitative genetic in maize breeding*. The Iowa State Univ. Ames, Iowa, The Iowa State University: 113.
12. Hayman, B. I. (1954a). The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics*, 39, 789-809.
13. Johnson, H. W., Robinson, H. F. & Comstac, R. E. (1955). Genotypic and phenotypic correlation in soybean and their implications in selection. *Agronomy Journal*, 47, 477-483.
14. Kjeldahl, J. (1883). "Neue methode zur bestimmung des stickstoffs in organischen körnern" (New method for the determination of nitrogen in organic substances), *Zeitschrift für analytische Chemie*, 22 (1), 366-383.
15. Kumar, P., Madhusudan, K., Nadaf, H. L., Patil, R. K. & Deshpande, S. K. (2012). Combining ability and gene action studies in inter-mutant hybrids of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 25, 1-4.
16. Manoharan, V., Sethupathi Ramaligan, R. & kandasamy, G. (1989). Line×tester analysis of heterosis and combining ability in sesame. *Sesame and Safflower Newsletter*, 1(4), 15-17.
17. Mansouri, S. & Ahmadi, M. R. (1998). Study of combining ability and gene effects on sesame lines by diallel cross method. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 29, 47-54. (In Persian)
18. Mishra, A. K. & Yadav, L. N. (1997). Variability, heritability and genetic advance for different populations in sesame. *Sesame and Safflower Newsletter*, 12, 80-83.

19. Mothilal, A. & Manoharan, V. (2005). Diallel analysis for the estimation of genetic parameters in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Indian Agricultural Science Digest, Annual Report*, Tamil Nadu Agricultural University, India.
20. Mozaffarian, V. A. (2012). *Recognition of medicinal and aromatic herbs of Iran*. Contemporary culture Publishing, Tehran. PP, 856-855. (In Persian)
21. Murty, D. S. (1975). Heterosis combining ability and reciprocal effect for agronomic and chemical characters in sesame. *Theoretical and Applied Genetics*, 45, 294-299.
22. Murty, D. S. & Hashim, M. (1973). Inheritance of oil and protein content in a diallel cross of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Candian Journal of Genetics and Cytology*, 15, 177-184.
23. Padmavathi, N., Thanavelu, S. O. & Reddy, V. K. (1994). Combining ability in *Sesamum indicum*. *Sesame and Safflower Newsletter*, 9, 7-12.
24. Reddy, C. D. R., Ramachandralah, D., Haripriya, S. & Reddy, K. S. (1989). Combining ability and heterosis for seed oil and yield in sesame. *Plant Breeding Abstracts*, 64(11), 1666.
25. Roebbelen, G., Downey, R. K. & Ashri, A. (1987). *Oil Crops of the World*. Mc Graw-Hill Pub., New York.
26. Solanki, E. S. & Gupta, D. (2001). Combining ability and heterosis for quantitative characters in sesame. *Annals of Arid Zone*, 40, 457-460.
27. Solanki, E. S. & Paliwal, R. S. (1981). Genetic variability and heritability studies on yield and its components in Sesame. *Indian Journal of Agricultural Science*, 8, 554-556.
28. Soxhlet, F. (1879). Die gewichtsanalytische bestimmung des milchfettes. *Polytechnisches Journal*, (Dingler's) 232, 461.