

## تجزیه و تحلیل ترکیب پذیری عملکرد اسانس گشنیز تحت رژیم‌های متفاوت آبیاری با استفاده از روش GGE بای پلات

امیر قلی‌زاده<sup>۱</sup>، حمید دهقانی<sup>۲\*</sup> و مصطفی خدادادی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی سابق دکتری اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس و استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان  
۲- استاد گروه ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس  
۳- استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران  
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱/۲۷ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۹/۱۳)

### چکیده

گشنیز، یکی از مهم‌ترین گیاهانی است که در صنایع دارویی استفاده می‌شود. روش GGE بای پلات یکی از روش‌های مناسب برای تجزیه و تحلیل داده‌هایی است که ساختار دو طرفه دارند. در این تحقیق، به منظور بررسی ترکیب‌پذیری عملکرد اسانس با استفاده از روش GGE بای پلات، نتایج حاصل از تلاقی دی‌آلل ۶ ژنوتیپ گشنیز شامل: اصفهان، همدان، بوشهر، مازندران، مرکزی و البرز در نسل F<sub>1</sub> در سه شرایط متفاوت آبیاری به طور جداگانه، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در هر آزمایش، در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴، مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس ژنتیکی، حاکی از معنی‌دار بودن اثر ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای عملکرد اسانس بود که نشان‌دهنده اهمیت اثرات افزایشی و غیر افزایشی ژن‌ها در کنترل این صفت بود. در این تحقیق، نقش اثرات غیرافزایشی ژنی در کنترل عملکرد اسانس بیشتر از اثرات افزایشی بود. بنابراین تهیه دورگ‌های برتر با استفاده از روش‌های به‌نژادی مبتنی بر آزمون نتایج، در جهت بهبود این صفت مؤثر خواهد بود. همچنین نتایج تجزیه‌های گرافیکی بای پلات نشان داد که ژنوتیپ‌های والدی مازندران (P<sub>4</sub>) و بوشهر (P<sub>6</sub>) با داشتن قابلیت‌های ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی خوب می‌توانند به عنوان والدین مناسب برای تلاقی‌ها جهت توسعه ژنوتیپ‌هایی با عملکرد اسانس بالا استفاده گردند. واژه‌های کلیدی: ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی، دی‌آلل، عملکرد اسانس، گشنیز

## Analysis of compatibility for essential oil yield in coriander under different irrigation regimes using GGE biplot method

Amir Gholizadeh<sup>1,2</sup>, Hamid Dehghani<sup>2\*</sup>, Mostafa Khodadadi<sup>3</sup>

1- Former Ph.D. Student of Plant Breeding<sup>\*\*</sup>, 2- Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, 3- Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

(Received: April 16, 2018 - Accepted: December 4, 2018)

### ABSTRACT

Coriander is one of the most important medicinal plants which has been used in the pharmaceutical industry. GGE Biplot method is one of the suitable methods for analyzing data with bilateral structure. In this research, the GGE Biplot model was used to evaluate the combinability of coriander essential oil yield in Diallel cross progenies of six parental coriander genotypes including Isfahan, Hamedan, Bushehr, Mazandaran, Markazi, and Alborz in the F<sub>1</sub> generation in different irrigation regimes and three experiments separately through randomized complete blocks design with three replications in each experiment during the growing season of 2016. The results of genetic variance analysis showed that the effect of general and specific compatibility for essential oil yield was significant, indicating the importance of additive and non-additive genetic effects for this trait. In this study, the role of non-additive gene was more conspicuous than those of additive gene in controlling the essential oil yield. Therefore, providing superior hybrids by utilizing breeding methods based on the test progeny will be effective to improve these traits. Also, the results of the Biplot graphic analysis indicated that parental genotypes of Mazandaran (P<sub>4</sub>) and Bushehr (P<sub>6</sub>) had large specific and general compatibility and can be used as suitable parents for crosses to develop high-yielding varieties in coriander.

**Keywords:** Coriander, diallel, essential oil yield, general and specific compatibility yield.

\* Corresponding author E-mail: [dehghanr@modares.ac.ir](mailto:dehghanr@modares.ac.ir)

\*\*Current address: Crop and Horticultural Science Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran.

### مقدمه

گشنیز با نام علمی *Coriandrum sativum* L. گیاهی علفی و یکساله متعلق به خانواده چتریان می‌باشد. خواص دارویی و وجود ترکیبات معطر سبب شده است گشنیز یکی از گیاهان مشهور در سراسر دنیا باشد. افزایش عملکرد اسانس در گشنیز، از مهم‌ترین اهداف اصلاحی آن می‌باشد. از طرفی گیاهان در طول دوره رشد خود با تنش‌های محیطی متعددی رو به رو می‌شوند که هر یک از این تنش‌ها می‌توانند با توجه به میزان حساسیت و مرحله رشد گونه گیاهی، آثار متفاوتی بر رشد، نمو و عملکرد آن‌ها داشته باشد و سبب تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، متابولیکی، بیوشیمیایی و مولکولی متعددی در آن‌ها شود که این امر موجب بازدارندگی شدیدی در رشد گیاه و در نتیجه کاهش محصول می‌شود (Moghaddam *et al.*, 2015). نتایج تحقیقات موجود، حاکی از این است که عملکرد اسانس بسیاری از گیاهان دارویی از جمله گشنیز تحت شرایط تنش خشکی کاهش می‌یابد (Bannayan *et al.*, 2008; Laribi *et al.*, 2009; Khalid *et al.*, 2010; Ekren *et al.*, 2012; Alinian & Razmjoo, 2014; Alinian *et al.*, 2016; Khodadadi *et al.*, 2016). بنابراین دستیابی به ژنوتیپ‌هایی که تحت شرایط تنش خشکی عملکرد اسانس مطلوب داشته باشند، از اهداف اصلاحی در گیاهان دارویی می‌باشد. مشخص شده است که با ثبات‌ترین و ارزانت‌ترین روش افزایش عملکرد (شامل دانه و مواد موثره) در گیاهان، توسط به‌نژادی آنها صورت می‌گیرد و موفقیت برنامه اصلاحی کاملاً وابسته به انتخاب دقیق والدین برای تلاقی است (Blank *et al.*, 2012).

برای دستیابی به این اهداف، ابتدا باید توده‌های مختلف از نظر وجود تنوع ژنتیکی، وراثت‌پذیری و ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی مورد بررسی قرار گیرند تا روش‌های اصلاحی مناسب برای دستیابی به ژنوتیپ‌هایی با عملکرد اسانس مطلوب مشخص شود. تعیین ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی والدین، علاوه بر کمک در شناسایی نحوه کنترل ژنتیکی صفات، در شناسایی والدین مناسب جهت استفاده در برنامه‌های دورگ‌گیری توسط اصلاح‌گران نبات نیز مهم می‌باشد. از میان روش‌های اصلاحی مختلف، تلاقی‌های دی‌آلل در گیاهان مختلف به منظور تخمین ترکیب‌پذیری عمومی

و خصوصی در یک مجموعه از ژنوتیپ‌های مورد بررسی به کار گرفته شده است (Khan *et al.*, 2009; Blank *et al.*, 2012; Townsend *et al.*, 2013; Khodadadi *et al.*, 2017). از جمله رایج‌ترین روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌های دی‌آلل، روش‌های گریفینگ می‌باشد که در این روش‌ها تنوع کل داده‌ها به دو بخش شامل: جزء ناشی از تفاوت در ترکیب‌پذیری عمومی والدین و جزء ناشی از تفاوت در ترکیب‌پذیری خصوصی تلاقی‌ها تقسیم می‌شوند (Griffing, 1956). تحلیل و استنباط نتایج حاصل از تجزیه دی‌آلل با استفاده از روش گریفینگ بدون کمک گرفتن از نمودار بسیار پیچیده و مشکل است (Dehghani *et al.*, 2012). اخیراً یان و هانت (Yan & Hunt, 2002)، با استفاده از ویژگی‌های نمودار بای‌پلات و روش چندمتغیره تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، روش نوین GGE بای‌پلات را برای تجزیه و تحلیل داده‌های دی‌آلل معرفی کردند. این روش، توانایی تحلیل و تجزیه واریانس فنوتیپی، به منظور برآورد و تشریح ترکیب‌پذیری‌ها و ارتباط بین والدین را براساس نمایش گرافیکی توسعه داده است. همچنین بر خلاف روش‌های رایج تجزیه تلاقی‌های دی‌آلل، با استفاده از روش بای‌پلات می‌توان قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی را به جای تلاقی‌ها، برای هر یک از والدین برآورد نمود. قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی در روش GGE بای‌پلات، عبارت است از فاصله عمودی هر ژنوتیپ از محور افقی (محور قرمز) (Yan & Hunt, 2002). این شاخص، تمایل هر ژنوتیپ را به تولید هیبرید با ژنوتیپ‌های دیگر و آثار غیرافزایشی ژن‌ها را نشان می‌دهد. هر چه فاصله عمودی هر ژنوتیپ از محور افقی (محور قرمز) بیشتر باشد نشان‌دهنده ترکیب‌پذیری خصوصی بیشتر و تمایل بیشتر آن ژنوتیپ برای تولید هیبرید بهتر می‌باشد. از نمودار چند وجهی روش GGE بای‌پلات، به منظور شناسایی بهترین دورگ استفاده می‌شود (Yan & Hunt, 2002). ژنوتیپ‌هایی که در رأس‌های چندضلعی قرار گرفته‌اند، بهترین ترکیب‌شونده‌ها با آزمون‌گرهای بخش خودشان و ضعیف‌ترین ترکیب‌شونده‌ها با آزمون‌گرهای سایر بخش‌ها هستند. ژنوتیپ‌هایی که در نزدیک مبدا قرار می‌گیرند،

و اعمال تنش برای ژنوتیپ‌ها در آزمایش‌های مختلف به صورتی بود که در آزمایش اول مربوط به آبیاری نرمال، آبیاری در زمان رسیدن رطوبت خاک به ۵۰٪ آب در دسترس گیاه انجام شد؛ به طوری که گیاه در شرایط مطلوب از نظر رطوبت خاک قرار داشته باشد. در آزمایش دوم مربوط به تنش ملایم، تا زمان ساقه‌دهی آبیاری مانند آزمایش نرمال انجام شد، سپس در بازه زمانی بین ساقه‌دهی تا شروع تشکیل میوه (۵۰٪ گلدھی) آبیاری انجام نگردید و پس از رسیدن به مرحله شروع تشکیل میوه یکبار آبیاری بازیابی انجام و سپس آبیاری قطع گردید. در آزمایش سوم مربوط به تنش شدید، آبیاری تا زمان شروع گلدھی مانند آزمایش اول انجام و پس از این مرحله آبیاری قطع شد. در طول فصل رشد، میزان عناصر مورد نیاز به خاک مزرعه اضافه شد. تمامی کود فسفره (۱۱۵ کیلوگرم فسفر خاص در هکتار)، و پتاسه (۸۰ کیلوگرم پتاس خالص در هکتار)، به ترتیب از منبع سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم همراه با عملیات تکمیلی زمین به خاک اضافه گردید. کود نیتروژن (۱۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره) نیز در سه قسمت مساوی در زمان‌های کاشت، ساقه‌روی و تشکیل میوه اضافه گردید. همچنین وجین علف‌های هرز به صورت دستی انجام شد. صفت مورد ارزیابی در این آزمایش عملکرد اسانس میوه بود که از حاصلضرب دو صفت محتوای اسانس و عملکرد میوه به دست آمد. استخراج اسانس با استفاده از دستگاه کلونجر و به روش تقطیر بخار انجام شد. به طوری که 30 g از میوه گشنیز با استفاده از هاون کاملاً آسیاب شده و به همراه 250 ml آب در مخزن کلونجر به مدت 120 m عمل استخراج انجام شد (Msaada et al., 2009).

### تجزیه و تحلیل آماری

ابتدا نرمال بودن توزیع خطاهای آزمایشی از طریق آزمون کولموگروف-سیمروف (Kolmogorov, 1933; Smirnov, 1948) و همچنین همگنی واریانس‌های درون تیماری با استفاده از نرم افزار SPSS v20 (SPSS, 2010) انجام شد. در مرحله بعد تجزیه واریانس مرکب بر روی صفات انجام پذیرفت. با توجه به وجود تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها، تجزیه دی‌آلل به روش گریفینگ انجام شد

ترکیب‌پذیری خصوصی ضعیفی با تمام آزمون‌گرها دارند. ژنوتیپ و آزمون‌گرهای هر بخش، بهترین ترکیبات هیبریدی و گروه‌های هتروتیک را تشکیل می‌دهند و در هر بخش، بهترین تلاقی هیبریدی بین ژنوتیپ رأس و آزمون‌گری است که در فاصله دورتری از مبدا قرار دارد (Yan, 2001; Yan & Hunt, 2002). گزارش‌های متعددی مبنی بر کاربرد روش GGE بای‌پلات برای تجزیه داده‌های دی‌آلل در گیاهان مختلف وجود دارد که از هر والد هم به عنوان ژنوتیپ و هم به عنوان آزمون‌گر جهت بررسی ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی استفاده شده است (Bertoia et al., 2006; Badu-Apraku et al., 2011; Sharifi, 2012; Dehghani et al., 2013). حال آن که در رابطه با استفاده از روش بای‌پلات در تجزیه و تحلیل تلاقی‌های دی‌آلل گشنیز، گزارشی وجود ندارد. بنابراین مطالعه حاضر با هدف برآورد ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی و همچنین شناسایی بهترین آزمون‌گر و ترکیبات هتروتیک برای عملکرد اسانس بالا در شرایط مختلف آبیاری با استفاده از روش GGE بای‌پلات انجام گرفته است.

### مواد و روش‌ها

در این پژوهش از ۶ توده بومی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) شامل توده تجاری کرج (P<sub>1</sub>)، مرکزی (P<sub>2</sub>)، اصفهان (P<sub>3</sub>)، مازندران (P<sub>4</sub>)، همدان (P<sub>5</sub>) و بوشهر (P<sub>6</sub>) به عنوان والدین تلاقی‌های دی‌آلل یکطرفه استفاده شد. در انتخاب والدین، ضمن توجه به وجود تنوع ژنتیکی از نظر صفات ظاهری و زراعی، سعی گردید که توده‌ها از نواحی جغرافیایی مختلف انتخاب گردند. به منظور همزمانی در گلدھی و امکان افزایش تعداد تلاقی و تولید بذور F<sub>1</sub>، آزمایش در ۳ تاریخ کشت با فواصل دو هفته‌ای در گلخانه و مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. تلاقی‌ها به صورت دستی انجام و بذور ۲۱ ژنوتیپ شامل (۶ والد و ۱۵ هیبرید F<sub>1</sub>) در فروردین ماه ۱۳۹۵ در سه آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کشت گردیدند. پس از عملیات تهیه زمین، کشت بذور با فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر در هر کرت انجام شد. نحوه آبیاری

گردید (Yan & Hunt, 2002). بر اساس مختصات آزمون‌گر متوسط، فاصله افقی هر ژنوتیپ (ژنوتیپ‌های با رنگ آبی) از محور مختصات آزمون‌گر متوسط (محور آبی) و در جهت فلش محور افقی (محور قرمز)، بیانگر مقدار مثبت قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی است (Yan & Hunt, 2002).

#### تجزیه واریانس مرکب صفات

نتایج تجزیه واریانس مرکب (جدول ۱) نشان داد که اثر محیط برای عملکرد اسانس بسیار معنی‌دار بود، به این مفهوم که محیط نرمال و تنش خشکی اثر یکسانی بر روی عملکرد اسانس نداشته، که یکی از دلایل آن این است که بخش عمده‌ای از دوره تداوم این عملکرد اسانس در مراحل انتهایی رشد گیاه است که به طور معنی‌داری تحت تأثیر تغییرات شرایط تنش قرار می‌گیرد. همچنین بین ژنوتیپ‌ها در نسل  $F_1$  تنوع قابل ملاحظه‌ای در هر سه محیط وجود داشت. معنی‌دار بودن والدین و تلاقی‌های حاصل از آنها، بیانگر وجود تنوع ژنتیکی لازم بین آنها می‌باشد و بدین ترتیب انجام تجزیه دی‌آلل برای صفت عملکرد اسانس امکان‌پذیر و امکان تفکیک واریانس ژنتیکی به اجزای آن شامل واریانس‌های ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی فراهم شد. اثر متقابل ژنوتیپ  $\times$  محیط نیز برای عملکرد اسانس در نسل ارزیابی  $F_1$  معنی‌دار بود؛ به این مفهوم که واکنش ژنوتیپ‌های مختلف در شرایط متفاوت بدون تنش و تنش یکسان نبوده است. به عبارت دیگر ژنوتیپ‌های مختلف، پاسخ متفاوتی به شرایط محیطی مختلف نشان داده‌اند و اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از آزمایشی به آزمایش دیگر یکسان نیست. پاسخ متفاوت ژنوتیپ در محیط یا به عبارتی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط می‌تواند یکی از دلایل عدم تطابق شرایط تنش خشکی با شرایط بدون تنش باشد. میانگین مربعات ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) و ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) برای کلیه صفات معنی‌دار بود (جدول ۱)، که بیانگر اهمیت توأم اثرات افزایشی و غیرافزایشی در کنترل ژنتیکی عملکرد اسانس، در نسل ارزیابی  $F_1$  بود. همچنین اثر متقابل GCA در محیط و SCA در محیط برای عملکرد اسانس، در نسل ارزیابی  $F_1$  معنی‌دار بود. به طور کلی معنی‌دار شدن اثر متقابل GCA با محیط برای عملکرد اسانس، حساسیت اثر افزایشی ژن‌های کنترل‌کننده این صفت را به محیط نشان.

(Griffing, 1956). سپس تجزیه واریانس برای ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) و ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) با استفاده از روش دوم، مدل اول گریفینگ با استفاده از برنامه DIALLEL-SAS انجام شد (Zhang *et al.*, 2005). برآوردهای واریانس ترکیب‌پذیری عمومی ( $\sigma_g^2$ ) و واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی ( $\sigma_s^2$ )، جهت تخمین واریانس افزایشی ( $\sigma_A^2$ ) و واریانس غالبیت ( $\sigma_D^2$ ) با استفاده از مدل تصادفی انجام گرفت (Zhang *et al.*, 2005) برای محاسبه واریانس افزایشی و غالبیت از فرمول‌های زیر استفاده شد (Griffing, 1956).

$$\sigma_A^2 = \frac{1+F}{4} \sigma_{GCA}^2$$

$$\sigma_D^2 = \left( \frac{1+F}{2} \right)^2 \sigma_{GCA}^2$$

که در آن  $\sigma_{GCA}^2$  و  $\sigma_{SCA}^2$  به ترتیب واریانس ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی و F ضریب خویش‌آمیزی است. همچنین در این مطالعه از نسبت بیکر در جهت مقایسه اهمیت نسبی واریانس ترکیب‌پذیری عمومی ( $\sigma_g^2$ ) و واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی ( $\sigma_s^2$ ) استفاده شد که به طریق ذیل محاسبه می‌شود (Baker, 1978).

$$GCA / SCA = \frac{2\sigma_g^2}{2\sigma_g^2 + \sigma_s^2}$$

برای بررسی ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی، روش تجزیه رگرسیون مکانی GGE بای پلات (Yan *et al.*, 2003; Yan & Kang, 2001) با استفاده از نرم افزار GGE Biplot (Yan, 2001) انجام شد. در روش GGE Biplot رابطه زیر بر اساس تجزیه به مقادیر منفرد (Singular value decomposition) استفاده شد:

$$\hat{Y}_{ij} - \mu - \beta_j = g_{i1}e_{1j} + g_{i2}e_{2j} + \varepsilon_{ij}$$

به طوریکه  $\hat{Y}_{ij}$  ارزش مورد انتظار برای تلاقی  $i$ ام با آزمون‌گر  $j$ ام،  $\mu$  میانگین کل و  $\beta_j$  اثر اصلی آزمون‌گر  $j$ ام است  $g_{i1}$  و  $e_{1j}$  اثرگذاری‌های اولیه برای ژنوتیپ  $i$ ام و آزمون‌گر  $j$ ام است. همچنین  $g_{i2}$  و  $e_{2j}$  اثرگذاری‌های ثانویه برای ژنوتیپ  $i$ ام و آزمون‌گر  $j$ ام است و  $\varepsilon_{ij}$  باقیمانده است که توسط دو مؤلفه اول توجیه نمی‌شود. به منظور برآورد مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی، از نمودار مختصات آزمون‌گر متوسط استفاده

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب عملکرد اسانس در نسل F1 گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) تحت رژیم‌های متفاوت آبیاری (آبیاری نرمال، تنش ملایم و تنش شدید)

Table 1- Combined analysis of variance for essential oil yield in the F1 generation under different irrigation regimes (well-watered, moderate stress and Sever Stress) in coriander (*Coriandrum sativum* L.)

Source	Df	Mean Squares
Environment (E)	2	0.008**
Replication/(E)	6	0.00042
Genotype (G)	20	0.003**
GCA	5	0.007**
SCA	15	0.002**
G × E	40	0.0006**
GCA × E	10	0.001**
SCA × E	30	0.0004**
Error	120	0.0000387

\*\*، معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد. GCA: ترکیب‌پذیری عمومی، SCA: ترکیب‌پذیری خصوصی

\*\*\*, Is significant at 1% level of probability. General combining ability (GCA), specific combining ability (SCA).

### نحوه عمل ژن

نتایج نشان داد که در نسل ارزیابی F1 و در هر سه شرایط آبیاری مختلف، ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) برای عملکرد اسانس معنی‌دار شد (جدول ۲)، که بیانگر این است که در این مواد ژنتیکی، پتانسیل خوبی برای اصلاح وجود داشته و ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد اسانس تنوع ژنتیکی مناسبی نشان می‌دهند. ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) هم برای عملکرد اسانس معنی‌دار شد (جدول ۲). با توجه به اینکه این اثر مربوط به هتروزیس است و تولید گشنیز هیبرید از طریق تلاقی به دلیل داشتن گل‌های ریز و مشکلات تکنیکی آن امکان‌پذیر نیست، بنابراین نمی‌توان به طور مستقیم از آن استفاده کرد.

در این مطالعه از نسبت بیکر (GCA/SCA) به عنوان معیاری در جهت مقایسه اهمیت نسبی واریانس ترکیب‌پذیری عمومی ( $\sigma_g^2$ ) و واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی ( $\sigma_s^2$ ) استفاده شده است، به طوری که هر چقدر این نسبت به عدد یک نزدیک‌تر باشد، بیانگر اهمیت بیشتر اثرات افزایشی در کنترل ژنتیکی صفت مورد مطالعه می‌باشد. میزان انحراف فاکتور تشخیصی از عدد یک بیانگر نقش بیشتر اثرات غالبیت، در کنترل ژنتیکی صفت مورد نظر می‌باشد (Banerjee & Kole, 2009). مقادیر نسبت بیکر در نسل ارزیابی F1 در جدول ۲ آورده شده است.

در هر سه رژیم آبیاری مورد مطالعه، مقادیر نسبت بیکر برای عملکرد اسانس در ارزیابی نسل F1 پایین بود (جدول ۲). مقادیر نسبت بیکر پایین برای عملکرد اسانس، بیانگر

می‌دهد و از طرف دیگر بیانگر این موضوع است که والدینی که در یک شرایط محیطی (نرمال یا تنش خشکی) از GCA مناسبی برخوردار هستند، فقط در همان محیط می‌توانند به عنوان یک ترکیب‌شونده مناسب مدنظر قرار گیرند و در نتایج صفت خود را انتقال دهند و همچنین این امکان وجود دارد که در شرایط محیطی دیگر والد دیگری به عنوان ترکیب‌شونده مناسب انتخاب گردد. به طور مشابه، معنی‌دار شدن اثر متقابل بین SCA با محیط برای همه صفات بیانگر این موضوع است که در هر شرایط (نرمال و تنش خشکی) ترکیبات هیبریدی مختص به آن محیط باید در برنامه‌های اصلاحی مدنظر قرار گیرد، لذا هیبریدهایی که در یک محیط قرار دارند از خصوصیات مناسبی برخوردار هستند نمی‌توانند در محیط‌های دیگر همان بازدهی را داشته باشند، که دلیل عمده آن حساسیت اثر غیرافزایشی ژن‌ها به محیط است. بنابراین معنی‌دار شدن اثر متقابل GCA با محیط و SCA با محیط بیانگر حساسیت هر دو اثرات افزایشی و غیرافزایشی به محیط است. لذا در این صفات نیز باید برآورد اثرات ژنی، ترکیب‌پذیری‌ها و تجزیه ژنتیکی در هر محیط به طور جداگانه صورت گیرد. مطالعات نشان داده است که ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) و خصوصی (SCA) برای اکثر صفات در گشنیز با تغییرات محیطی اثرات متقابل نشان می‌دهد (Khodadadi et al., 2016; Khodadadi et al., 2017).

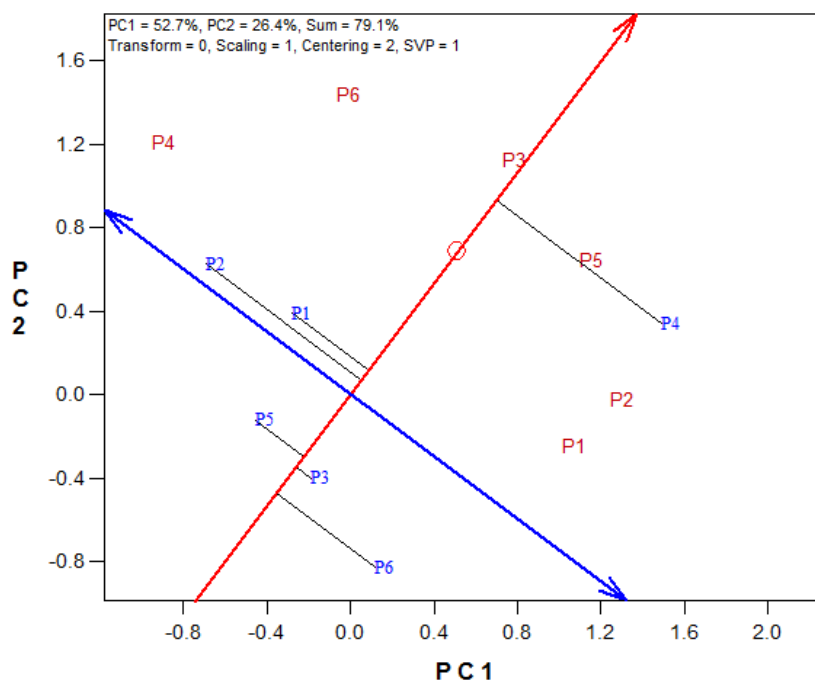
نقش بیشتر اثرات غیرافزایشی (از جمله غالبیت) در واریانس ژنتیکی این صفت است. این نتیجه می‌تواند گویای وجود اپیستازی تکمیلی و یا لینکاژ از نوع جذب بین ژن‌های کنترل‌کننده این صفت باشد (Ramachandram & Goud, 1981). لذا به نظر می‌رسد که استفاده از نسل‌های پیشرفته تلاقی سبب افزایش احتمال شکستن لینکاژهای ژنی شود.

جدول ۲- تجزیه ترکیب‌پذیری و برآوردهای ژنتیکی عملکرد اسانس گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) در رژیم‌های متفاوت آبیاری (آبیاری نرمال، تنش ملایم و تنش شدید)

Table 2- Analysis of synthesis ability and genetic estimates of essential oil yield in different irrigation regimes (well-watered, moderate stress and Sever Stress) in coriander (*Coriandrum sativum* L.)

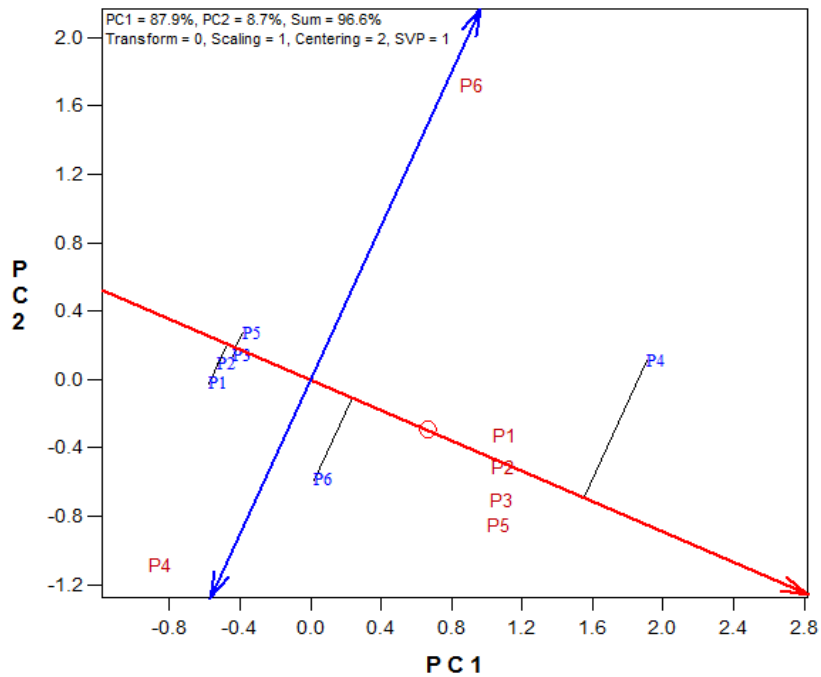
Estimate	Water treatment		
	Well-Watered	Moderate Water Stress	Severe Water Stress
GCA	0.002**	0.006**	0.00064**
SCA	0.001**	0.001**	0.00023**
Error	0.000034	0.000053	0.000029
$\sigma_g^2$	0.000045 <sup>ns</sup>	0.00018*	0.000017*
$\sigma_s^2$	0.0004**	0.00046**	0.000066**
GCA/SCA	0.18	0.44	0.35

ns, \* and \*\* non-significant and significant at the 0.05 & 0.01 level of probability, respectively. Variance of general combining ability ( $\sigma_g^2$ ), variance of specific combining ability ( $\sigma_s^2$ ), واریانس ترکیب‌پذیری عمومی ( $\sigma_s^2$ ), واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی



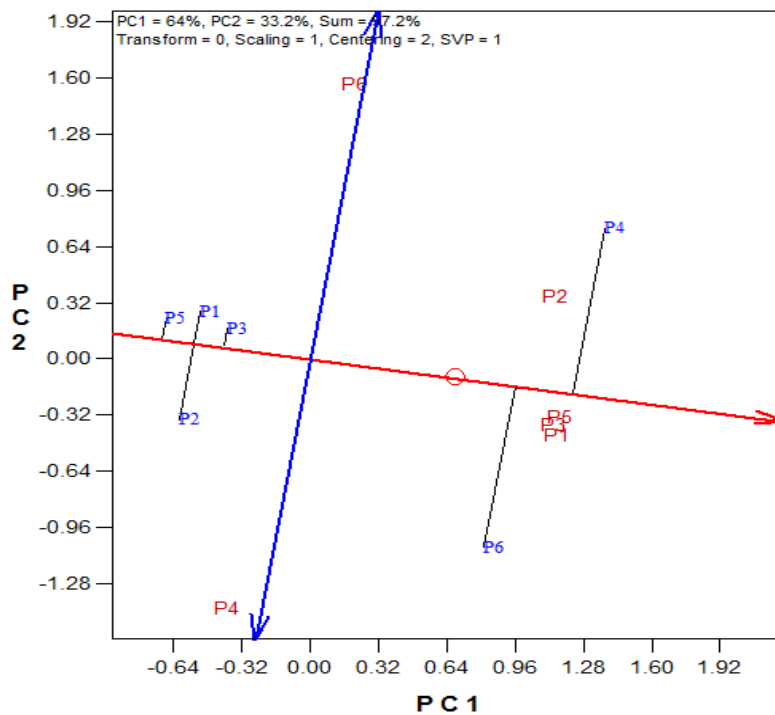
شکل ۱- نمودار مؤلفه آزمون‌گر متوسط برای ژنوتیپ‌های حاصل از تلاقی دی‌آلل جهت عملکرد اسانس گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) در شرایط آبیاری معمولی

Figure 1- Average tester coordinate (ATC) view of Biplot for genotypes derived from Diallel crosses for essential oil yield coriander (*Coriandrum sativum* L.) in well-watered conditions.



شکل ۲- نمودار مؤلفه آزمون گر متوسط برای ژنوتیپ‌های حاصل از تلاقی دی‌آلل برای عملکرد اسانس گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) در شرایط تنش خشکی ملایم

Figure 2- Average tester coordinate (ATC) view of Biplot for genotypes derived from Diallel crosses for essential oil yield coriander (*Coriandrum sativum* L.) in moderate drought stress conditions.



شکل ۳. نمودار مؤلفه آزمون گر متوسط برای ژنوتیپ‌های حاصل از تلاقی دی‌آلل برای عملکرد اسانس گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) در شرایط تنش خشکی شدید

Figure 3- Average tester coordinate (ATC) view of Biplot for genotypes derived from Diallel crosses for essential oil yield coriander (*Coriandrum sativum* L.) in severe drought stress conditions.

### ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی

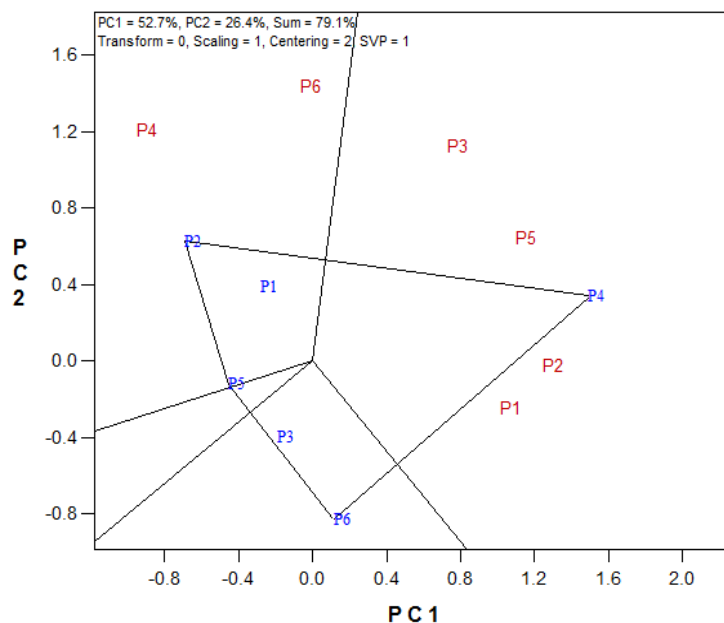
با توجه به شکل ۱، والد P<sub>4</sub> (مازندران)، دارای بیشترین مقدار قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و مثبت در هر سه شرایط آبیاری مختلف بود. همچنین در شرایط تنش ملایم و تنش شدید والد P<sub>6</sub> (بوشهر) بعد از والد P<sub>4</sub> (مازندران)، دارای بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی بود (شکل‌های ۱ و ۲). والد‌های P<sub>6</sub> (بوشهر) و P<sub>4</sub> (مازندران)، که دارای بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی مثبت می‌باشند، دارای ژن‌های با اثر افزایشی بیشتر و ارتقاءدهنده عملکرد اسانس به عنوان یک صفت اصلاحی مهم در گشنیز هستند.

با توجه به شکل‌های ۱، ۲ و ۳ ژنوتیپ‌های والدی مازندران (P<sub>4</sub>) و بوشهر (P<sub>6</sub>)، دارای بیشترین مقدار قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی در هر سه رژیم آبیاری بودند. بنابراین ژنوتیپ‌های والدی مازندران (P<sub>4</sub>) و بوشهر (P<sub>6</sub>) با داشتن قابلیت‌های ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی خوب، می‌توانند به عنوان والد مناسب تلاقی‌ها در شرایط آبیاری معمولی و تنش کم آبی منظور گردند.

در شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی شدید، ژنوتیپ‌های مرکزی (P<sub>2</sub>)، مازندران (P<sub>4</sub>)، همدان (P<sub>5</sub>) و

بوشهر (P<sub>6</sub>) با قرار گرفتن در رأس ضلع‌های نمودار چند ضلعی، چهار بخش مختلف را به وجود آوردند (شکل‌های ۴ و ۶). در شرایط تنش خشکی ملایم، ژنوتیپ‌های کرج (P<sub>1</sub>)، مازندران (P<sub>4</sub>)، همدان (P<sub>5</sub>) و بوشهر (P<sub>6</sub>)، چهار بخش مختلف را به وجود آوردند (شکل ۵). در شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی ملایم، ژنوتیپ والدی مازندران (P<sub>4</sub>) دارای بیشترین تعداد آزمون‌گر در ناحیه خودش بود (شکل‌های ۴ و ۵) و بنابراین برای صفت عملکرد اسانس، ژنوتیپ والدی مازندران (P<sub>4</sub>) می‌تواند والد مادری مناسبی در ترکیب با سایر آزمون‌گرها باشد، که منجر به بروز هتروزیس در شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی ملایم شود.

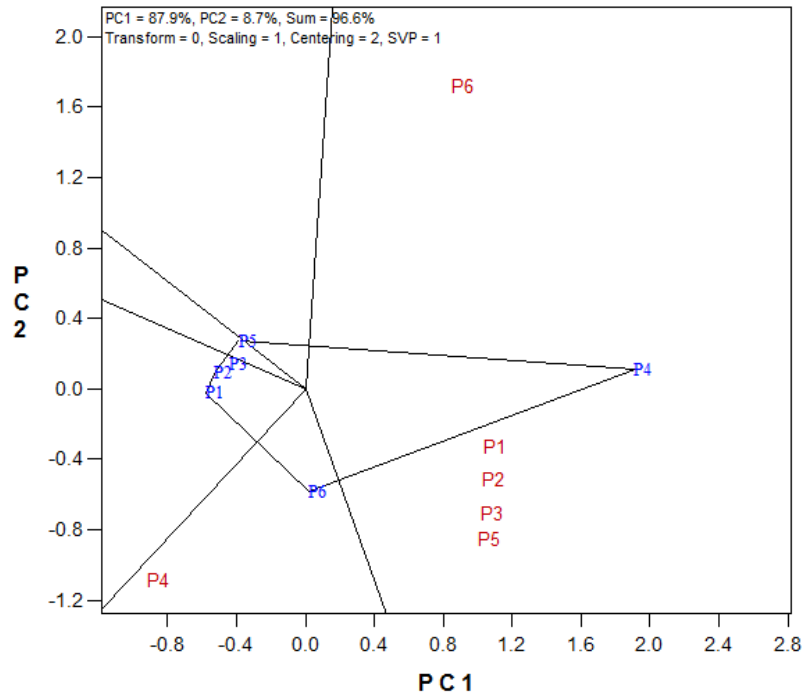
در شرایط تنش خشکی شدید، تمامی آزمون‌گرهای مورد مطالعه در دو بخش مربوط به ژنوتیپ‌های والدی مازندران (P<sub>4</sub>) و بوشهر (P<sub>6</sub>) قرار دارند؛ به طوری که آزمون‌گرهای مرکزی (P<sub>2</sub>)، همدان (P<sub>5</sub>) و بوشهر (P<sub>6</sub>)، در بخش مربوط به ژنوتیپ والدی مازندران (P<sub>4</sub>) و آزمون‌گرهای کرج (P<sub>1</sub>)، اصفهان (P<sub>3</sub>) و مازندران (P<sub>4</sub>)، در بخش مربوط به ژنوتیپ والدی بوشهر (P<sub>6</sub>)



شکل ۴- نمودار چندضلعی برای ژنوتیپ‌های حاصل از تلاقی دی‌آلل برای عملکرد اسانس گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) در شرایط آبیاری معمولی

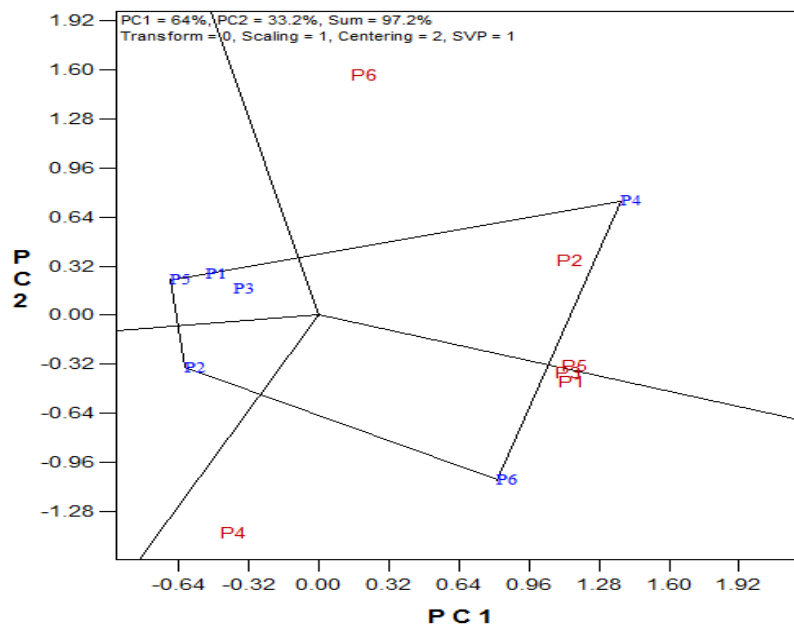
Figure 4- Polygon view of Biplot for genotypes derived from Diallel crosses for essential oil yield coriander (*Coriandrum sativum* L.) in well-watered conditions.





شکل ۵- نمودار چندضلعی برای ژنوتیپ‌های حاصل از تلاقی دی‌آلل برای عملکرد اسانس گشنیز (*Coriandrum sativum L.*) در شرایط تنش خشکی ملایم

Figure 5- Polygon view of Biplot for genotypes derived from Diallel crosses for essential oil yield coriander (*Coriandrum sativum L.*) in moderate drought stress conditions.



شکل ۶- نمودار چندضلعی برای ژنوتیپ‌های حاصل از تلاقی دی‌آلل برای عملکرد اسانس گشنیز (*Coriandrum sativum L.*) در شرایط تنش خشکی شدید

Figure 6- Polygon view of Biplot for genotypes derived from Diallel crosses for essential oil yield coriander (*Coriandrum sativum L.*) in severe drought stress conditions.

### نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که ژنوتیپ‌های والدی مازندران (P4) و بوشهر (P6)، با داشتن قابلیت‌های ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی خوب برای عملکرد اسانس، می‌توانند به عنوان والدین مناسب در تلاقی‌ها برای رسیدن به واریته‌های با عملکرد اسانس بالا در شرایط آبیاری معمولی و تنش کم آبی، مورد استفاده قرار گیرند. همچنین نتایج برآورد پارامترهای ژنتیکی نشان داد که نقش اثرات غیرافزایشی ژنی در کنترل عملکرد اسانس، بیشتر از اثرات افزایشی بود. این نتیجه می‌تواند گویای وجود اپیستازی تکمیلی و یا لینکاژ از نوع جذب بین ژن‌های کنترل‌کننده این صفت باشد.

واقع شده‌اند (شکل ۶). با توجه به اینکه ژنوتیپ مازندران (P4) به همراه آزمون‌گر بوشهر (P6) در یک بخش و ژنوتیپ والدی بوشهر (P6) به همراه آزمون‌گر مازندران (P4) در بخش دیگر با هم قرار دارند، که این وضعیت بیانگر ترکیب‌پذیری بسیار زیاد دو ژنوتیپ برای صفت عملکرد اسانس در شرایط تنش خشکی شدید می‌باشد- به طور کلی می‌توان گفت که ژنوتیپ‌های والدی مازندران (P4) و بوشهر (P6)، بهترین ترکیب‌شونده‌های عمومی بوده و قابلیت ترکیب با بیشتر ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این مطالعه را دارند.

### REFERENCES

- Alinian, S. & Razmjoo, J. (2014). Phenological, yield, essential oil yield and oil content of cumin accessions as affected by irrigation regimes. *Industrial Crops and Products*, 54, 167-174.
- Alinian, S., Razmjoo, J. & Zeinali, H. (2016). Flavonoids, anthocyanins, phenolics and essential oil produced in cumin (*Cuminum cyminum* L.) accessions under different irrigation regimes. *Industrial Crops and Products*, 81, 49-55.
- Badu-Apraku, B., Fontem, L. A., Akinwale, R. & Oyekunle, M. (2011). Biplot analysis of Diallel crosses of early maturing tropical yellow maize inbreds in stress and non-stress environments. *Crop Science*, 51, 173-188.
- Baker, R. (1978). Issues in diallel analysis. *Crop Science*, 18, 533-536.
- Banerjee, P. & Kole, P. (2009). Analysis of genetic architecture for some physiological characters in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Euphytica*, 168, 11-22.
- Bannayan, M., Nadjafi, F., Azizi, M., Tabrizi, L. & Rastgoo, M. (2008). Yield and seed quality of *Plantago ovata Nigella sativa* under different irrigation treatments. *Industrial Crops and Products*, 27, 11-16.
- Bertoia, L., Lopez, C. & Burak, R. (2006). Biplot analysis of forage combining ability in maize landraces. *Crop Science*, 46, 1346-1353.
- Blank, A. F., Santa Rosa, Y. R., de Carvalho Filho, J. L. S., dos Santos, C. A., de Fátima, Arrigoni-Blank, M., dos Santos Niculau, E. & Alves, P. B. (2012). A di-allele study of yield components and essential oil constituents in basil (*Ocimum basilicum* L.). *Industrial Crops and Products*, 38, 93-98.
- Dehghani, H., Feyzian, E., Jalali, M., Rezai, A. & Dane, F. (2012). Use of GGE biplot methodology for genetic analysis of yield and related traits in melon (*Cucumis melo* L.). *Canadian Journal of Plant Science*, 92, 77-85.
- Dehghani, H., Moghaddam, M., Bihamta, M. R., Sabaghnia, N. & Mohammadi, R. (2013). Biplot analysis of diallele data in stripe rust of wheat. *Australasian Plant Pathology*, 42, 601-608.
- Ekren, S., Sönmez, Ç., Özçakal, E., Kurttaş, Y. S. K., Bayram, E. & Gürgülü, H. (2012). The effect of different irrigation water levels on yield and quality characteristics of (*Ocimum Basilicum* L.). *Agricultural Water Management*, 109, 155-161.
- Griffing, B. (1956). A generalized treatment of the use of diallele crosses in quantitative inheritance. *Heredity*, 10, 31-50.
- Khalid, K. A., da Silva, J. A. T. & Cai, W. (2010). Water deficit and polyethylene glycol 6000 affect morphological and biochemical characters of *Pelargonium Odoratissimum* (L.). *Scientia Horticulturae*, 125, 159-166.
- Khan, N. U., Hassan, G., Kumbhar, M. B., Marwat, K. B., Khan, M. A., Parveen, A. & Saeed, M. (2009). Combining ability analysis to identify suitable parents for heterosis in seed cotton yield, its components, and lint in upland cotton. *Industrial Crops and Products*, 29, 108-115.
- Khodadadi, M., Dehghani, H. & Jalali Javaran, M. (2017). Quantitative Genetic Analysis Reveals Potential to Genetically Improve Fruit Yield and Drought Resistance Simultaneously in Coriander. *Frontiers in Plant Science*, 8, 568.

16. Khodadadi, M., Dehghani, H., Jalali Javaran, M. & Christopher, J. T. (2016). Fruit yield, fatty and essential oils content genetics in coriander. *Industrial Crops and Products*, 94, 72-81.
17. Kolmogorov, A. (1933). Sulla determinazione empirica di una legge di distribuzione. *Istituto Italiano degli Attuari*, 4, 83-91.
18. Laribi, B., Bettaieb, I., Kouki, K., Sahli, A., Mougou, A. & Marzouk, B. (2009). Water deficit effects on Caraway (*Carum carvi* L.) growth, essential oil, and fatty acid composition. *Industrial Crops and Products*, 30, 372-379.
19. Moghaddam, M., Alirezaei, N. M., Selahvarzi, Y. & Goldani, M. (2015). The effect of drought stress on some morphological and physicochemical characteristics of three cultivars of Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Field Crop Science*, 21, 43-62. (In Farsi).
20. Msaada, K., Taarit, M. B., Hosni, K., Hammami, M. & Marzouk, B. (2009). Regional and maturational effects on essential oils yields and composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruits. *Scientia Horticulturae*, 122, 116-124.
21. Ramachandram, M. & Goud, J. (1981). Genetic analysis of seed yield, oil content and their components in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Theoretical and applied genetics*, 60, 191-195.
22. Sharifi, P. (2012). Graphic analysis of salinity tolerance traits of rice (*Oryza sativa* L.) using Biplot method. *Cereal Research Communications*, 40, 342-350.
23. Smirnov, N. (1948). Table for estimating the goodness of fit of empirical distributions. *The Annals of Mathematical Statistics*, 19, 279-281.
24. SPSS Inc. (2010). SPSS 20. Users Guide. Chicago, USA.
25. Townsend, T., Segura, V., Chigeza, G., Penfield, T., Rae, A., Harvey, D., Bowles, D. & Graham, I. A. (2013). The use of combining ability analysis to identify elite parents for *Artemisia annua* F1 hybrid production. *PIOS ONE*, 8, e61989.
26. Yan, W. & Hunt, L. (2002). Biplot analysis of diallel data. *Crop Science*, 42, 21-30.
27. Yan, W. & Kang, M. S. (2003). GGE Biplot Analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. *CRC Press*. Boca Raton, FL, 605 pp.
28. Yan, W. (2001). GGE Biplot-A Windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. *Agronomy Journal*, 93, 1111-1118.
29. Yan, W., Cornelius, P. L., Crossa, J. & Hunt, L. (2001). Two types of GGE biplots for analyzing multi-environment trial data. *Crop Science*, 41, 656-663.
30. Zhang, Y., Kang, M. S. & Lamkey, K. R. (2005). Diallel-SAS05: a comprehensive program for Griffings and Gardner-Eberhart analyses. *Agronomy Journal*, 97, 1097-1106.