

تحقیقات غلات

دوره هشتم / شماره سوم / پاییز ۱۳۹۷ (۴۰۸-۳۹۷)

تجزیه ژنتیکی صفات مهم زراعی در تعدادی از ارقام جو (*Hordeum vulgare* L.) تحت شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی

علی صارمی راد^۱ و خداداد مصطفوی^{۲*}

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۷/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۲/۲۱

چکیده

در این تحقیق تجزیه ژنتیکی برخی از صفات مهم زراعی در تعدادی از ارقام جو تحت شرایط آبیاری مطلوب (بدون تنش) و تنش خشکی با استفاده از روش دوم گریفینگ و GGE بای پلات مورد مطالعه قرار گرفت. مواد گیاهی آزمایش شامل هفت رقم جو (والفجر، ماکویی، کویر، ریحان، گرگان-۴، نصرت و نیمروز) و ۲۱ هیبرید حاصل از تلاقی‌های دای آلل یک طرفه آنها بود که با استفاده از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار تحت دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ مورد ارزیابی قرار گرفتند. میانگین مربعات ژنوتیپ‌ها برای تمامی صفات مورد مطالعه به‌جز شاخص برداشت و ارتفاع بوته تحت شرایط آبیاری مطلوب و شاخص برداشت، ارتفاع بوته و طول ریشک تحت شرایط تنش خشکی معنی‌دار بود. ترکیب‌پذیری خصوصی تلاقی‌ها نیز برای تمامی صفات به‌جز قطر ساقه و طول بذر تحت شرایط آبیاری مطلوب و عملکرد زیستی، طول سنبله، وزن صد دانه و طول پدانکل تحت شرایط تنش خشکی معنی‌دار بود. نمودار GGE بای پلات برای عملکرد دانه تحت شرایط آبیاری مطلوب، ۸۳/۱ درصد و تحت شرایط تنش خشکی، ۸۶/۵ درصد از واریانس داده‌ها را تبیین کرد. ارزیابی ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌های مورد مطالعه تحت هر دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی نشان داد که به‌ترتیب لاین‌های نصرت، والفجر، کویر، نیمروز، ماکویی، ریحان و گرگان-۴ دارای ترکیب‌پذیری عمومی بالاتری بودند. بررسی ترکیب‌پذیری خصوصی نیز نشان داد که لاین‌های نصرت، ریحان و گرگان-۴ تحت شرایط آبیاری مطلوب و لاین‌های نصرت و والفجر تحت شرایط تنش خشکی، ترکیب‌پذیری خصوصی بالاتری نسبت به سایر لاین‌ها داشتند. همچنین، هیبریدهای والفجر × نصرت و کویر × نصرت تحت شرایط آبیاری مطلوب و هیبریدهای والفجر × نیمروز و کویر × نصرت تحت شرایط تنش خشکی بهترین هیبریدها در این تحقیق بودند.

واژه‌های کلیدی: بای پلات، تجزیه دای آلل، ترکیب‌پذیری، عملکرد دانه

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، باشگاه پژوهشگران و نخبگان جوان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، کرج، ایران

۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، کرج، ایران

* نویسنده مسئول: mostafavi@kiau.ac.ir

مقدمه

غلات از حیث تأمین انرژی دارای اهمیت ویژه‌ای در مقایسه با سایر گیاهان زراعی و به‌عنوان اولین منبع مهم غذایی است. طبق آمار وزارت جهاد کشاورزی در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ از حدود ۱۱/۳۸ میلیون هکتار سطح برداشت محصولات زراعی، نزدیک به ۸/۱۷ میلیون هکتار (معادل ۷۱/۸۶ درصد از کل سطح برداشت محصولات زراعی) به غلات اختصاص داشته است که در این بین، گندم ۶۹/۹۲، جو ۲۱/۵۶، شلتوک ۶/۴۸، ذرت دانه‌ای ۲/۰۳ و سایر غلات ۰/۰۱ درصد از کل سطح برداشت غلات را به خود اختصاص دادند (Ministry of Agriculture-Jahad, 2016). جو (*Hordeum vulgare* L.) به‌عنوان یکی از گیاهان مهم خانواده غلات دارای مصارف گوناگونی است که می‌توان به تغذیه حیوانات، صنایع مالت‌سازی، نوشابه‌های الکلی و بدون الکل و نیز تغذیه انسان اشاره کرد. در کشور ما مصرف عمده جو برای تغذیه دام و به‌مقدار کم برای تولید فرآورده‌های بدون الکل است، اما در بسیاری از کشورهای غربی مصرف عمده جو برای صنایع مالت و نوشابه‌های الکلی است. از مصرف جو در تغذیه انسان روز به روز کاسته و بر مصرف آن به‌صورت خوراک دام و صنایع مالت اضافه شده است. در ایران، جو به‌صورت نیم‌کوب و پوست‌کنده برای مصرف سوپ بیش از نان جو مصرف می‌شود (Yadavi, 1999).

خشکی از جمله تنش‌های غیرزیستی است که گیاهان زراعی را از لحاظ مختلف و به‌ویژه عملکرد نهایی تحت تأثیر قرار می‌دهد. ایران دارای میانگین بارندگی سالانه ۲۵۰ میلی‌متر است که در گروه کشورهای خشک و نیمه‌خشک طبقه‌بندی می‌شود. با در نظر داشتن این موضوع، توجه به آثار تنش خشکی در مراحل مختلف رشد گیاه و تولید محصول دارای اهمیت زیادی است. جهت اصلاح ارقام متحمل به خشکی، وجود تنوع ژنتیکی مطلوب در ارتباط با مکانیزم‌های تحمل برای واکنش مناسب نسبت به تنش خشکی دارای اهمیت زیادی است. از مهم‌ترین راه‌کارهای مفید و پایدار کاهش خسارت ناشی از تنش رطوبتی، اصلاح ارقام متحمل به خشکی و پر محصول است. جهت ایجاد ارقام متحمل، پس از یافتن رقم یا ژنوتیپ متحمل، به اطلاعات جامعی در ارتباط با ساختار ژنتیکی و نیز ترکیب‌پذیری آن رقم جهت استفاده از آن در تلاقی با سایر ارقام مورد نیاز است. یکی از راه‌کارهای دستیابی به این اطلاعات، استفاده از تلاقی‌های دای‌آلل و تحلیل ژنتیکی نتایج حاصل است. به‌طور معمول بر اساس داده‌های حاصل

از تلاقی‌های دای‌آلل، می‌توان علاوه بر ارزیابی ترکیب‌پذیری عمومی هر ژنوتیپ با تمامی ژنوتیپ‌های دیگر و نیز میزان ترکیب‌پذیری خصوصی هر جفت ژنوتیپ (هر دورگ)، وراثت‌پذیری صفات، نوع عمل ژن‌ها و گروه‌ها و الگوهای هتروتنیک را نیز مورد ارزیابی قرار داد (Melani and Carena, 2005; Miranda et al., 2007).

گریفینگ (Griffing, 1956a, b) برای تجزیه داده‌های دای‌آلل چهار روش مجزا ارایه داد که از روش‌های معمول و متداول تحلیل تلاقی‌های دای‌آلل است و تا کنون به‌وسیله محققان مختلفی در گیاهان متفاوتی استفاده شده است. یان و همکاران (Yan et al., 1999)، آثار ژنتیکی وابسته به جنین و اندوسپرم را بر صفات مالت، آلفا و بتا آمیلاز در گیاه جو به‌روش نیمه‌دای‌آلل مطالعه و نتیجه‌گیری کردند که تنوع در این صفات تحت کنترل آثار ژنتیکی و محیطی است. در این مطالعه مشخص شد که سهم بالایی از کنترل ژنتیکی صفات به‌وسیله اثر افزایشی جنینی و غالبیت اندوسپرمی قرار دارد. پسرکلو و همکاران (Pesaraklu et al., 2017) در مطالعه‌ای با هدف ارزیابی وراثت‌پذیری صفات مورفولوژیک در ارقام جو با استفاده از تلاقی دای‌آلل گزارش کردند که وراثت‌پذیری عمومی بیش‌تر صفات مورد بررسی پائین تا متوسط و واریانس غیرافزایشی مهم‌تر از واریانس افزایشی بود. سندر و همکاران (Sener et al., 2000) با آزمایشی که روی تعدادی از ارقام گندم به‌منظور بررسی ساختار ژنتیکی انجام دادند، اعلام کردند که صفت تعداد دانه در سنبله مهم‌ترین صفتی بود که عملکرد را تحت تأثیر قرار داد. ریاض و چاوداری (Riaz and Chowdhry, 2003) نیز با مطالعه تعدادی از صفات کمی گندم در شرایط تنش رطوبتی گزارش کردند که عملکرد و اجزای عملکرد به‌وسیله هر دو نوع آثار افزایشی و غالبیت کنترل می‌شود. طی بررسی که ارشد و چاوداری (Arshad and Chowdhry, 2003) انجام دادند، وجود آثار غالبیت ژن‌ها را تحت شرایط تنش رطوبتی برای صفات ارتفاع گیاه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه و آثار افزایشی را برای تعداد دانه در سنبله گزارش کردند. مصطفوی و همکاران (Mostafavi et al., 2009) نیز در مطالعه‌ای که به‌منظور بررسی ژنتیکی مقاومت به خشکی در گندم نان انجام دادند، بهترین ترکیب شونده‌های عمومی و خصوصی و بهترین تسترها را با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل گرافیکی AMMI و GGE-biplot شناسایی کردند.

انتخاب شدند. صفات زراعی شامل عملکرد دانه (گرم در متر مربع)، عملکرد زیستی (گرم در متر مربع)، شاخص برداشت (درصد)، وزن ۱۰۰ دانه (گرم)، قطر ساقه (میلی متر)، ارتفاع بوته (سانتی متر)، وزن سنبله (گرم)، طول سنبله (سانتی-متر)، طول ریشک (سانتی متر)، طول پدانکل (سانتی متر)، طول و قطر بذر (میلی متر) و روز تا سنبله دهی بودند.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های آزمایش شامل تجزیه واریانس داده‌های دی‌آلل به روش دوم گریفینگ (Griffing, 1956a, b) با استفاده از برنامه رایانه شده توسط ژانگ و همکاران (Zhang *et al.*, 2005) در نرم‌افزار SAS انجام شد. تجزیه بای‌پلات داده‌های دی‌آلل به منظور شناسایی ارقام با بهترین ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی نیز بر اساس روش یان و هانت (Yan and Hunt, 2002) با استفاده از نرم‌افزار GGE-biplot (Yan and Kang, 2003) انجام و نمودارهای مربوطه رسم شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی بر اساس روش دوم گریفینگ تحت شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. در شرایط آبیاری مطلوب، میانگین مربعات ژنوتیپ‌ها به جز صفات شاخص برداشت و ارتفاع بوته و در شرایط تنش خشکی به جز صفات شاخص برداشت، ارتفاع بوته و طول ریشک بقیه صفات معنی‌دار شدند. این موضوع نشان‌دهنده وجود تفاوت‌های ژنتیکی بین ارقام و هیبریدهای جو از نظر صفات مورد بررسی بود. بنابراین می‌توان واریانس بین ژنوتیپ‌ها را به اجزای واریانس افزایشی و غیرافزایشی و یا ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی تفکیک کرد. میانگین مربعات ترکیب‌پذیری عمومی برای تمامی صفاتی که در آن‌ها تفاوت بین ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی معنی‌دار شد، اختلاف معنی‌داری را در هر دو شرایط نشان داد. این موضوع حاکی از وجود آثار افزایشی و غیرافزایشی در کنترل این صفات می‌باشد. نتایج مشابه‌ای توسط محققین مختلف برای جو تحت شرایط تنش خشکی گزارش شده است (Eid, 2010; Amer *et al.*, 2011; Sultan *et al.*, 2016). میسرا و یاداو (Mishra and Yadav, 1994) جهت مطالعه ترکیب‌پذیری شش ژنوتیپ گندم نان از طرح دی‌آلل استفاده کردند. ارقام اچ‌دی ۲۴۷۰ و آ. ۲۰۶ بهترین ترکیب‌پذیری عمومی را برای صفات ارتفاع بوته، عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در سنبله

شرایط محیطی بر ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی ژنوتیپ‌ها، هتروزیس صفات، نحوه عمل ژن و سایر پارامترهای ژنتیکی تأثیرگذار است و سبب تغییر در پاسخ آن‌ها می‌شود و از این رو، ارایه راه‌کارهای مطلوب و مناسب یک ضرورت در جهت بهبود ژنتیکی تمامی صفات به‌ویژه صفات مرتبط با عملکرد است. با توجه به این توضیحات، هدف از انجام این تحقیق، تعیین وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی، ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی، هتروزیس و تعیین تسترهای مناسب برای ارزیابی ارقام بر اساس عملکرد و اجزای عملکرد و سایر صفات مورد بررسی تحت شرایط تنش رطوبتی بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق طی دو سال زراعی (۱۳۹۵ و ۱۳۹۶) اجرا شد. در پاییز سال ۱۳۹۴ والدین شامل ارقام والفجر، ماکویی، کویر، ریحان، گرکان ۴، نصرت و نیمروز کشت و در بهار سال ۱۳۹۵ به صورت تلاقی دی‌آلل یک‌طرفه با یکدیگر تلاقی داده شدند. والدین و دورگ‌های F1 حاصل در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج به صورت دو آزمایش جداگانه تحت شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی کشت و ارزیابی شدند. این منطقه در ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه ۴۸ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. کرج دارای آب و هوای استوایی سرد با میانگین درجه حرارت سالیانه ۱۲/۴ درجه سلسیوس و مجموع بارندگی سالیانه ۲۶۵/۷ میلی‌متر می‌باشد. بر اساس اقلیم‌بندی، دارای اقلیمی حد واسط نیمه‌بیابانی خفیف تا مدیترانه‌ای گرم و خنک می‌باشد. بافت خاک محل اجرای آزمایش از نوع لومی رسی و از نظر مواد آلی نسبتاً غنی است.

هفت واریته جو مورد مطالعه و ۲۱ هیبرید حاصل از تلاقی‌های دی‌آلل یک‌طرفه آن‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کشت شدند. ارقام مورد نظر از نظر بسیاری از صفات زراعی و نیز تحمل به خشکی از تنوع زیادی برخوردار بودند. عملیات زراعی برای آزمایش‌ها به‌طور یکنواخت انجام شد و جهت اعمال تنش خشکی، آبیاری از آغاز مرحله گلدهی قطع شد (Saberi *et al.*, 2015). ارقام مورد بررسی در هر آزمایش، در چهار خط به طول دو متر کشت و فاصله بین خطوط ۴۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در پایان فصل، دو خط وسط بعد از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای کرت‌ها به‌عنوان حاشیه، جهت یادداشت‌برداری

خیرالله (Kheralla, 1994) توارث زودرسی و ارتباط آن را با عملکرد دانه و تحمل به تنش خشکی در گندم ارزیابی و گزارش کرد که اثر افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل زودرسی تحت هر دو شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی نقش داشتند. همچنین در تحقیقات کتاتا و همکاران (Ketata et al., 1976)، جوشی و همکاران (Joshi et al., 2004) و گروس و همکاران (Groos et al., 2004) مشخص شد که در کنترل بسیاری از صفات، نقش آثار افزایشی ژن‌ها محرز بود. با توجه به نظر بیشتر این پژوهشگران جهت تولید ارقام مطلوب گندم از لحاظ کمی و کیفی، می‌توان از تلاقی بین ژنوتیپ‌های کیفی با ژنوتیپ‌های پرمحصول اما متوسط از لحاظ کیفی، بهره برد. نتایج مطالعه حاضر تا حدودی با نتایج محققین دیگر همسو بود، اما با نتایج مطالعات ایگرام و تاناک (Ikram and Tanach, 1991) روی گندم دوروم که برای صفت عملکرد دانه نقش جزء غیرافزایشی و اپیستازی ژن‌ها را مهم‌تر از نقش جزء افزایشی گزارش کردند، مغایرت داشت.

هنگامی که آثار افزایشی ژن‌ها معنی‌دار شود، می‌توان جهت بهبود صفات مربوطه از روش‌های گزینش بهره برد؛ اما زمانی که آثار غیرافزایشی اختلاف معنی‌داری برای صفات نشان داد، امکان استفاده از پدیده هتروزیس برای تولید ارقام هیبرید میسر می‌شود. نتایج این تحقیق تحت هر دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی نشان داد که میزان هتروزیس نسبت به میانگین والدین برای کلیه صفات مورد مطالعه در بیش‌تر تلاقی‌ها مثبت بود. هیبریدهای نسل اول با توجه به مثبت بودن هتروزیس به سمت والد دارای مقدار بیش‌تر صفت گرایش داشتند. بررسی میزان هتروزیس صفات مختلف نشان داد که متوسط میزان برتری هیبریدها نسبت به میانگین والدین (متوسط هتروزیس) در صفات عملکرد زیستی و عملکرد دانه تحت هر دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی بیش‌تر از سایر صفات مورد مطالعه بود، به طوری که هتروزیس متوسط برای عملکرد زیستی تحت شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی به ترتیب ۲۲۸/۰۸ و ۱۲۹/۳۳ و برای عملکرد دانه در کرت به ترتیب ۸۱/۰۷ و ۷۸/۸۷ بود.

و طول سنبله نشان دادند. همچنین سهم بیش‌تر واریانس افزایشی در کنترل این صفات تایید شد.

اثر ترکیب‌پذیری خصوصی در شرایط آبیاری مطلوب برای کلیه صفات به جز طول بذر، قطر ساقه، شاخص برداشت و ارتفاع بوته، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، این اثر در شرایط تنش خشکی علاوه بر صفات غیرمعنی‌دار در شرایط آبیاری مطلوب، در صفات عملکرد دانه در کرت، روز تا سنبله‌دهی، وزن سنبله و قطر بذر نیز غیرمعنی‌دار شد و سایر صفات باقی‌مانده در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری نشان دادند. موسوی و همکاران (Mousavi et al., 2007) و حسنی و همکاران (Hasani et al., 2006) در آزمایش‌های خود در گندم نشان دادند که میانگین مربعات ترکیب‌پذیری خصوصی صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله و طول پدانکل اختلاف معنی‌داری ندارند. طی آزمایشی که سلطان و همکاران (Sultan et al., 2016) به منظور ارزیابی ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی عملکرد و اجزای عملکرد در شش ژنوتیپ جو انجام دادند، مشخص شد که تنش آبی سبب کاهش میانگین تمامی صفات مورد مطالعه (ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد دانه در خوشه، تعداد خوشه در گیاه، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه) در والدین و هیبریدهای آن‌ها شد.

تحت شرایط آبیاری مطلوب، بر اساس ارزیابی نسبت بیکر، نقش آثار غیرافزایشی در کنترل صفات قطر بذر (۰/۰) و طول ریشک (۰/۳۳) بسیار موثرتر از آثار افزایشی بود، در حالی که در صفات طول پدانکل (۰/۵۰) و وزن صد دانه (۰/۵۸)، نقش جزء افزایشی و جزء غالبیت یکسان و در سایر صفات مورد مطالعه (روز تا سنبله‌دهی، طول سنبله، عملکرد دانه در کرت، عملکرد زیستی، طول بذر، وزن سنبله و قطر ساقه)، نقش جزء افزایشی بیش‌تر از جزء غیرافزایشی بود. نسبت بیکر تحت شرایط تنش رطوبتی نیز نشان داد که در کنترل صفت طول پدانکل تأثیر جز غیرافزایشی مهم‌تر از جزء افزایشی است، در حالی که برای صفت عملکرد زیستی نقش آثار افزایشی و غیرافزایشی یکسان و برای سایر صفات مورد مطالعه، این نسبت نزدیک به یک بود که نشان‌دهنده نقش بیش‌تر آثار افزایشی ژن‌ها بود.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی بر پایه روش دوم گریفینگ و برآورد پارامترهای ژنتیکی تحت شرایط آبیاری مطلوب در هفت رقم جو

Table 1. Analysis of variance of the studied traits based on the second Griffing's method and estimating the genetic parameters under normal irrigation conditions in seven barley cultivars

Source of variations	df	Mean squares										
		Grain yield	Biological yield	Days to flowering	Spike length	Spike weight	Awn length	100 kernel weight	Stem diameter	Grain length	Grain diameter	Peduncle length
Block	2	699.238 ^{ns}	5569.449 ^{ns}	41.583 ^{ns}	0.543 ^{ns}	0.919 ^{ns}	5.980 ^{**}	1.33 ^{**}	1.365 ^{**}	0.046 ^{ns}	0.38 ^{ns}	23.82 [*]
Genotype	27	20705.968 ^{**}	160821.392 ^{**}	61.293 ^{**}	4.211 ^{**}	1.786 ^{**}	3.360 ^{**}	0.718 ^{**}	0.626 ^{**}	0.722 ^{**}	0.043 ^{**}	27.619 ^{**}
General combining ability	6	68846.756 ^{**}	531069.356 ^{**}	166.956 ^{**}	13.849 ^{**}	5.935 ^{**}	11.75 ^{**}	1.964 ^{**}	2.073 ^{**}	2.176 ^{**}	0.047 ^{**}	60.325 ^{**}
Specific combining ability	21	6951.457 ^{**}	55036.259 ^{**}	31.103 [*]	1.457 ^{**}	0.601 [*]	4.966 ^{**}	0.362 ^{**}	0.213 ^{ns}	0.307 ^{ns}	0.042 ^{**}	18.274 [*]
Error	54	2703.812	22073.793	14.991	0.522	0.332	1.928	0.111	0.147	0.205	0.02	9.008
Average heterosis	-	81.067	228.081	3.921	0.485	0.062	1.454	0.346	0.097	0.102	0.108	2.758
Baker ratio	-	0.76	0.76	0.65	0.75	0.82	0.33	0.58	0.86	0.80	0.00	0.50
Broad sense heritability	-	0.87	0.87	0.75	0.88	0.87	0.72	0.86	0.81	0.75	0.59	0.70
Narrow sense heritability	-	0.72	0.71	0.50	0.66	0.72	0.35	0.57	0.67	0.54	0.13	0.39

^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی بر پایه روش دوم گریفینگ و برآورد پارامترهای ژنتیکی تحت شرایط تنش خشکی در هفت رقم جو

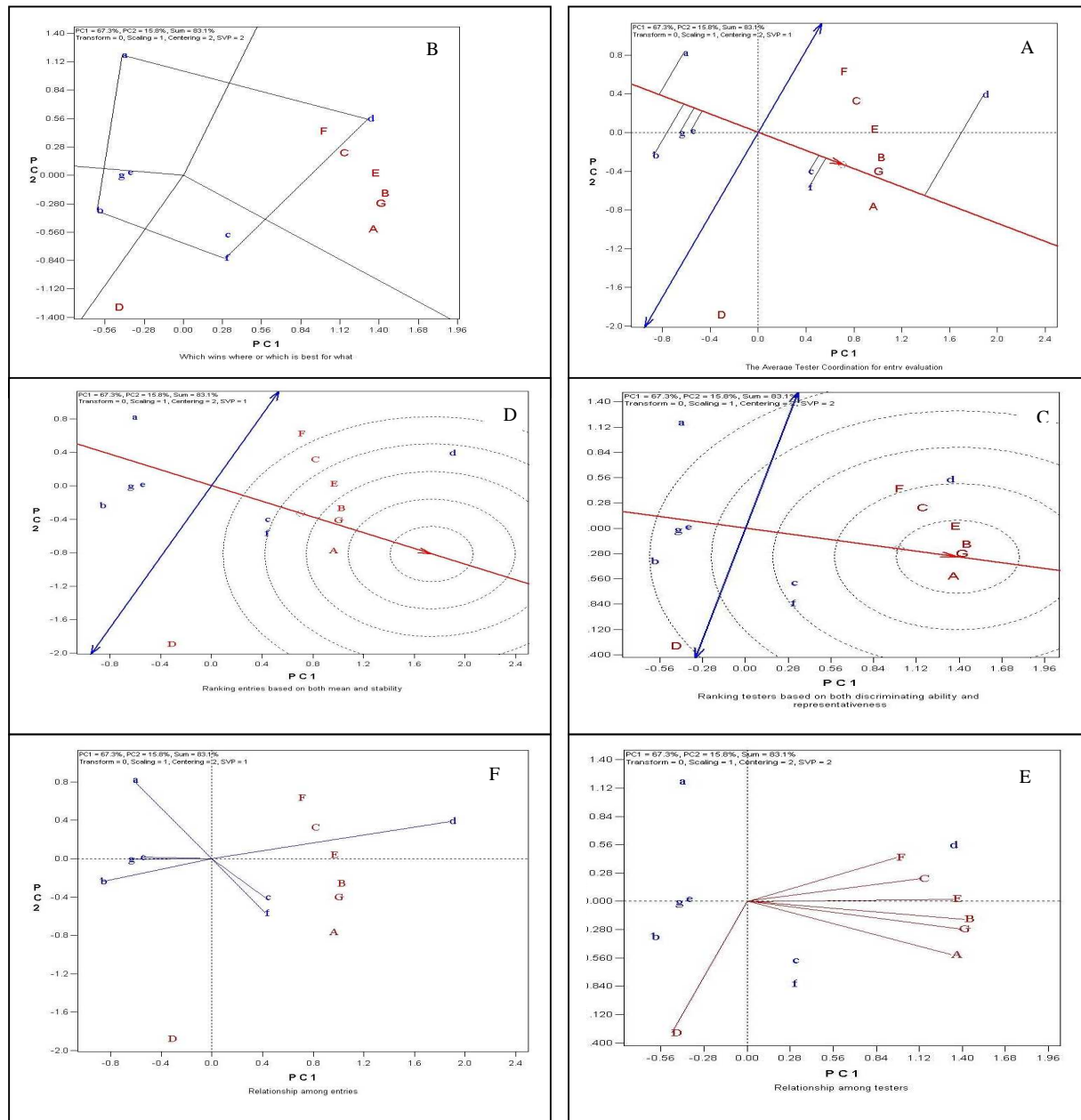
Table 1. Analysis of variance of the studied traits based on the second Griffing'd method and estimating the genetic parameters under drought stress conditions in seven barley cultivars

Source of variations	df	Mean squares									
		Biological yield	Days to flowering	Spike length	Spike weight	Awn length	100 kernel weight	Stem diameter	Grain length	Grain diameter	Peduncle length
Block	2	9332.303 ^{ns}	342623.681 ^{**}	10.75 ^{ns}	0.951 ^{ns}	0.846 ^{ns}	0.022 ^{ns}	0.147 ^{ns}	0.066 ^{ns}	0.016 ^{ns}	4.69 ^{ns}
Genotype	27	12073.061 [*]	48162.982 ^{**}	53.366 [*]	4.185 ^{**}	1.632 ^{**}	1.244 ^{**}	0.366 ^{**}	1.048 ^{**}	0.089 ^{**}	41.358 ^{**}
General combining ability	6	33496.829 ^{**}	114451.655 ^{**}	121.956 ^{**}	14.044 ^{**}	5.160 ^{**}	3.722 ^{**}	1.093 ^{**}	3.076 ^{**}	0.143 ^{**}	74.202 ^{**}
Specific combining ability	21	5951.984 ^{ns}	29223.361 ^{**}	33.769 ^{ns}	1.368 [*]	0.628 ^{ns}	0.537 ^{**}	0.158 ^{ns}	0.469 ^{ns}	0.022 ^{ns}	31.974 [*]
Error	54	6492.623	11068.036	31.75	0.744	0.378	0.196	0.121	0.281	0.017	17.004
Average heterosis	-	78.868	129.33	4.269	0.25	0.047	0.38	0.041	0.149	0.039	2.389
Baker ratio	-	1.09	0.51	0.91	0.83	0.80	0.94	0.85	0.76	0.80	0.39
Broad sense heritability	-	0.57	0.79	0.51	0.83	0.78	0.81	0.71	0.79	0.72	0.69
Narrow sense heritability	-	0.51	0.53	0.36	0.67	0.57	0.52	0.51	0.58	0.57	0.36

^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

نمودار بای پلات داده‌های دی‌آلل عملکرد دانه برای ارقام مورد بررسی تحت شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی در شکل‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. در این نمودارها حروف کوچک موقعیت هر رقم یا لاین و حروف بزرگ موقعیت تسترها را نشان می‌دهد. در این روش هر ژنوتیپ یا والد هم به‌عنوان لاین و هم به‌عنوان تستر در نظر گرفته می‌شود (Yan and Hunt, 2002). موقعیت میانگین تسترها با دایره نشان داده شده است. نمودار GGE بای پلات در شرایط آبیاری مطلوب ۸۳/۱ درصد و در شرایط تنش خشکی ۸۶/۵ درصد از واریانس داده‌ها را توجیه کرد (شکل-های ۱ و ۲). در شکل‌های A-۱ و A-۲ ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی ژنوتیپ‌ها با استفاده از موقعیت میانگین تسترها در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی نشان داده شده است. برای این کار از مبدأ مختصات خطی به میانگین تسترها اتصال و به دو طرف ادامه می‌یابد تا دیواره‌های نمودار را قطع کند، این خط، بردار میانگین تسترها نامیده می‌شود. ژنوتیپ‌هایی که در انتهای مثبت آن قرار دارند، دارای بیش‌ترین ترکیب‌پذیری عمومی و ژنوتیپ‌هایی که در انتهای منفی آن قرار دارند، کم‌ترین ترکیب‌پذیری عمومی را دارند. بنابراین، در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی، لاین‌ها از نظر ترکیب‌پذیری عمومی به ترتیب شامل $a > b > g > e > c > f > d$ بودند. فاصله هر لاین از بردار میانگین تسترها، ترکیب‌پذیری خصوصی آن را تخمین می‌زند. این شاخص تمایل هر لاین با لاین‌های دیگر جهت تولید هیبرید بهتر را مشخص می‌کند. به این ترتیب، تحت شرایط آبیاری مطلوب، ارقام d و $a \approx b$ و تحت شرایط تنش خشکی، ارقام d و f دارای ترکیب‌پذیری خصوصی بالاتری نسبت به سایر لاین‌ها بودند. محور میانگین تسترها در این روش معیاری جهت تقسیم‌بندی لاین‌ها به گروه‌های هتروتیک است. لاین‌های هر طرف این خط داخل یک گروه قرار می‌گیرند. به این ترتیب، دو گروه هتروتیک مشخص شد. در شرایط بدون تنش، ارقام d, c, e, g و b در گروه اول و ارقام a و d در گروه دوم و در شرایط تنش خشکی، ارقام d, f, c, g, b و a در گروه اول و ارقام e و d در گروه دوم قرار گرفتند و لاین d چون روی بردار میانگین تسترها قرار دارد، در هیچ‌کدام از گروه‌ها قرار نگرفت. یان و هانت (Yan and Hunt, 2002) نیز داده‌های مربوط به تلاقی دی‌آلل هفت ژنوتیپ گندم را از نظر مقاومت به فوزاریوم بررسی و با استفاده از روش بای پلات آن‌ها را به دو گروه هتروتیک تقسیم کردند.

نتایج وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی صفات مورد بررسی برای هر یک از شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. وراثت‌پذیری عمومی نسبتی از واریانس فنوتیپی است که به‌وسیله ژنوتیپ‌ها تبیین می‌شود و وراثت‌پذیری خصوصی نسبتی از واریانس فنوتیپی است که به نتایج منتقل می‌شود و میزان شباهت نتایج به والدین را نشان می‌دهد. بالاترین میزان وراثت‌پذیری عمومی تحت شرایط بدون تنش رطوبتی مربوط به طول سنبله با میزان ۸۸ درصد و بعد از آن مربوط به صفات عملکرد دانه در کرت (۸۷ درصد)، عملکرد زیستی (۸۷ درصد)، وزن سنبله (۸۷ درصد) و وزن صد دانه (۸۶ درصد) بود. کم‌ترین میزان وراثت‌پذیری عمومی نیز مربوط به قطر دانه بود. تحت همین شرایط، بیش‌ترین وراثت‌پذیری خصوصی به عملکرد دانه در کرت و وزن سنبله با مقادیر مشترک ۷۲ درصد تعلق داشت. کم‌ترین میزان وراثت‌پذیری عمومی نیز مربوط به قطر دانه (۱۳ درصد) بود. تحت شرایط تنش خشکی، طول سنبله بیش‌ترین میزان وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی را به ترتیب به میزان ۸۳ و ۶۷ درصد به خود اختصاص داد. کم‌ترین میزان وراثت‌پذیری عمومی در این شرایط متعلق به روز تا سنبله‌دهی (۵۱ درصد) بود. علاوه بر صفت روز تا سنبله‌دهی، صفت طول پدانکل نیز دارای کم‌ترین وراثت‌پذیری بود. هر دو صفت نام‌برده با میزان ۳۶ درصد کم‌ترین میزان وراثت‌پذیری خصوصی را به خود اختصاص دادند. دنسیک و همکاران (Dencic et al., 2000) در مطالعه ارقام گندم در دو محیط تنش خشکی و بدون تنش خشکی دریافتند که میزان وراثت‌پذیری عملکرد در محیط بدون تنش خشکی بیش‌تر از محیط تنش است. آن‌ها همچنین گزارش کردند که برای افزایش عملکرد گندم تحت شرایط تنش، گزینش در یک محیط (تنش یا بدون تنش) کافی نیست، بلکه باید گزینش در هر دو محیط انجام شود. در مطالعه‌ای که توسط باقی‌زاده و همکاران (Baghizadeh et al., 2004) به‌منظور تجزیه ژنتیکی نسل‌های مختلف جو انجام شد، وراثت‌پذیری عمومی برای صفت طول سنبله معادل ۸۰ درصد تخمین زده شد که با نتایج به‌دست آمده از مطالعه حاضر در یک راستا قرار گرفت. پسرکلو و همکاران (Pesaraklu et al., 2017) نیز میزان وراثت‌پذیری عمومی صفات وزن هزار دانه، وزن سنبله، تعداد دانه در سنبله، طول پدانکل و طول سنبله را در ارقام جو به ترتیب ۸۶، ۶۹/۳، ۸۶/۶، ۶۷/۷ و ۶۲ درصد گزارش کردند.



شکل ۱- نمودار GGE-biplot داده‌های دای‌آل برای صفت عملکرد دانه هفت رقم جو تحت شرایط آبیاری مطلوب (A). نمایش موقعیت لاین‌ها، تسترها و میانگین تسترها، (B) نمایش چندوجهی و موقعیت لاین‌ها و تسترها، (C) رتبه‌بندی تسترها بر اساس بهترین تستر، (D) رتبه‌بندی ارقام بر اساس بهترین رقم، (E) ترسیم محور میانگین تسترها جهت تعیین روابط بین آن‌ها، (F) ترسیم محور میانگین ارقام جهت تعیین روابط بین آن‌ها. حروف بزرگ نشان‌دهنده لاین‌ها و حروف کوچک نشان‌دهنده تسترها هستند. دایره نیز موقعیت میانگین تسترها را نشان می‌دهد. کد و نام ارقام عبارت است از: A گرگان ۴، B ریحان، C کویر، D نصرت، E نیمروز، F والفجر و G ماکویی.

Figure 1. GGE-biplot graph of the diallel data for grain yield of the seven barley cultivars under optimum irrigation conditions. A) Average-tester coordination (AEC) view of the cultivars and testers, B) Polygon view of the biplot show the cultivars and testers position, C) Ranking of testers based on ideal tester, D) Ranking of cultivars based on ideal cultivar, E) Draw the middle axis of the tester to determine the relationship between them, F) Draw the middle axis of the cultivars to determine the relationships between them. The uppercase lowercase letters represent the lines and tester, respectively. The circle shows the average position of the testers. The code and name of the cultivars are including: A, Gorgon 4; B, Reihan; C, Kavir; D, Nosrat; E, Nimroz; F, Valfajr; G, Makuei.

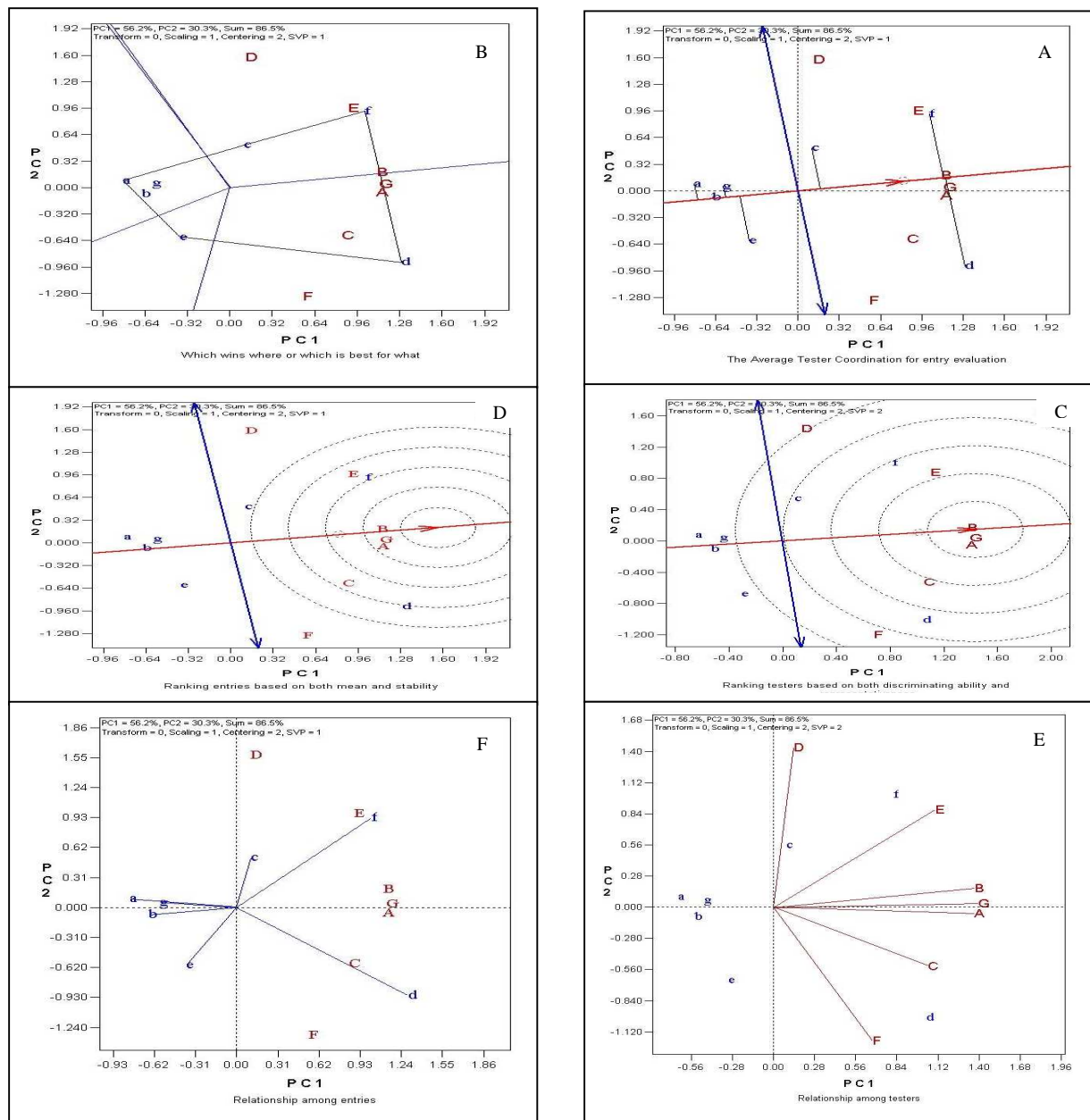
بسیار هتروتیک می‌باشد. همچنین، این توضیح در مورد ارقام F و D نیز صدق می‌کند. نمودار بای‌پلات جهت رتبه‌بندی تسترها بر اساس بهترین تستر در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی در شکل ۱-C و ۲-C نشان داده شده است. بهترین تستر باید دارای عملکرد بالا و پایدار باشد و به عبارت دیگر دارای ترکیب‌پذیری عمومی خوبی باشد. بر این اساس، موقعیت بهترین تستر در این شکل با علامت پیکان مشخص شده است. به مرکزیت تستر ایده‌آل دواپر هم‌مرکزی رسم و تسترهایی که به مرکز نزدیک‌تر می‌باشند، تسترهای مناسب‌تری هستند. بر این اساس، ترتیب تسترها در شرایط بدون تنش $G > B > A > E > C > F > D$ و در شرایط تنش خشکی $B > G > A > C \approx E > F > D$ بود. شکل‌های ۱-D و ۲-D جهت رتبه‌بندی بهترین ارقام تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی استفاده می‌شوند. بهترین رقم باید دارای عملکرد بالا و نیز پایدار باشد. موقعیت بهترین رقم در این شکل با علامت پیکان مشخص شده است. به مرکزیت رقم ایده‌آل دواپر هم‌مرکزی رسم و ارقامی که به مرکز نزدیک‌تر می‌باشند، ارقام مناسب‌تری هستند. بر این اساس، ترتیب ارقام تحت شرایط آبیاری مطلوب $d > f > c > e > a > g > b$ و تحت شرایط تنش خشکی $f > d > c > e > g > b > a$ می‌باشد.

شکل‌های ۱-E و ۲-E جهت تعیین تسترهای مناسب از نظر عملکرد بالا و قدرت آن‌ها در تمایز لاین‌ها تحت هر دو شرایط نرمال و تنش خشکی استفاده می‌شوند. محور هر تستر که در این شکل رسم شده است، معیاری برای همین موضوع می‌باشد. زاویه بین محور هر تستر و محور میانگین تسترها هر چه کوچک‌تر باشد، آن تستر از عملکرد بالاتری برخوردار است. بر این اساس، تحت شرایط آبیاری مطلوب، تسترهای A، B و G از عملکرد بالاتری برخوردار بودند. طول محور هر تستر نیز قدرت تستر را در جداسازی لاین‌ها نشان می‌دهد، به طوری که هر قدر این محور بلندتر باشد، تستر مربوطه از قدرت تمایز بیشتری برخوردار است. بنابراین، تسترهای A، B، D و G قدرت تمایز بیشتری نسبت به سایر تسترها داشتند. تحت شرایط تنش خشکی، تسترهای A، B و G از عملکرد بالاتری برخوردار بودند. بررسی طول محور تسترها نیز تحت این شرایط نشان داد که تسترهای D، E، G و F نسبت به سایر تسترها قدرت تمایز بیشتری داشتند.

این محققین همچنین ۱۰ لاین اینبرد ذرت را از نظر مقاومت به کرم ساقه‌خوار ذرت ارزیابی کردند و ضمن تعیین ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی لاین‌ها، بهترین ترکیب‌ها را جهت تولید ارقام هیبرید مشخص و دو گروه هتروتیک پیشنهاد کردند.

نمایش چندوجهی نمودار دو بعدی (شکل‌های ۱ و ۲ B) روش بسیار مناسبی جهت بررسی الگوها و تفسیر برهمکنش بین ژنوتیپ‌ها و تسترها می‌باشد. این چندوجهی از طریق وصل کردن ژنوتیپ‌هایی که بیش‌ترین فاصله را از مبدأ مختصات دارند، حاصل می‌شود، به طوری سایر لاین‌ها داخل این چندوجهی قرار می‌گیرند. از مبدأ بر هر ضلع چندوجهی خطی عمود می‌شود، به نحوی که شکل را به چند بخش تقسیم می‌کند. به این ترتیب، هر لاین و هر تستر ناگزیر داخل یکی از این بخش‌ها قرار می‌گیرد. ویژگی جالب توجه این چندوجهی این است که هر تستر در همان بخشی قرار می‌گیرد که بهترین لاین‌های ترکیب‌شونده با آن قرار گرفته‌اند. در بین ژنوتیپ‌هایی که در یک بخش واقع می‌شوند، بهترین ژنوتیپ ترکیب‌شونده با تسترهای آن ژنوتیپی است که در رأس چندوجهی در همان بخش قرار گرفته است. لاین‌هایی که در گوشه‌های چندوجهی قرار گرفته‌اند، بهترین ترکیب‌شونده‌ها با تسترهای بخش مربوطه و ضعیف‌ترین ترکیب‌شونده‌ها با تسترهای سایر بخش‌ها هستند. لاین‌هایی که نزدیک مبدأ قرار می‌گیرند، ترکیب‌پذیری ضعیفی با تمام تسترها دارند و واکنش قابل توجهی نسبت به عوض شدن تستر نشان نمی‌دهند (Yan and Hunt, 2002).

تحت شرایط آبیاری مطلوب، لاین‌های f، c و d همراه با تسترهای A، B، C، E، F و G در یک بخش قرار گرفته‌اند. این موضوع ترکیب‌پذیری مناسب و مطلوب آن‌ها را نشان می‌دهد. از دیگر تلاقی‌هایی که هتروزیس زیادی نشان دادند، تلاقی $A \times D$ است. تحت شرایط تنش خشکی، لاین‌های f، c همراه با تسترهای B، E، D و لاین d همراه با تسترهای A، C، F و G در یک بخش قرار گرفته‌اند. این موضوع نیز نشان‌دهنده ترکیب‌پذیری خوب آن‌ها می‌باشد. از دیگر تلاقی‌هایی که هتروزیس زیادی نشان می‌دهند، تلاقی $F \times B$ است. لاین c و تستر D در یک بخش قرار گرفته‌اند و برعکس لاین d با تستر C در بخش دیگر با هم هستند. این وضعیت نشان می‌دهد که بین ارقام C و D ترکیب‌پذیری بسیار زیادی وجود دارد و هیبرید بین آن‌ها



شکل ۲- نمودار دو بعدی داده‌های دای آلل برای صفت عملکرد دانه هفت رقم جو تحت شرایط تنش خشکی. (A) نمایش موقعیت لاین‌ها، تسترها و میانگین تسترها، (B) نمایش چندوجهی و موقعیت لاین‌ها و تسترها، (C) رتبه‌بندی تسترها بر اساس بهترین تستر، (D) رتبه‌بندی ارقام بر اساس بهترین رقم، (E) ترسیم محور میانگین تسترها جهت تعیین روابط بین آن‌ها، (F) ترسیم محور میانگین ارقام جهت تعیین روابط بین آن‌ها. حروف بزرگ نشان‌دهنده لاین‌ها و حروف کوچک نشان‌دهنده تسترها هستند. دایره نیز موقعیت میانگین تسترها را نشان می‌دهد. کد و نام ارقام عبارت است از: A گرگان ۴، B ریحان، C کویر، D نصرت، E نیمروز، F والفجر و G ماکویی.

Figure 2. GGE-biplot graph of the diallel data for grain yield of the seven barley cultivars under drought stress conditions. A) Average-tester coordination (AEC) view of the cultivars and testers, B) Polygon view of the biplot show the cultivars and testers position, C) Ranking of testers based on ideal tester, D) Ranking of cultivars based on ideal cultivar, E) Draw the middle axis of the tester to determine the relationship between them, F) Draw the middle axis of the cultivars to determine the relationships between them. The uppercase lowercase letters represent the lines and tester, respectively. The circle shows the average position of the testers. The code and name of the cultivars are including: A, Gorgon 4; B, Reihan; C, Kavir; D, Nosrat; E, Nimroz; F, Valfajr; G, Makuei.

خشکی است. نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر نشان داد که تفاوت معنی‌داری در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه جو از لحاظ عملکرد و سایر صفات تحت هر دو شرایط تنش (به‌جز شاخص برداشت، ارتفاع بوته و طول ریشک) و بدون تنش (به‌جز شاخص برداشت و ارتفاع بوته) و نیز از نظر میزان تحمل به تنش خشکی وجود داشت. نتایج ارزیابی ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها در این تحقیق نشان داد که به‌ترتیب لاین‌های نصرت، والفجر، کویر، نیمروز، ماکویی، ریحان و گرگان ۴ تحت هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی دارای ترکیب‌پذیری عمومی بالاتری بودند. از نظر ترکیب‌پذیری خصوصی نیز لاین‌های نصرت، ریحان و گرگان ۴ تحت شرایط بدون تنش و لاین‌های نصرت و والفجر تحت شرایط تنش خشکی دارای ترکیب‌پذیری خصوصی بالاتری نسبت به سایر لاین‌ها بودند.

در نهایت از شکل‌های $F-1$ و $F-2$ جهت تعیین ارقام مناسب از نظر عملکرد بالا تحت شرایط نرمال و تنش خشکی استفاده می‌شود. محور هر رقم که در این شکل رسم شده است، معیاری برای تعیین ارقام با عملکرد بالا است، به‌طوری‌که هر قدر زاویه بین محور هر رقم با محور میانگین ارقام کوچک‌تر باشد، آن رقم از عملکرد بالاتری برخوردار است. بر این اساس، ارقام c و g تحت شرایط آبیاری مطلوب و ارقام a ، b و g تحت شرایط تنش خشکی از عملکرد بالاتری برخوردار بودند.

نتیجه‌گیری کلی

از آنجایی که کشور ایران در ناحیه خشک و نیمه‌خشک جهان قرار گرفته است، اهمیت مطالعه خشکی در آن دو چندان می‌شود. تولید و آزادسازی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی یکی از راه‌کارهای کاهش خسارات ناشی از تنش

References

- Amer, Kh. A., Eid, A. A., El-Sayed, M. M. A. and El-Akhdar, A. A. 2012. Estimation of some genetic parameters for yield and its components in some barley genotypes. **Egyptian Journal of Agricultural Research** 90 (4): 117-130.
- Arshad, M. and Chowdhry, M. S. 2003. Genetic behavior of wheat under irrigated and drought stress environment. **Asian Journal of Plant Science** 2: 58-64.
- Baghizadeh, A., Taleei, A., Naghavi, M. R. and Zeinalu, H. 2004. An evaluation of inheritance for some quantitative traits in barley using generation mean analysis. **Iranian Journal of Agricultural Science** 35: 851-857. (In Persian with English Abstract).
- Dencic, S., Kastori, R., Kobiljski, B. and Duggan, B. 2000. Evaluation of grain yield and its componenets in wheat cultivares and landrace under near optimal and drought conditions. **Euphytica** 113: 43-52.
- Eid, A. A. 2010. The genetic behavior for salinity tolerance in some barley genotypes. **Egyptian Journal of Agricultural Research** 88 (1): 67-86.
- Griffing, B. 1956a. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences** 9: 463-493.
- Griffing, B. 1956b. A generalized treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. **Heredity** 10: 31-50.
- Groos, C., Bervas, E. and Charmet, G. 2004. Genetic analysis of grain protein content, grain hardness and dough rheology in hard x hard bread wheat progeny. **Journal of Cereal Science** 40: 93-100.
- Hasani, M., Saiedi, G. and Rezaei, A. 2006. Estimation of genetics parameters and combining ability for grain yield and yield components in bread wheat. **Agricultural and Natural Resources Science and Technology Journal** 9 (1): 157-170. (In Persian with English Abstract).
- Ikram, U. H. and Tanach, L. 1991. Diallel analysis of grain yield and other agronomic traits in durum wheat. **Rachis** 10: 8-13.
- Joshi, S. K., Sharma, S. N., Sighania, D. L. and Sain, R. S. 2004. Combining ability in the F1 and F2 generations of diallel cross in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.). **Hereditas** 141 (2): 115-121.
- Ketata, H., Edwards, L. H. and Smith, E. L. 1976. Inheritance of eight agronomic characters in a winter wheat cross. **Crop Science** 16: 19-22.
- Kheralla, K. A. 1994. Inheritance of earliness and its relation with yield and drought tolerance in spring wheat. **Australian Journal of Agriculture Science** 25: 129-145.
- Melani, M. D. and Carena, M. J. 2005. Alternative maize heterotic patterns for the northern corn belt. **Crop Science** 45: 2186-2194.

- Ministry of Agriculture-Jahad. 2016.** Agricultural statistics of the 2014-2015 year. Vol 1. Crop plants. Ministry of Agriculture-Jahad. [www.http://amar.maj.ir](http://amar.maj.ir). (In Persian).
- Miranda, G. V., Souza, L. V., Galvao, J. C. C., Guimaraes, L. J. M., Melo, A. V. and Santos, I. C. 2007.** Genetic variability and heterotic groups of Brazilian popcorn populations. *Euphytica* 162: 431-440.
- Mishra, R. K. and Yadav, K. 1994.** Combining ability analysis in late sown wheat. *Plant Breeding Abstract* 64: 1402.
- Mostafavi, K., Mirzaei, R., Bihamta, M. R., Changizi, M., and Babaei, T. 2009.** Genetic investigation of resistance to drought stress in bread wheat using graphical methods: GGE bi-plot and AMMI model. *Journal of Environmental Stresses in Agricultural Sciences* 2 (2): 99-108. (In Persian with English Abstract).
- Mousavi, S. S., Yazdi Samadi, B., Zali, A. and Bihamta, M. R. 2007.** Genetic analysis of quantitative traits in bread wheat under normal and drought stress conditions. *Seed and Plant Journal* 23 (4): 587-601. (In Persian with English Abstract).
- Pesaraku, S., Soltanloo, H., Ramazanpour, S. and Kalateh Arabi, M. 2017.** Study of the Inheritability of morphological traits in some barley genotypes (*Hordeum vulgare*) by analysis diallel crosses. *Journal of Crop Breeding* 9 (22): 41-52. (In Persian with English Abstract).
- Riaz, R. and Chowdhry, M. A. 2003.** Genetic analysis of some economic traits of wheat under drought condition. *Asian Journal of Plant Science* 2: 790-796.
- Saberi, M. H., Nikkhah, H. R., Tajalli, H. and Arazmjo, E. 2015.** Effects of terminal season drought stress on yield and choosing best tolerance indices in promising lines of barley. *Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi)* 107:124-132. (In Persian with English Abstract).
- Sener, O., Kilicin, M. and Yagbasanlar, T. 2000.** Estimates of inheritance of some agronomical characters in common wheat by diallel cross analysis. *Turkish Journal of Agriculture Forest* 24: 121-127.
- Sultan, M. S., Abdel-Moneam, M. A. and Hafez, S. H. 2016.** Estimation of combining ability for yield and its components in barley under normal and stress drought condition. *Journal of Plant Production* 7 (6): 553-558.
- Yadavi, A. 1999.** Evaluation of effective physiological indices for evaluation of drought tolerance in different barley varieties. M. Sc. Dissertation. pp: 86-195. (In Persian with English Abstract).
- Yan, W. and Hunt, L. A. 2002.** Biplot analysis of diallel data. *Crop Science* 42: 21-30.
- Yan, W. and Kang, M. S. 2003.** GGE biplot analysis. A Graphical Tool for Breeders, Geneticists, and agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Yan, X., Zhu, J., Xu, S. H. and Xu, Y. 1999.** Genetic effects of embryo and endosperm for four malting quality traits of barley. *Euphytica* 106: 27-34.
- Zhang, Y., Kang, M. S. and Lamkey, R. R. 2005.** DIALLEL-SAS05: A comprehensive program for Griffing's and Gardner- Eberhart analyses. *Agronomy Journal* 97: 1097-1106.



University of Guilan
Faculty of Agricultural
Sciences

Cereal Research
Vol. 8, No. 3, Autumn 2018 (397-408)

Genetic analysis of important agronomic traits in some of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars under normal and drought stress conditions

Ali Saremi Rad¹ and Khodadad Mostafavi^{2*}

Received: May 11, 2018

Accepted: October 8, 2018

Abstract

In this research, the genetic analysis of some of the important agronomic traits in a number of barley cultivars was investigated under favorable irrigation (non-stress) and drought stress conditions using Griffing's second method and GGE-biplot. The plant materials consisted of seven barley cultivars (Valfajr, Makuei, Kavir, Reyhan, Gorgan-4, Nosrat and Nimrouz) and 21 hybrids derived from their half diallel crosses that were evaluated using a randomized complete block design with three replications under two favorable irrigation and drought stress conditions in 2015-2016. Genotypic mean squares for all studied traits except for harvest index and plant height under normal irrigation conditions and harvest index, plant height and awn length under drought stress conditions were significant. Specific combining ability (SCA) was also significant for all traits except for stem diameter and seed length under normal conditions and biological yield, spike length, 100-grain weight and peduncle length under drought stress conditions. GGE biplot graph for grain yield explained 83.1% and 86.5% of total variance under favorable irrigation and drought stress conditions, respectively. Evaluating the general combining ability (GCA) of the studied lines under both favorable irrigation and drought stress conditions showed that Nusrat, Valfajr, Kavir, Nimrouz, Makuei, Reyhan and Gorgan-4 lines had the higher GCA, respectively. Assessing the SCA also showed that Nosrat, Reyhan and Gorgan-4 lines under favorable irrigation conditions and Nosrat and Valfajr lines under drought stress conditions had the higher SCA than the other lines. Also, Valfajr × Nosrat and Kavir × Nosrat hybrids under favorable irrigation conditions and Valfajr × Nimrouz and Kavir × Nosrat hybrids under drought stress conditions were the best hybrids in this research.

Keywords: Biplot, Combining ability, Diallel analysis, Grain yield

1. Ph. D. Student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Young Researchers and Elite Club, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

2. Assoc. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

* Corresponding author: mostafavi@kiaiu.ac.ir