doi: 10.22124/c.2019.12681.1471

دانشگاه گیلان
دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات

دوره هشتم/ شماره چهارم/ زمستان ۱۳۹۷ (۴۵۴-۴۴۳)

بررسی ژنتیکی عملکرد گندم و صفات وابسته به آن با استفاده از تجزیه دای‌آلل تحت شرایط تنش خشکی

محمد ضابط[۱*]، امیر ابراهیم‌زاده[۲]، زهره علیزاده[۳]و علیرضا صمدزاده[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۹/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۰

چکیده

افزایش عملکرد دانه مهم‌ترین هدف به‌نژادگران در گندم است. از آنجا که عملکرد دانه دارای توارث پلی‌ژنتیک است، مطالعه آن مشکل است. بر این اساس، به‌نژادگران غالباً از اجزای عملکرد برای بهبود آن استفاده می‌کنند. جهت بررسی ژنتیکی عملکرد و صفات وابسته به آن در گندم، آزمایشی در قالب طرح دی‌آلل ۷×۷ یک‌طرفه تحت شرایط تنش خشکی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه بیرجند طی سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. ژنوتیپ‌ها شامل هفت والد (الوند، آنفارم۹، چمران۲، بک‌کراس روشن، قدس، افق و رقم محلی سرخ‌دانه) و ۲۱ دورگ حاصل از آن‌ها طی سال زراعی ۹۶- ۹۵ کشت شدند. تجزیه واریانس نشان داد که در کلیه صفات بین ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌دار وجود داشت. تجزیه دای‌آلل با روش گریفینگ نشان داد که اثرات GCA و SCA برای کلیه صفات به استثنای شاخص برداشت معنی‌دار بود. تجزیه دای‌آلل به روش هیمن نیز نشان داد که جزء a (واریانس افزایشی)، جزء b (واریانس غالبیت)، جزء b_2 (فراوانی نابرابر آلل‌های غالب و مغلوب) و جزء b_3 (ترکیب‌پذیری خصوصی) در بیش‌تر صفات معنی‌دار بود. جزء b_1 (هتروزیس) نیز در همه صفات به‌جزء شاخص برداشت، طول پدانکل، عملکرد زیستی، وزن ساقه و وزن سنبله معنی‌دار شد و بنابراین هتروزیس برای این صفات وجود داشت. در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که رقم محلی سرخ‌دانه و الوند به‌عنوان بهترین و رقم‌های افق، قدس و آنفارم۹ ضعیف‌ترین والدین از نظر ترکیب‌پذیری عمومی بودند. دورگ‌های قدس × سرخ‌دانه و آنفارم۹ × الوند نیز دورگ‌های مناسب و دورگ‌های افق × سرخ‌دانه و چمران۲ × سرخ‌دانه دورگ‌های ضعیفی در شرایط آب و هوایی بیرجند بودند.

واژه‌های کلیدی: آثار افزایشی و غالبیت، ترکیب‌پذیری، روش‌های گریفینگ و هیمن، وراثت‌پذیری

۱- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۳- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۴- مربی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
* نویسنده مسئول: mzabet@birjand.ac.ir

مقدمه

گندم به‌دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد، مهم‌ترین گیاه زراعی است که در مساحت وسیعی از اراضی دنیا کشت می‌شود و از نظر سطح زیر کشت و تولید سالیانه نسبت به سایر غلات در درجه اول اهمیت قرار دارد (FAO, 2017). ایران به‌علت موقعیت خاص جغرافیایی، دارای آب و هوای مدیترانه‌ای و با متوسط نزولات ۲۴۰ میلی‌متر در سال در زمره مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است (Winkel, 1989). کرامر (Kramer, 1983)، خشکی را کمبود بارندگی در مراحل حساس رشد گیاه تعریف کرده است. به عقیده وی طول دوره بدون بارندگی که موجب صدمه به گیاه می‌شود، تابع نوع گیاه، ظرفیت نگهداری آب، خاک و نیز شرایط اتمسفری است که بر میزان تبخیر و تعرق تأثیر می‌گذارد (Kramer, 1983).

پایین بودن نزولات آسمانی و پراکنش نامناسب آن در چند سال اخیر باعث نوسان در تولید گندم شده است، بنابراین بایستی توجه بیشتری به مطالعه اثر تنش خشکی و نحوه توارث تحمل به خشکی شود (Kheirella *et al*., 1993). افزایش عملکرد دانه مهم‌ترین هدف به‌نژادگران در برنامه‌های به‌نژادی است، اما از آنجا که عملکرد دانه دارای توارث پلی‌ژنتیک است، مطالعه آن مشکل است. با توجه به این موضوع به‌نژادگران غالباً از اجزای عملکرد برای بهبود آن استفاده می‌کنند. معمولاً این اجزاء در عمل به صورت جبرانی عمل می‌کنند و افزایش یکی، کاهش دیگری را به دنبال دارد. به‌عنوان مثال، با افزایش تعداد دانه در سنبله معمولاً وزن هزار دانه کاهش می‌یابد (Vaezi *et al*., 2000). آگاهی از نحوه کنترل ژنتیکی و توارث اجزای عملکرد که موجب انتخاب بهترین روش به‌نژادی و در نهایت موجب بهبود عملکرد می‌شود، ضروری است (Valizadeh and Moghaddam, 1998).

انتخاب دقیق روش‌های به‌نژادی، بسته به ماهیت ژنتیکی صفت مورد مطالعه متفاوت خواهد بود. نتایج حاصل از به‌کارگیری روش‌های مختلف ژنتیک کمی مانند تلاقی‌های دای‌آلل، پژوهشگر را به اطلاعات مورد نیاز برای برنامه‌ریزی‌های به‌نژادی رهنمون می‌کند. طرح‌های دای‌آلل یکی از معمول‌ترین روش‌های برآورد پارامترهای ژنتیکی است. اصول و مبانی این نوع تلاقی‌ها را جینکز و هیمن (Jinks and Hayman, 1953)، هیمن (Hayman, 1954) و گریفینگ (Griffing, 1956a) ارایه کردند. طرح‌های دای‌آلل اطلاعات بسیار مفیدی را در مدت زمان کوتاهی فراهم می‌سازند.

مطالعات ناندا و همکاران (Nanda *et al*., 1983) و موندال و داسگوپتا (Mondal and Dasgupta, 1998) در مورد ترکیب‌پذیری صفات اقتصادی و فیزیولوژیک گندم نشان داد که میانگین مربعات ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) صفات تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد دانه در سنبله، معنی‌دار است. این نتیجه نشان‌دهنده سهم بیشتر واریانس افزایشی در کنترل این صفات است. مطالعات لی و کالتسیکس (Lee and Kaltsikes, 1970) نیز نشان داد که نوع عمل ژن برای تعداد سنبلچه در سنبله اصلی گندم دوروم افزایشی است. میشرا و همکاران (Mishra *et al*., 1996) در مطالعه ترکیب‌پذیری شش ژنوتیپ گندم زراعی، GCA بالا و معنی‌داری برای تعداد دانه و تعداد سنبلچه در سنبله اصلی گزارش کردند که بیانگر سهم بیشتر واریانس افزایشی در کنترل این صفات است. بر خلاف این مطالعات، در مطالعه‌ای دیگر سهم آثار غیر افزایشی ژن‌ها برای تعداد دانه در سنبله اصلی و شاخص برداشت بیش‌تر از آثار افزایشی ژن‌ها بود (Karbasi Monzavi, 1988).

در مطالعه ژنتیکی برخی از صفات زراعی گندم دوروم بیش‌تر بودن واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) برای صفات وزن هزار دانه و عملکرد دانه در بوته، حاکی از اهمیت بیش‌تر اثر غیرافزایشی ژن‌ها و اپیستازی در کنترل این صفات بود (Ikram and Tanach, 1991). نتایج مشابهی برای این صفات توسط چودهاری و همکاران (Chowdhary *et al*., 1997) نیز به‌دست آمده است. بررسی اجزای ژنتیکی و نحوه توارث تعدادی از صفات مورفولوژیکی به روش تجزیه دای آلل در شش ژنوتیپ گندم دوروم و دورگ‌های حاصل از آن‌ها نشان داد که برای صفات عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله و تعداد پنجه بارور، سهم واریانس افزایشی نسبت به واریانس غالبیت و آلل‌های غالب نسبت به آلل‌های مغلوب بیش‌تر بود. در کنترل صفات عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، تعداد پنجه بارور و وزن صد دانه غالبیت ناقص و در کنترل طول پدانکل فوق غالبیت ژن‌ها نقش داشت (Sadeghzadeh-Ahari *et al*., 2015). همچنین، در مطالعه‌ای سهم بیش‌تر آثار غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل ژنتیکی عملکرد زیستی گزارش شد (Sarawgi *et al*., 1991). بررسی صفات قدرت رشد گیاهچه، طول دوره پر شدن دانه، محتوی کلروفیل، دمای کانوپی، طول دانه و

عملکرد دانه نشان داد که در کنترل ژنتیکی این صفات آثار افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها دخیل بودند، اما سهم اثر غیرافزایشی ژن‌ها نسبت به اثر افزایشی بیش‌تر بود و عمل فوق‌غالبیت ژن‌ها نقش بارزی داشت (Mohammadi *et al.*, 2017). فرشادفر (Farshadfar, 1996) در بررسی ویژگی‌های ژنتیکی مقاومت به خشکی در گندم در دو محیط تنش‌زا نتیجه گرفت که بین ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی کلیه صفات اختلاف بسیار معنی‌داری وجود دارد. برهمکنش محیط×GCA و محیط×SCA نیز برای کلیه صفات معنی‌دار بود، به‌عبارت دیگر هر دو نوع عمل افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها نسبت به تنش آبی حساس بودند.

در مطالعه‌ای که در شرایط تنش خشکی اجرا شد، آثار غیرافزایشی ژن‌ها سهم بیش‌تری از واریانس ژنتیکی را در بیش‌تر صفات به خود اختصاص دادند (Kheirella *et al.*, 1993). در مطالعه‌ای دیگر، بررسی ترکیب‌پذیری عملکرد دانه، اجزای عملکرد و چندین صفت کمی نشان داد که آثار GCA برای تمامی صفات اندازه‌گیری شده به جزء تعداد دانه در سنبله به‌طور معنی‌داری بالا بود، در حالی‌که آثار SCA برای عملکرد دانه، ارتفاع بوته و زمان خوشه‌دهی معنی‌دار بود. هم‌چنین برای بیش‌تر صفات مقادیر GCA از SCA بزرگ‌تر بودند (Borghi and Perenzin, 1994). احمدی و همکاران (Ahmadi *et al.*, 2003) با استفاده از تجزیه و تحلیل دای‌آلل در هشت ژنوتیپ گندم زمستانه و تلاقی‌های یک‌طرفه آن‌ها در محیط واجد تنش خشکی، وراثت‌پذیری خصوصی متوسطی را برای عملکرد دانه، وزن۵۰۰ دانه، تعداد دانه در سنبله و ارتفاع گیاه گزارش کردند. در این بررسی سهم آثار افزایشی ژن‌ها برای بیش‌تر صفات از اهمیت بیش‌تری در مقایسه با آثار غیرافزایشی برخوردار بود. در حالی‌که مطالعات صباغ‌زاده اهری و همکاران (Sadeghzadeh-Ahari *et al.*, 2018) نشان داد که صفات ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه، وزن صد دانه و مساحت برگ پرچم از وراثت‌پذیری پایینی برخوردار بودند و آثار غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل آن‌ها سهم بیش‌تری داشت.

به نظر می‌رسد که انتخاب لاین‌های مقاوم به خشکی تحت شرایط بدون تنش کارایی بهتری نسبت به شرایط تنش خشکی دارد، چون اجازه معرفی لاین‌هایی با ظرفیت عملکرد بالا را امکان‌پذیر می‌کند (Rajaram *et al.*, 1996)، با این وجود، انتخاب مستقیم برای عملکرد ممکن است به افزایش تحمل به خشکی و افزایش عملکرد قابل قبول در شرایط تنش خشکی منجر نشود، زیرا پایداری عملکرد در شرایط تنش خشکی به مقدار تحمل ژنوتیپ بستگی دارد (Abdolshahi *et al.*, 2013). پژوهش حاضر با استفاده از والدین و نتاج F_1 حاصل از تلاقی بین ارقام مختلف گندم به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی عملکرد و صفات وابسته به آن با استفاده از تجزیه دای‌آلل در شرایط تنش خشکی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

کشت ارقام جهت انجام تلاقی 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 ارتفاع ۱۴۸۰متر از سطح دریای آزاد طی سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ انجام شد. ارقام مورد مطالعه شامل ارقام افق، قدس، الوند، بک‌کراس روشن، آنفارم۹، چمران۲ و رقم محلی بیرجند (سرخ‌دانه) بودند که تنوع قابل توجه‌ای از نظر صفات مختلف داشتند. هر ژنوتیپ در دو خط به‌طول سه متر کاشته شد که فاصله بین ردیف‌ها ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف‌ها پنج تا ده سانتی‌متر و عمق کاشت دو تا پنج سانتی‌متر بود. از اواسط فروردین تا اواخر اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۵ بسته به آمادگی بوته‌ها از لحاظ تلاقی، کلیه تلاقی‌های ممکن به‌صورت دی‌آلل یک‌طرفه انجام و طی خردادماه ۱۳۹۵ بذرهای حاصل از بوته‌های مادری و بذرهای F_1 برداشت شدند.

در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ بذرهای والدین (هفت ژنوتیپ) به همراه نتایج F_1 (۲۱ دورگ) مجموعاً ۲۸ ژنوتیپ در یک طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در زمینی به مساحت ۵۰۰ مترمربع کشت شدند. هر دورگ در یک خط و والدین در سه خط به طول ۱/۳ متر با فاصله دو الی پنج سانتی‌متر بین بذرها و ۶۰ سانتی‌متر بین خط‌ها کشت شد. با توجه به اینکه دور معمول آبیاری در منطقه هر ۱۰ روز بود، از این‌رو تیمار تنش بر اساس هر ۲۰ روز آبیاری تعریف شد و تنش در اولین آب داده شده به زمین بعد از کشت اعمال شد. در خرداد ماه ۱۳۹۶ برداشت به‌وسیله دست انجام و با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای صفات مورد نظر شامل ارتفاع بوته، تعداد پنجه، طول سنبله، طول پدانکل، وزن ساقه و تعداد سنبله در بوته (بر اساس میانگین ده بوته در هر کرت)، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن سنبله (بر اساس میانگین ده سنبله در هر

کرت)، وزن هزار دانه (بر اساس ۱۰۰۰ دانه تصادفی در هر کرت)، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت (بر اساس برداشت کل خط در هر کرت) و درصد پروتئین (سه تکرار از هر کدام) به روش کجلدال (Kjeldahl, 1883) ارزیابی شدند. داده‌های حاصل از آزمایش در ابتدا از لحاظ یکنواختی واریانس خطای آزمایشی مورد بررسی قرار گرفتند. تعیین ترکیب‌پذیری و نوع عمل ژن با استفاده از روش دوم گریفینگ و روش جینکز و هیمن ارزیابی شد (Hayman, 1954; Griffing, 1956 a,b). برای تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها و همبستگی بین صفات از نرم-افزارهای SPSS ver. 22 و SAS ver. 9.2 و برای برآورد ترکیب‌پذیری، پارامترهای ژنتیکی و تجزیه واریانس هیمن از نرم‌افزار Diall98 استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس و ضرایب همبستگی صفات مختلف در گندم تحت شرایط تنش

آزمون مقدماتی به روش جینکز و هیمن (Jinks and Hayman, 1953) نشان داد که شیب خط رگرسیون Wr روی Vr برای کلیه صفات اختلاف معنی‌داری از یک نداشت. علاوه بر این آزمون، میانگین مربعات Wr-Vr نیز برای این صفات معنی‌دار نبود. بنابراین اثر اپیستازی ژن‌ها در کنترل کلیه صفات وجود نداشت، یعنی فرضیات مدل هیمن صادق بود و می‌توان تجزیه و تحلیل گرافیکی دای‌آلل را به‌طور کامل برای آنها انجام داد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت بین ژنوتیپ‌ها برای تمامی صفات معنی‌دار بود و بنابراین برای کلیه صفات تجزیه دای‌آلل انجام شد (جدول‌ها ارایه نشده‌اند). با توجه به آنکه صفات زیادی اندازه‌گیری شد، از این‌رو در ابتدا همبستگی بین عملکرد با سایر صفات محاسبه شد تا بررسی‌ها بیش‌تر روی عملکرد و صفات همبسته با آن متمرکز شود. هدف از این کار تمرکز بیش‌تر روی تعداد کم‌تری از صفات بود. بررسی ضرایب همبستگی بر مبنای کلیه ارقام نشان داد که عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات طول پدانکل، تعداد پنجه، وزن سنبله، وزن ساقه، تعداد سنبله در بوته، شاخص برداشت و عملکرد زیستی و همبستگی منفی و معنی‌داری با صفت درصد پروتئین داشت (جدول ۱)، بنابراین این صفات بیش‌تر مورد بررسی قرار گرفتند.

تجزیه گریفینگ صفات مرتبط با عملکرد تحت شرایط تنش

تجزیه ژنتیکی داده‌ها در قالب روش دوم گریفینگ در جدول ۲ ارایه شده است. میانگین مربعات ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) کلیه صفات به استثنای شاخص برداشت معنی‌دار بود. معنی‌دار بودن GCA نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین ارقام مورد مطالعه از نظر ترکیب‌پذیری وجود دارد و بنابراین جزء افزایشی واریانس قابل توارث در وراثت کلیه صفات ذکر شده نقش دارد. بررسی میانگین مربعات ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) نیز نشان داد که تفاوت بسیار معنی‌داری بین دورگ‌ها از نظر SCA در کلیه صفات به استثنای شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد وجود دارد و بنابراین جزء غیرافزایشی ژن‌ها نیز در کنترل کلیه صفات نقش داشت.

ترکیب‌پذیری عمومی صفات مرتبط با عملکرد تحت شرایط تنش

نتایج حاصل از برآورد ترکیب‌پذیری‌های عمومی ارقام برای صفات مختلف نشان داد که ارقام والدینی برای اغلب صفات دارای ترکیب‌پذیری عمومی معنی‌داری در جهت مثبت و یا منفی بودند (جدول ۳). در اینجا با مد نظر قرار دادن صفات وابسته با عملکرد، ترکیب‌پذیری عمومی والدین بررسی شد. در صفاتی که دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه هستند، مقادیر مثبت و بالاتر و بر عکس، در صفات دارای همبستگی منفی، مقادیر منفی و بزرگ‌تر مطلوب‌تر خواهد بود. ارقام سرخ‌دانه و آنفارم۹ از لحاظ طول پدانکل، سرخ‌دانه و افق برای تعداد پنجه ، الوند و آنفارم۹ برای وزن سنبله، الوند و قدس برای وزن ساقه، سرخ‌دانه و افق برای تعداد سنبله در بوته، سرخ‌دانه، آنفارم۹ و افق برای شاخص برداشت، الوند و آنفارم۹ برای عملکرد زیستی و الوند و افق برای عملکرد دانه به‌ترتیب بهترین و بدترین ژنوتیپ‌ها بودند. با توجه به همبستگی منفی عملکرد با درصد پروتئین، رقم سرخ‌دانه بهترین و والد قدس بدترین والد شناخته شد (جدول ۳). در مجموع بررسی ترکیب‌پذیری عمومی ارقام با توجه به معنی‌دار بودن و ضرایب مثبت یا منفی آن‌ها نشان داد که ارقام سرخ‌دانه و الوند به‌عنوان بهترین و افق، قدس و آنفارم۹ بدترین والدین از لحاظ ترکیب‌پذیری عمومی در شرایط آب و هوایی بیرجند بودند.

جدول ۱- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه در گندم

Table 1. Correlation coefficients between the studied traits in wheat

Trait†	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14
X1	1													
X2	-0.19	1												
X3	0.41*	-0.38*	1											
X4	0.52**	0.22	0.20	1										
X5	0.31	0.21	0.50**	0.26	1									
X6	0.004	0.11	0.08	0.33	0.02	1								
X7	0.56**	-0.15	0.36	0.36	0.58**	0.04	1							
X8	0.48**	-0.5**	-0.14	0.61**	-0.01	0.36	0.21	1						
X9	0.46*	-0.02	0.37*	0.25	0.80**	-0.21	0.67**	-0.2	1					
X10	0.37	0.08	0.45*	-0.19	0.92**	-0.12	0.67**	0.00	0.93**	1				
X11	-0.01	0.37*	0.31	0.03	0.33	0.47*	0.12	-0.2	-0.05	0.12	1			
X12	-0.18	-0.26	-0.26	0.15	-0.29	-0.08	-0.19	0.29	-0.31	-0.32	-0.5**	1		
X13	0.67**	-0.21	0.30	0.39*	0.45*	-0.06	0.92**	0.32	0.61**	0.55**	0.09	-0.25	1	
X14	0.24	0.33	0.46*	0.16	0.91**	0.15	0.57**	-0.1	0.75**	0.88**	0.42*	-0.5*	0.49**	1

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

†: X1, plant height; X2, 1000-grain weight; X3, peduncle length; X4, spike length; X5, spike weight; X6, number of grain per spike; X7, number of spike per plant; X8, number of spikelet per spike; X9, stem weight; X10, biological yield; X11, harvest index; X12, protein percent; X13, number of tiller; X14, grain yield.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در گندم در قالب روش دوم گریفینگ

Table 2. Analysis of variance of the measured traits in wheat using second Griffing's method

Source of variations	df	Mean squares							
		Peduncle length	No. of tiller per plant	Spike weight	Stem weight	Protein percent	Harvest index	Biological yield	Grain yield
Replication	2	75.2**	108.4**	18317.3**	1859.32	3.7ns	0.02	31538.7**	5546.2**
GCA	6	72.1**	323.8**	23030.4**	16703.3**	35.9**	0.04	59822.3**	12948.5**
SCA	21	15.5**	187.5**	12269.1**	11411.4**	43.5**	0.02	32655.1**	5233.0**
Error	54	2.79	8.52	1428.4	1661.75	10.1	0.03	5794.0	427.0

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

جدول ۳- ترکیب‌پذیری عمومی صفات مرتبط با عملکرد دانه در ارقام گندم

Table 3. General combining ability of yield related traits in wheat cultivars

Wheat cultivars	Peduncle length	No. of tiller per plant	Spike weight	Stem weight	No. of spike per plant	Protein percent	Harvest index	Biological yield	Grain yield
Alvand	-0.24	0.97	19.1**	22.8**	0.81	-0.06	0.005	45.3**	16.6**
Ofogh	0.10	-3.65**	14.1**	-0.26	-3.26**	0.32*	-0.02**	-13.4	-14.3**
Anfarm9	-1.45**	-1.38*	-21.2**	-9.89**	-0.54	-0.09	0.02**	-43.4**	-8.33*
BC-Roshan	0.57	1.36*	5.37	1.39	0.76	-0.29	-0.008*	-1.08	-3.61
Chamran2	0.89*	0.38	6.56	6.47	0.73	0.09	-0.005	25.0**	7.36*
Ghods	-1.16**	-0.53	-6.84	-13.9**	-0.96	0.89**	-0.014*	-14.1	-4.27
Sorkh-dane	1.29**	2.85**	11.1*	-6.60	2.46**	-0.85**	0.02**	1.61	6.49

ترکیب‌پذیری خصوصی صفات مرتبط با عملکرد در گندم تحت شرایط تنش

بررسی مقادیر ترکیب‌پذیری خصوصی دورگ‌ها تحت شرایط تنش (جدول ۴) نشان داد که دورگ قدس × سرخدانه بهترین دورگ در صفات طول پدانکل، وزن ساقه، عملکرد زیستی، تعداد پنجه، تعداد سنبله در بوته و شاخص برداشت، دورگ آنفارم۹ × سرخدانه بهترین دورگ در صفت درصد پروتئین، دورگ آنفارم۹ × چمران۲ بهترین دورگ در صفت وزن سنبله و دورگ آنفارم۹ × الوند بهترین دورگ در صفت عملکرد دانه بودند. در مقابل، دورگ‌های ضعیف‌تر شامل دورگ چمران۲ × سرخدانه در صفات طول پدانکل، عملکرد زیستی و شاخص برداشت، دورگ افق × قدس در صفت درصد پروتئین و دورگ افق × سرخدانه در صفات تعداد پنجه، تعداد سنبله در بوته، وزن ساقه، عملکرد دانه و وزن سنبله بودند (جدول ۴). همان‌طور که ملاحظه می‌شود، دورگ‌های قدس × سرخدانه و آنفارم۹ × الوند دورگ‌های مناسب و دورگ‌های افق × سرخدانه و چمران۲ × سرخدانه

دورگ‌های ضعیفی در شرایط آب و هوایی بیرجند بودند. با توجه به این‌که دورگ‌های حاصل از والد سرخ‌دانه در بعضی صفات به‌عنوان بهترین دورگ و در بعضی دیگر به‌عنوان ضعیف‌ترین دورگ بود، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که وضعیت دورگ‌های حاصل بستگی به ارقام مورد استفاده و ترکیب ژن‌های والدین در هر تلاقی دارد.

جدول ۴- ترکیب‌پذیری خصوصی صفات مرتبط با عملکرد دانه در دورگ‌های گندم

Table 4. Specific combining ability of yield related traits in wheat hybrids

Hybrid	Peduncle length	No. of tiller per plant	Spike weight	Stem weight	Protein percent	Harvest index	Biological yield	Grain yield
Alvand×Ofogh	-3.1**	3.62	14.9	-5.54	-0.001	-0.01	13.1	1.32
Alvand×Anfarm9	1.09	4.62*	42.8	12.4	-0.66	0.10**	49.5	54.3**
Alvand×BC-Roshan	0.02	-4.68*	-57.1*	-8.54	0.43	-0.06	-63.5	-43.43*
Alvand×Chamran2	-3.52**	-7.08**	-93.3**	-18.6	1.71	-0.09*	-109.9*	-69.1**
Alvand×Ghods	1.63	0.04**	9.39	-18.6	-0.71	0.02	-23.8	-1.70
Alvand×Sorkh-dane	0.61	8.00**	-59.0*	-34.7	0.56	-0.08*	-98.6*	-22.7
Ofogh×Anfarm9	-0.46	1.45	-15.4	-30.2	-0.67	0.03	-33.1	-9.63
Ofogh×BC-Roshan	0.3	-1.04**	-22.7	-72.1**	0.55	0.04	-85.1	-11.2
Ofogh×Chamran2	-3.34**	-4.81*	-99.2**	-90.8**	3.04**	-0.10**	-154.6**	62.7**
Ofogh×Ghods	2.58*	0.91	13.2	42.8*	-2.91**	-0.01	63.9	-2.36
Ofogh×Sorkh-dane	-3.84**	-9.53**	-236.4**	-291.7**	4.03**	-0.18**	-410**	-185.2**
Anfarm9×BC-Roshan	-1.03	-1.13	-15.8	-51.8*	0.48	-0.03	-39.4	-13.7
Anfarm9×Chamran2	-1.34	-4.97**	43.6	20.4	0.91	-0.02	63.5	19.4
Anfarm9×Ghods	-0.65	0.23	-0.26	-19.8	8.61**	-0.02	-5.7	12.2
Anfarm9×Sorkh-dane	-7.92**	-0.72	-7.35	-176.5**	10.6**	0.24**	-99.2*	49.4*
BC-oshan×Chamran2	0.05	-4.06*	-47.3	-17.8	1.39	0.00	-80.5	-34.5
BC-Roshan×Ghods	0.91	-1.20	2.76	-12.2	-1.38	0.08*	-10.7	34.8
BC-Roshan×Sorkh-dane	4.96**	17.42**	-5.87	56.6*	-0.32	-0.04	-31.8	-54.6**
Chamran2×Ghods	-0.87	1.93	0.25	24.4	-2.01*	0.01	17.8	-3.02
Chamran2×Sorkh-dane	-8.98**	-2.14	-221.61**	-4.35	1.51	-0.28**	-244.6**	-179.2**
Sorkh-dane×Ghods	9.62**	21.46**	231.3**	172.8**	-2.62**	0.25**	436.9**	16.4

تجزیه واریانس صفات مرتبط با عملکرد دانه در گندم تحت شرایط تنش به روش هیمن

جزء a که واریانس افزایشی را نشان می‌دهد در همه صفات به غیر از شاخص برداشت معنی‌دار شد، بنابراین واریانس افزایشی در تمامی این صفات نقش داشت. این جزء که تخمینی از ترکیب‌پذیری عمومی گریفینگ است، نتایج حاصل از تجزیه گریفینگ را به‌طور کامل تأیید کرد. جزء b (واریانس غالبیت) نیز در تمامی صفات به استثنای شاخص برداشت معنی‌دار شد. جزء b_1 در همه صفات به‌جزء شاخص برداشت، طول پدانکل، عملکرد زیستی، وزن ساقه و وزن سنبله معنی‌دار شد و بنابراین هتروزیس را می‌توان در این صفات ملاحظه کرد. جزء b_2 در تمامی صفات به استثنای شاخص برداشت معنی‌دار شد، بنابراین در تمامی این صفات فراوانی نابرابر آلل‌های غالب و مغلوب وجود داشت. جزء b_3 نیز در تمامی صفات به استثنای شاخص برداشت معنی‌دار شد. این جزء معادل ترکیب‌پذیری خصوصی در تجزیه گریفینگ است. با توجه به آن‌که در اینجا تلاقی‌های متقابل وجود نداشت، بنابراین تفاوتی نیز بین آن‌ها وجود نداشت و اجزای C و D در تمامی صفات برابر صفر شدند (جدول ۵).

برآورد پارامترهای ژنتیکی صفات مرتبط با عملکرد دانه در گندم تحت شرایط تنش با روش هیمن

پارامترهای ژنتیکی صفات مورد مطالعه به روش هیمن در جدول ۶ ارایه شده است. معنی‌دار بودن D نشان داد که واریانس افزایشی در کلیه صفات معنی‌دار و در نتیجه عمل افزایشی ژن‌ها مهم و موثر بوده است. معنی‌دار بودن H_1 یا آثار غالبیت نیز نشان داد که واریانس غالبیت و از این‌رو عمل غیرافزایشی ژن‌ها نیز در کلیه این صفات مهم و تاثیرگذار بوده است. جزء H_2 که اندازه آثار غالبیت را نشان می‌دهد، در کلیه صفات معنی‌دار شد، به این معنی که توزیع نامتقارن ژن‌ها با آثار مثبت و منفی در والدین وجود دارد. درصورت فراوانی مساوی آلل‌های افزاینده و کاهنده این جزء مانند H_1 است. F یا متوسط کوواریانس آثار افزایشی × غالبیت نیز در تمامی صفات مورد بررسی معنی‌دار شد، به این معنی که فراوانی آلل‌های غالب و مغلوب مساوی نیست. با توجه به آن‌که علامت این پارامتر در تمامی صفات مثبت بود، بنابراین نتیجه‌گیری می‌شود که آلل‌های غالب صرف نظر از مثبت یا منفی بودن در بین والدین فراوانی بیش‌تری دارند. E یا واریانس محیطی نیز در تمامی صفات معنی‌دار

و نشان‌دهنده تاثیر محیط بر این صفات بود. وراثت‌پذیری عمومی (h_b^2) از حداقل ۰/۷۵ برای صفت درصد پروتئین تا حداکثر ۰/۹۹ برای صفت شاخص برداشت متغیر بود و نشان‌دهنده سهم زیاد واریانس ژنتیکی در کنترل صفات مورد مطالعه نسبت به واریانس محیطی بود. وراثت‌پذیری خصوصی (h_n^2) نیز که سهم واریانس ژنتیکی افزایشی را از واریانس فنوتیپی کل نشان می‌دهد، بین ۰/۰۷ برای درصد پروتئین تا حداکثر ۰/۳۴برای طول پدانکل متغیر بود. بنابراین، امکان ایجاد نوترکیب‌های مناسب در نسل‌های در حال تفکیک برای صفات با وراثت‌پذیری خصوصی بالاتر وجود دارد (جدول ۶).

مقایسه نتایج تحقیق حاضر با پژوهش‌های محققین دیگر در برخی از موارد مشابه و در برخی دیگر متفاوت است، به‌طوری‌که در برخی از صفات آثار افزایشی مهم‌تر از غیرافزایشی بود، در حالی‌که در تعدادی دیگر دقیقاً برعکس نقش آثار افزایشی مهم‌تر بود. در تحقیقی که توسط خیراله و همکاران (Kheirella *et al.*, 1993) تحت شرایط تنش خشکی اجرا شد، آثار غیرافزایشی سهم بیش‌تری از آثار افزایشی ژن‌ها را برای بیش‌تر صفات به خود اختصاص داد، در حالی‌که در مطالعه احمدی و همکاران (Ahmadi *et al.*, 2003) که در هشت ژنوتیپ گندم زمستانه تحت شرایط تنش خشکی انجام شد، سهم آثار افزایشی ژن‌ها برای بیش‌تر صفات از اهمیت بیش‌تری در مقایسه با آثار غیرافزایشی برخوردار بود. به هر حال، آنچه که باید مورد توجه قرار داد این است که ارقام مورد استفاده و شرایط آب و هوایی در مطالعات مختلف یکسان نیستند و بنابراین نمی‌توان یک نتیجه کلی ارایه کرد، زیرا بیان ژن‌ها قطعاً تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد.

جدول ۵- تجزیه واریانس صفات مرتبط با عملکرد گندم با استفاده از روش هیمن

Table 5. Analysis of variance of yield related traits in wheat using Hayman's method

Source of variations†	df	Mean squares							
		Peduncle length	Number of tillers	Spike weight	Stem weight	Protein percent	Harvest index	Biological yield	Grain yield
Replication	2	65.6**	91.2**	15726.3*	517.4	4.6**	0.03	14811.8	4826.8**
a	6	54.3**	257.8**	11792.5**	7054.6**	19.8**	0.03	36392.5**	6604.3**
b	21	23.8**	162.5**	15268.8**	14594.4**	37.1**	0.02	42389.4**	7366.9**
b_1	1	0.29	140.6**	3649.0	2503.6	7.12**	0.00	6422.2	2471.1*
b_2	6	47.1**	107.6**	24205.1**	24036.8**	27.0**	0.02	71097.2**	13162.0**
b_3	14	15.6**	187.5**	12269.1**	11411.5**	43.5**	0.02	32655.1**	5233.1**
C	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
D	15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Error	96	3.12	8.97	1578.18	2203.31	0.11	0.05	6872.60	556.83

†: a, an estimate of the general combing ability of Griffing; b, dominance; b_1, comparison of parents versus crosses that is heterosis; b_2, specific heterosis of each parent; b_3, part of the dominance deviation that is the specific dominance of each cross and is equivalent to the specific combining ability of Griffing; c, genotype × environment interaction; d, difference between the reciprocal crosses.

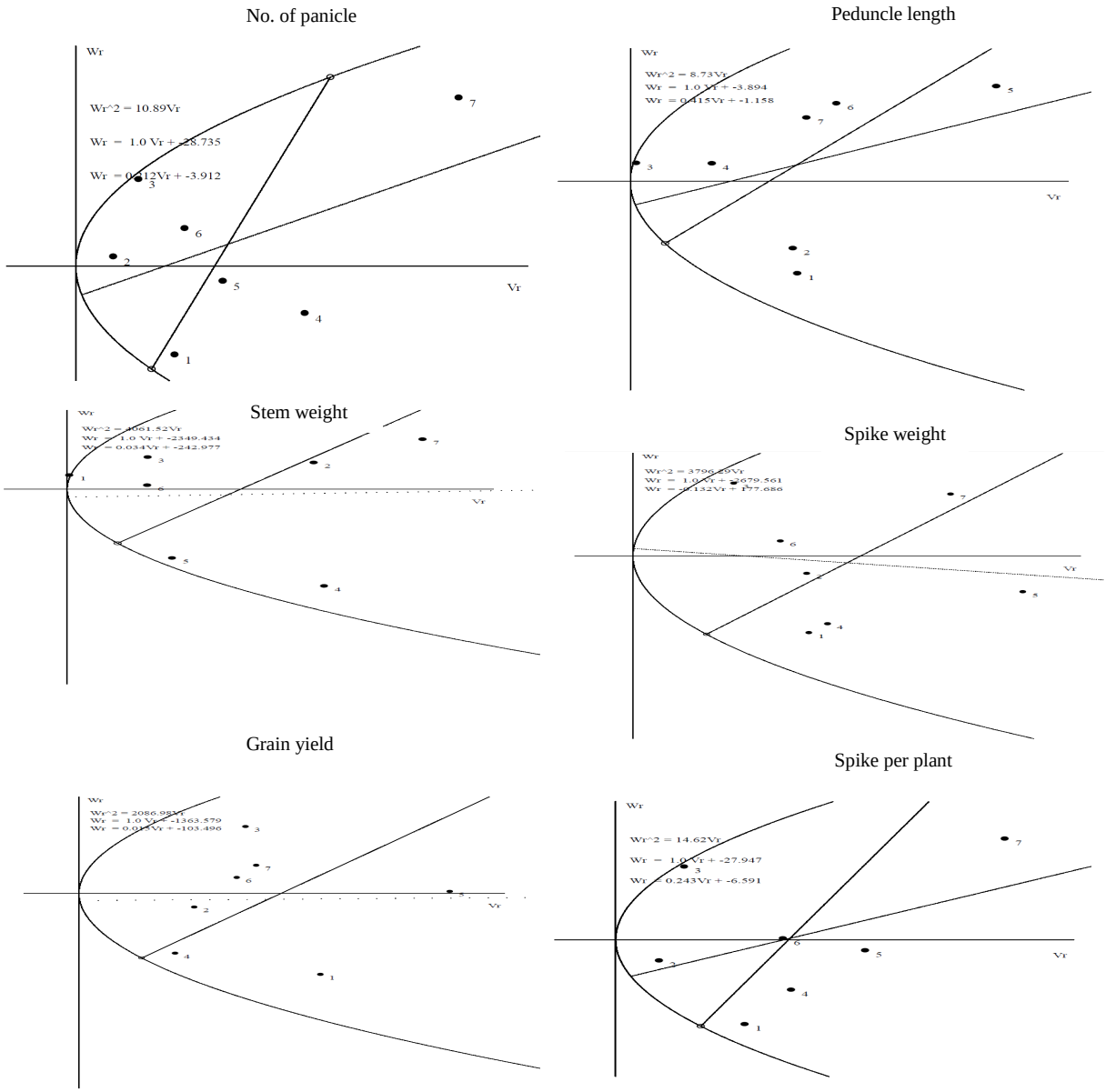
جدول ۶- پارامترهای ژنتیکی صفات اندازه‌گیری شده در گندم با استفاده از روش هیمن

Table 6. Genetic parameters of the measured traits in wheat using Hayman's method

Genetic parameter	Peduncle length	No. of tiller per plant	Spike weight	Stem weight	Protein percent	Harvest index	Biological yield	Grain yield	Peduncle length
D	8.72 (±2.60)	10.9 (±5.60)	10.9 (±5.60)	3796.2 (±1188.40)	4061.5 (±1607.10)	3.6 (±0.30)	0.002 (±0.001)	13598.2 (±5053.90)	2086.9 (±537.20)
H_1	24.3 (±4.40)	125.8 (±15.20)	125.8 (±15.20)	14514.5 (±3377.30)	13459.2 (±2958.90)	31.1 (±0.80)	0.01 (±0.003)	38969.4 (±8772.70)	7541.2 (±1038.40)
H_2	13.8 (±2.40)	102.5 (±11.33)	102.5 (±11.33)	9148.6 (±1451.50)	8290.8 (±1730.00)	24.6 (±0.50)	0.01 (±0.002)	23771.3 (±5244.60)	4547.6 (±604.36)
F	14.3 (±4.40)	10.7 (±10.10)	10.7 (±10.06)	8210.8 (±2218.20)	8797.9 (±2945.70)	8.14 (±0.60)	0.005 (±0.003)	26078.3 (±8714.30)	4512.2 (±1001.80)
h_b^2	0.85 (±0.02)	0.92 (±0.01)	0.92 (±0.01)	0.84 (±0.02)	0.75 (±0.03)	0.99 (±0.01)	0.77 (±0.03)	0.76 (±0.04)	0.88 (±0.01)
h_n^2	0.34 (±0.05)	0.29 (±0.03)	0.29 (±0.03)	0.14 (±0.04)	0.07 (±0.04)	0.13 (±0.007)	0.22 (±0.05)	0.14 (±0.05)	0.17 (±0.04)
E	1.03 (±0.14)	2.99 (±0.43)	2.99 (±0.43)	526.0 (±71.5)	734.4 (±99.1)	0.03 (±0.005)	0.001 (±0.0002)	2290.8 (±318.90)	185.6 (±26.40)

تجزیه رگرسیونی صفات مختلف گندم به روش هیمن تحت شرایط تنش

نتایج تجزیه رگرسیون Wr روی Vr برای صفات مختلف در شکل ۱ ارایه شده است. نتایج نشان داد که در تمامی صفات، خط رگرسیون محور Wr را در زیر مبدا قطع کرد که نشان‌دهنده نقش آثار غالبیت در کلیه صفات بود. بررسی نمودارها از نظر نزدیکی یا دوری والدین به مرکز نمودار نیز نشان داد که والد سرخدانه در صفات تعداد پنجه، تعداد سنبله در بوته، عملکرد زیستی و وزن ساقه، چمران۲ در صفات عملکرد دانه، وزن سنبله و طول پدانکل، والد الوند در صفت شاخص برداشت و والد آنفارم۹ در صفت درصد پروتئین، بیش‌ترین آلل مغلوب و والد افق در صفات عملکرد دانه، تعداد سنبله در بوته و تعداد پنجه، والد الوند در صفات وزن ساقه و عملکرد زیستی، والد قدس در صفت وزن سنبله، والد سرخدانه در صفت شاخص برداشت و والد آنفارم۹ در صفت طول پدانکل، بیش‌ترین آلل‌های غالب را داشتند. تعدادی از والدین نیز برای بعضی از صفات حالت بینابین برای آلل‌های غالب و مغلوب داشتند.



شکل ۱- رگرسیون Wr روی Vr برای صفات مختلف گندم. ۱- الوند، ۲- افق، ۳- آنفارم۹، ۴- بک‌کراس روشن، ۵- چمران۲، ۶- قدس، ۷- رقم محلی سرخدانه.

Figure 1. regression of Wr on Vr for different traits of wheat cultivars. 1. Alvand, 2. Ofogh, 3. Anfarm-9, 4. Roshan backcross, 5. Chamran-2, 6. Ghods, 7. Sorkhdane.

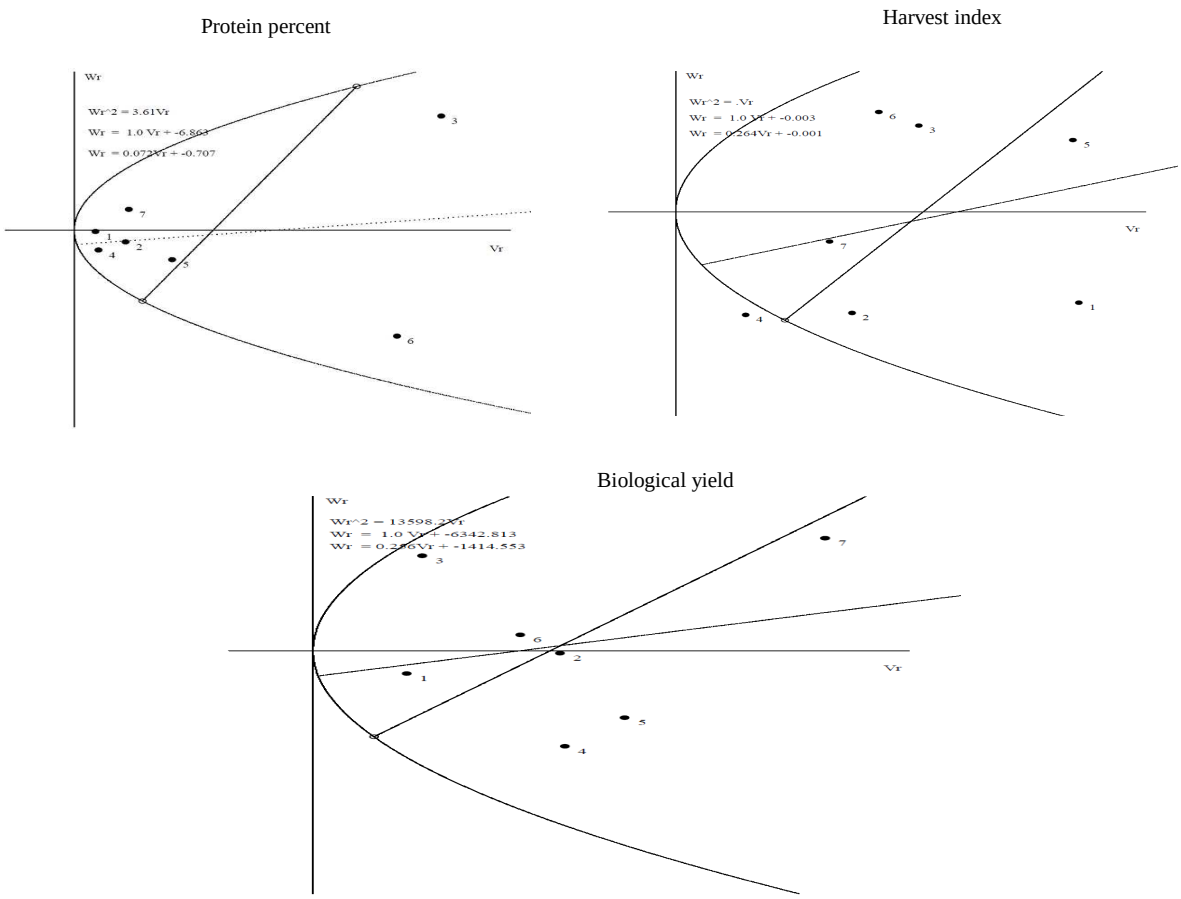


Figure 1. Continued.

شکل ۱- ادامه

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از تجزیه گریفینگ و بررسی معنی‌دار بودن ترکیب‌پذیری عمومی و ضرایب مثبت یا منفی آن‌ها نشان داد که رقم محلی سرخدانه و الوند بهترین و رقم‌های افق، قدس و آنفارم۹ ضعیف‌ترین والدین از نظر ترکیب‌پذیری عمومی بودند. این نتایج بیانگر آن است که رقم محلی سرخدانه که طی سالیان زیاد با شرایط آب و هوایی بیرجند سازگار شده است، والد خوبی می‌باشد و بنابراین نبایستی بدون دلیل کشاورزان را وادار به عدم کشت ارقام محلی کرد، بلکه بایستی با تلاقی ارقام محلی با سایر ارقام تجاری و یا ارقام محلی دیگر و گزینش مناسب، رقم مطلوب و قابل قبولی را به کشاورزان معرفی کرد. در بررسی ترکیب‌پذیری خصوصی تحت شرایط تنش، دورگ‌های قدس × سرخدانه و آنفارم۹ × الوند، دورگ‌های مناسب و افق × سرخدانه و چمران۲ × سرخدانه دورگ‌های ضعیفی در شرایط آب و هوایی بیرجند بودند. این نتایج نیز نشان می‌دهد که رقم محلی سرخدانه در ایجاد دورگ‌های برتر شرکت دارد، اگرچه در بعضی از تلاقی‌ها دورگ‌های نامناسب نیز تولید کرده است. بنابراین، نمی‌توان این رقم محلی را از نظر دور داشت.

آنچه از مجموع نتایج تجزیه هیمن می‌توان نتیجه‌گیری کرد این است که واریانس افزایشی و غیرافزایشی کلیه صفات به استثنای شاخص برداشت معنی‌دار بود و علاوه بر آن، در تمامی صفات مورد مطالعه محیط تاثیر معنی‌داری داشت. همچنین، مقایسه پارامترهای ژنتیکی مختلف نیز نشان داد که مقدار آثار غیرافزایشی ژن‌ها بیش‌تر از آثار افزایشی ژن‌ها بود، به‌عبارت دیگر اگرچه هر دو نوع واریانس افزایشی و غالبیت در کنترل ژنتیکی صفات نقش دارند، ولی نقش آثار غالبیت در کلیه صفات بیش‌تر بود.

References

Abdolshahi, R. A., Safarian, M., Nazari, S., Pourseyedi, S. H. and Mohammadi-Nejad, G. 2013. Screening drought tolerant genotypes in bread wheat (*T. aestivum* L.) using different multivariate methods. **Archive of Agronomy and Soil Science** 59: 685-704. (In Persian with English Abstract).

Ahmadi, J., Zali, A., Yazdi-Samadi, B., Talei, A. R., Ghannadha, M. R. and Saidi, A. 2003. Investigation of combing ability and action of genes under drought stress conditions using diallel analysis. **Iranian Journal of Agricultural Science** 34 (1): 1-8. (In Persian with English Abstract)

Borghi, B. and Perenzin, M. 1994. Diallel analysis to predict heterosis and combining ability for grain yield, yield components and bread-making quality in bread wheat (*T. aestivum* L.). **Theoretical and Applied Genetics** 89 (7–8): 975-981.

Chowdhary, M. H., Arshad, M. T., Subhani, G. M. and Khaliq, I. 1997. Inheritance of some polygenic traits in hexaploid spring wheat. **Journal of Animal and Plant Sciences** 7 (3): 77-79.

FAO. 2017. Food and Agriculture Organization. Retrieved February 20, 2019, from http://fao.org/crop/statistics.

Farshadfar, E. A. 1996. Methods of genetic analysis of drought tolerance in wheat. Proceedings of the 4th Iranian Agronomy and Plant Breeding Congress, August 25-28, 1996, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. (In Persian).

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.

Hayman, B. I. 1954. The theory and analysis of diallel crosses. **Genetics** 39: 789-809.

Ikram, U. H. and Tanach, L. 1991. Diallel analysis of grain yield and other agronomic traits in durum wheat. **Rachis** 10: 8-13.

Jinks, J. L. and Hayman, B. I. 1953. The analysis of diallel crosses. Maize Genetics Coop. **News Letter** 27: 48-54.

Karbasi Monzavi, B. 1988. Estimation of combining ability, genetic parameters and heritability of protein and grain yield and their related characteristics in autumn wheat. M. Sc. Dissertation, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. (In Persian).

Kheirella, K. A., Defrawy, M. and Sherif, T. 1993. Genetic analysis of grain yield, biomass and harvest index in wheat under drought stress and normal moisture conditions. **Asian Journal of Agriculture Science** 24: 163-183.

Kjeldahl, J. 1883. Neue methode zur bestimmung des sticks offs in organischen körpern (New method for the determination of nitrogen in organic substances). **Zeitschrift für analytische Chemie** 22 (1): 366-383.

Kramer, P. J. 1983. Water relation of plant. **Agronomy Journal** 70: 630-634.

Lee, J. and Kaltsikes, P. J. 1970. Diallel analysis of correlated sequential characters in durum wheat. **Crop Science** 10: 770-772

Mishra, P. C., Singh, T. B., Kurmvanshi, S. M. and Soni, S. N. 1996. Gene action in diallel of bread wheat under late sown condition. **Journal of Soil and Crops** 2: 128-131.

Mohammadi, M., Sharifi, P., Karimizadeh, R. and Rostaei, M. 2017. Evaluating the genetic parameters for some morpho-physiological traits in wheat using diallel analysis. **Cereal Research** 7 (3): 343-356.

Mondal, A. B. and Dasgupta, T. 1998. Diallel analysis in wheat. **Indian Journal of Genetic and Plant Breeding** 48: 167-170.

Nanda, G. S., Virk, P. S. and Gill, K. S. 1983. Diallel analysis over environments in wheat-plant characters and harvest index. **Indian Journal of Genetic and Plant Breeding** 38: 220-224.

Rajaram, S., Braun, H. J. and Ginkel, M. 1996. CIMMYTs approach to breed for drought tolerance. **Euphytica** 92: 147-153.

Sadeghzadeh-Ahari, D., Sharifi, P., Karimizadeh, R. and Mohammadi, M. 2015. Estimation of genetic parameters of morphological traits in rainfed durum wheat (*Triticum turgidum* L.) using diallel method. **Journal of Plant Genetic Research** 2 (1): 45-62.

Sadeghzadeh-Ahari, D., Sharifi, P., Karimizadeh, R. and Mohammadi, M. 2018. Estimation of genetic parameters of yield and yield components in rainfed durum wheat through diallel cross. **Journal of Crop Breeding** 10 (25): 176-184.

Sarawgi, A. K., Sirvastava, M. N. and Chowdhary, B. P. 1991. Partial diallel cross analysis of yield and its related characters in rice (*Oryza sativa* L.) under irrigated and rainfed situations. **Indian Journal of Genetic and Plant Breeding** 51 (1): 30-36.

Vaezi, S. S., Abd-Mishani, S., Yazdi-Samadi, B. and Ghannadha, M. R. 2000. Correlation and path analysis of grain yield and its components in maize. **Iranian Journal of Agricultural Sciences** 30: 71-83. (In Persian with English Abstract).

Valizadeh, M. and Moghaddam, M. 1998. Introduction to quantitative genetics. University Publication Center, Tehran, Iran. 548 p. (In Persian).

Winkel, A. 1989. Breeding for drought tolerance in cereals. **Vortraege fuer Pflanzenzuechtung** 16: 368-375.

doi: 10.22124/c.2019.12681.1471

University of Guilan
Faculty of Agricultural Sciences

Cereal Research
Vol. 8, No. 4, Winter 2019 (443-454)

Genetic study of wheat yield and its related traits using Diallel analysis in drought stress condition

Mohammad Zabet[1*], Amir Ebrahimzadeh[2], Zohreh Alizadeh[3] and Ali Reza Samadzadeh[4]

Received: November 26, 2018 Accepted: February 9, 2019

Abstract

Increasing the grain yield is the most important goal for breeders. Since grain yield has a polygenic heritability, it's difficult to study and so often breeders use the yield components to improve it. In order to investigating the genetic analysis of yield and it's related traits in wheat, a 7×7 one-way diallel design was carried out in drought stress condition at research field of the University of Birjand, Iran, in 2015-2016. The genotypes included seven parents (Alvand, Anfaram9, Chamran2, Back Cross-Roshan, Ghods, Ofogh and local variety Sorkh-Dane) and 21 hybrids. Analysis of variance showed that there was a significant difference between genotypes in all studied traits. Griffing;s diallel analysis showed that general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) of the parents for all studied traits except for harvest index were significant. The analysis of variance by Hayman's method showed that the component a (additive variance), component b (dominance variance), component b_2 (unequal frequency of dominant and recessive alleles) and component b_3 (specific combining ability) were significant for most of the traits. Also, the component b_1 (heterosis) was significant in all traits, except for harvest index, peduncle length, biological yield, stem weight and spike weight. The results of this research showed that the local varieties Sorkh-Dane and Alvand were the best and Anfrarm9 and Ofogh were the worst varieties for general combing ability. Also, the hybrids Ghods × Sorkh-Dane and Anfarm9 × Alvand were the best and Ofogh × Sorkh-Dane and Chamran2 × Sorkh-Dane were the worst hybrids for specific combining ability in Birjand weather conditions.

Keywords: Additive and dominance effects, Combining ability, Griffing and Hayman methods, Heritability

1. Assoc. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran
2. Graduated M. Sc., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran
3. Assist. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran
4. Instructor, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran
* Corresponding author: mzabet@birjand.ac.ir