

بر آورد پارامترهای ژنتیکی و قابلیت‌های ترکیب‌پذیری در تلاق‌های دای آلل F_3 گندم

Estimation of Genetic Parameters and Combining Abilities in F_3 Wheat Diallel Crosses

مجیب الرحمان سپاهی^۱، بهرام حیدری^{*}

۱- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار، گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ایران

Sepahi M¹, Heidari B^{*1}

1- Msc student, Associate Professor, Department of Plant Breeding, College of
Ariculture, Shiraz University, Iran

* نویسنده مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: bheidari@shirazu.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۴ - تاریخ پذیرش: ۹۵/۶/۲۸)

چکیده

این پژوهش به منظور برآورد پارامترهای ژنتیکی و بررسی وراثت‌پذیری برخی از صفات مورفولوژیک و اجزای عملکرد گندم با استفاده از طرح تلاق‌های دای آلل یک‌طرفه پنج رقم والدینی (کراس عدل، چمران، مرودشت، شیراز، داراب ۲) انجام شد. پس از تولید نسل‌های F_1 و F_2 ، نتایج تلاق‌های F_3 همراه والدین آن‌ها در سال زراعی ۹۱-۹۲ مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیش‌ترین مقدار وراثت‌پذیری عمومی به تعداد روز تا سنبله‌دهی (۰/۹۷) و کم‌ترین آن به وزن هزار دانه (۰/۷۶) تعلق داشت. بر اساس نتایج مدل جینکز-هیمن و نتایج تجزیه و تحلیل نموداری، نوع عمل ژن برای ارتفاع بوته، تعداد روز تا گلدهی و عملکرد دانه به صورت غالبیت نسبی و برای درصد شاخص برداشت، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه از نوع فوق غالبیت بود. در تجزیه گریفینگ، اثرات GCA و SCA برای همه صفات معنی‌دار شد. نسبت میانگین مربعات GCA به SCA برای روز تا گلدهی معنی‌دار بود که بیانگر سهم بالای اثر افزایشی ژن‌ها در کنترل ژنتیکی این صفت و کارایی بالای انتخاب در به‌نژادی زودرسی است. رقم کراس عدل برای وزن هزار دانه (**۲/۸۴) و عملکرد دانه (**۸/۵۵) بالاترین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی را داشت. بر اساس اثر SCA، کراس عدل × مرودشت برای صفات تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه و شیراز × مرودشت برای وزن هزار دانه، عملکرد دانه و درصد شاخص برداشت بالاترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی را نشان دادند. بنابراین با استفاده از رقم کراس عدل و نتایج حاصل از تلاق‌های با SCA مناسب می‌توان کارایی انتخاب در برنامه‌های به‌نژادی گندم برای عملکرد دانه را افزایش داد. هم‌چنین، می‌توان از ارقام داراب ۲ و چمران با داشتن اثر GCA منفی در به-نژادی برای زودرسی و نیمه پاکوتاهی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی

جینکز-هیمن
دای آلل
عملکرد دانه
گریفینگ
گندم
 F_3

بوته، طول سنبله و تعداد دانه در سنبله در هر دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی و صفت تعداد سنبلچه در سنبله در شرایط تنش خشکی، تحت کنترل اثر افزایشی ژن‌ها می‌باشد. هم-چنین صفات تعداد پنجه بارور و عملکرد بوته در هر دو آزمایش آبیاری و تنش خشکی تحت کنترل اثر فوق غالبیت بودند. در یک مطالعه به‌منظور برآورد خصوصیات ژنتیکی عملکرد دانه و صفات مرتبط در گندم دوروم از تلاقی دای‌آل کامل هفت ژنوتیپ استفاده شد و نتایج نشان داد که رقم Prion-1 دارای بیش‌ترین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی برای صفات وزن دانه در سنبله، تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه تک بوته و شاخص برداشت و دارای کمترین قابلیت ترکیب-پذیری عمومی برای ارتفاع بوته و روز تا گلدهی بود (Vanda and Houshmand 2011).

در بررسی برخی از صفات کمی در ارقام گندم نان مشخص شد که در محیط‌های واجد تنش و بدون تنش خشکی نحوه عمل ژن و برآورد پارامترهای ژنتیکی بسیار متفاوت است و به‌همین دلیل برای بهبود هر یک از صفات مورد بررسی در دو محیط مختلف راهبردهای اصلاحی متفاوتی باید ارایه شود (Chowdhry et al. 1992). (Javaid et al. 2001) با بررسی چهار رقم گندم در تلاقی نیم دای‌آل دریافتند که تنوع ژنتیکی معنی‌داری برای صفات شمار روز تا گلدهی، شمار روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در بوته، عملکرد دانه در بوته و وزن هزار دانه وجود داشت. لذا، با توجه به اهمیت برآورد پارامترهای ژنتیکی کنترل‌کننده صفات در تعیین راهبردها و برنامه‌های به‌نژادی گندم، این مطالعه به منظور برآورد قابلیت‌های ترکیب‌پذیری عمومی ارقام و خصوصی تلاقی‌ها، وراثت‌پذیری و تعیین نوع عمل ژن-های کنترل‌کننده صفات در تلاقی‌های نسل F_3 دای‌آل انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی شیراز در فصل زراعی ۹۲-۱۳۹۱ انجام شد. آزمایش به‌صورت طرح بلوک-های کامل تصادفی در شرایط آبیاری مطلوب با سه تکرار صورت گرفت. هر ژنوتیپ در چهار خط دو متری کشت شد. در هر خط ۲۰ عدد بذر کاشته شد. مقدار ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن

جهت به‌کارگیری ارقام یا تلاقی‌های مناسب در برنامه‌های به‌نژادی عملکرد دانه و سایر صفات اقتصادی در گیاهان، برآورد قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی ارقام و تلاقی‌ها ضروری به نظر می‌رسد. علاوه بر قابلیت‌های ترکیب‌پذیری، آگاهی از نوع عمل ژن‌های کنترل‌کننده صفات، فراوانی آلل‌ها در ارقام مورد بررسی، تعداد تقریبی ژن‌ها و وراثت‌پذیری نقش زیادی در تعیین، طراحی و انتخاب روش‌های به‌نژادی مناسب در گیاهان زراعی دارد. برای دستیابی به این اهداف طرح‌های ژنتیکی متنوعی نظیر طرح‌های کارولینای شمالی، تجزیه میانگین نسل‌ها و طرح تلاقی-های دای‌آل پیشنهاد شده‌است. طرح تلاقی‌های دای‌آل یکی از طرح‌های ژنتیک بیومتری است که در کوتاه‌ترین زمان امکان برآورد و مطالعه بیشترین پارامترهای ژنتیکی کنترل‌کننده صفات در گیاهان را فراهم می‌نماید (Hayman 1954 a, b; Jiang et al. 1994). در تجزیه دای‌آل علاوه بر امکان برآورد قابلیت‌های ترکیب‌پذیری، اطلاعاتی نظیر نوع عمل ژن‌های کنترل‌کننده صفات، توزیع آلل‌های غالب و مغلوب، وراثت‌پذیری و واریانس-های افزایشی و غالبیت به دست می‌آید. ثوری و نحوه تجزیه تلاقی‌های دای‌آل عمدتاً توسط (Hayman 1954 a, b), (Hallauer et al. 2011), (Jinks 1954), (Jinks and Hayman 1953) and (Griffing 1956 a, b) تشریح شده‌است. در مطالعه (Heidari et al. 2006) به‌منظور برآورد میزان قابلیت ترکیب‌پذیری، نوع عمل ژن، قابلیت‌های توارث و دیگر پارامترهای ژنتیکی از تلاقی-های دای‌آل ۹ ژنوتیپ گندم استفاده کردند. در مطالعه آن‌ها میانگین درجه غالبیت برای تعداد دانه در سنبله اصلی و تعداد سنبلچه در سنبله اصلی از نوع غالبیت نسبی و برای عملکرد دانه در بوته، عملکرد بیولوژیک، ارتفاع بوته، شاخص برداشت و وزن هزار دانه از نوع فوق غالبیت گزارش شد (Heidari et al. 2006). در یک مطالعه، (Gill et al. 1984) گزارش کردند که آثار GCA والدین در تجزیه تلاقی‌های دای‌آل در نسل‌های F_1 تا F_5 از تطابق مناسبی برخوردار بودند و نتایج تجزیه گریفینگ از نظر تطابق در نسل‌های مختلف بهتر از نتایج تجزیه گرافیکی جینکز-هیمن بود. (Tahmasebi et al. 2007) با بررسی تلاقی‌های دای‌آل یکطرفه در هشت رقم گندم نشان دادند که صفات ارتفاع

موجود در مساحت برداشت شده و توزین آن‌ها اندازه‌گیری شد. تعداد دانه در سنبله و وزن دانه در سنبله (گرم)، در ۱۰ سنبله در هر کرت از هر ژنوتیپ به‌دست آمد. برای محاسبه شاخص برداشت در گندم، عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) با کف بر کردن بوته‌ها از سطح خاک و توزین نمونه صورت گرفت. شاخص برداشت به‌صورت نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک محاسبه شد. وزن هزار دانه برای هر رقم و تلاقی‌های دای‌آلل با شمارش و توزین دانه‌ها محاسبه شد.

تجزیه واریانس هر صفت بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۵ ژنوتیپ و سه تکرار انجام شد. در صورت معنی‌دار بودن میانگین مربعات ژنوتیپ‌ها از روش دوم مدل ثابت (I) گریفینگ (Griffing 1956b) برای برآورد قابلیت‌های ترکیب‌پذیری عمومی والد‌ها و خصوصی تلاقی‌های نسل F_3 استفاده شد. تجزیه واریانس تلاقی‌های دای‌آلل برای برآورد واریانس‌های افزایشی و غالبیت انجام شد. آزمون آثار قابلیت ترکیب عمومی (G_i) و خصوصی (S_{ij}) با استفاده از آزمون t انجام شد (Sharma and Singh 1982; Sharma 2006). به‌منظور بررسی اهمیت نسبی میانگین مربعات قابلیت‌های ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی از نسبت قابلیت ترکیب بر اساس پیشنهاد بیکر (Baker 1987) و به‌صورت فرمول زیر استفاده شد.

$$\text{Baker ratio} = \frac{2MS_{GCA}}{2MS_{GCA} + MS_{SCA}}$$

به‌منظور بررسی توزیع پراکنش آلل‌های غالب و مغلوب در ارقام والدینی و تعیین نوع عمل ژن‌های کنترل‌کننده صفات از مدل جینکز-هیمن (Jinks and Hayman 1953; Hayman 1954 a, b) استفاده شد. بدین ترتیب که ابتدا واریانس هر والد (V_r) و کواریانس آن با والد غیر مشترک (W_r) محاسبه شد. در تجزیه نموداری، با ترسیم خط رگرسیون W_r روی V_r علاوه بر بررسی صادق بودن فرضیات مدل دای‌آلل، فراوانی آلل‌های غالب و مغلوب در ارقام و نوع عمل ژن برای صفات بر اساس ارقام والدینی در سهمی محدود‌کننده و نوع عمل ژن بر اساس محل قطع محور W_r توسط خط رگرسیون تعیین شد (Hayman 1954a). وراثت‌پذیری عمومی (h_b^2) و خصوصی (h_n^2) بر اساس روش Mather and Jinks (1971) و Mather and Poysa (1983)

و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر در زمان کاشت به خاک مزرعه افزوده شد. علف‌های هرز از طریق وجین دستی در همه مراحل رشد گیاه و مبارزه شیمیایی کنترل شد و در اوایل رشد ساقه مقدار ۷۵ کیلوگرم نیتروژن به‌صورت سرک در مزرعه استفاده شد.

جدول ۱- ارقام والدینی و تلاقی‌های دای‌آلل تولیدکننده نسل F_3 در ارقام گندم

رقم	کراس عدل (۱)	مروودشت (۲)	چمران (۳)	شیراز (۴)	داراب ۲ (۵)
کراس عدل (۱)	کراس عدل	۱×۲	۱×۳	۱×۴	۲×۵
مروودشت (۲)	مروودشت	۱×۲	۲×۳	۲×۴	۲×۵
چمران (۳)	چمران	۱×۲	۲×۳	۳×۴	۳×۵
شیراز (۴)	شیراز	۱×۲	۳×۴	شیراز	۴×۵
داراب ۲ (۵)	داراب ۲	۱×۲	۳×۴	شیراز	داراب ۲

از پنج رقم گندم ۱۰ تلاقی دای‌آلل یک طرفه به‌دست آمد و از بوته‌های نسل F_3 برای تجزیه و تحلیل دای‌آلل استفاده شد (جدول ۱). ارقام والدینی شامل شیراز، چمران، داراب ۲، کراس عدل و مروودشت بودند. رقم شیراز از تلاقی رقم آزادی با یک لاین خارجی در سال ۱۳۶۸ به‌دست آمد و دارای تیپ رشد بهاره بوده و اغلب در مناطق معتدل کشور سازگاری دارد. کشت این رقم در استان‌های اصفهان، فارس، خراسان و بخش‌هایی از استان‌های کرمان، سیستان و بلوچستان و یزد توصیه می‌شود (Saeidi 2005). رقم داراب ۲، رقمی زودرس و بهاره که مبدا آن مکزیکی (مرکز بین‌المللی سیمیت) است و تا حدودی مقاوم به زنگ زرد و قهوه‌ای است و بیش‌تر در استان‌های فارس، کرمانشاه، ایلام، خوزستان و بوشهر کشت می‌شود (Saeidi 2005). رقم مروودشت رقمی زودرس بهاره و متحمل به شوری و خشکی است و بیشتر در مناطق معتدل و نیمه گرمسیری کشت می‌شود (Saeidi 2005). رقم چمران رقمی زودرس، دارای تیپ رشد بهاره و مخصوص مناطق گرم است که بیش‌تر در جنوب، غرب و جنوب شرق ایران کشت می‌شود (Samei 2004).

تاریخ گل‌دهی با شمارش تعداد روز از زمان آبیاری اول در زمان کاشت تا زمان ۵۰ درصد گل‌دهی در هر کرت محاسبه شد. ارتفاع بوته (سانتی‌متر) در مزرعه و در مراحل پس از گرده‌افشانی اندازه‌گیری شد. عملکرد دانه (گرم در مترمربع) با جدا کردن بذرها

استفاده در برنامه‌های به‌نژادی برای تولید ارقام نیمه پاکوتاه است. بالاترین قدرت قابلیت ترکیب خصوصی در تلاقی کراس عدل \times مرودشت مشاهده شد. کمترین میزان قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی نیز در تلاقی مرودشت \times چمران به‌دست آمد. بنابراین، می‌توان در نتایج حاصل از این تلاقی گیاهان نیمه پاکوتاه را جهت استفاده در ادامه برنامه‌های به‌نژادی گندم انتخاب نمود. نتایج تجزیه مقدماتی جینکز-هیمن و آزمون معنی‌داری (آزمون t) ضرایب رگرسیون Wr روی Vr برای همه صفات با صفر تفاوت معنی‌دار و با یک تفاوت غیر معنی‌دار داشت. بنابراین فرضیات مدل جینکز-هیمن برای همه صفات صادق بود و به حذف والد یا تبدیل داده‌ها برای تصدیق و برآورده شدن فرضیات نیاز نبود. به-ترتیب توزیع والدین اطراف خط رگرسیون در محور Wr و Vr (شکل ۱) و سهمی محدود کننده برای ارتفاع بوته نشان می‌دهد که والدینی که فاصله بیشتری از مبدا مختصات دارند، آل‌های مغلوب بیشتر و والدینی که نزدیک مبدا مختصات قرار می‌گیرند، آل‌های غالب بیشتری دارند. در شکل ۱، بیش‌ترین فاصله از مبدأ مربوط به والد رقم مرودشت و کم‌ترین فاصله مربوط به والد رقم چمران داراب ۲ و شیراز است. بنابراین، استنباط می‌شود رقم مرودشت بیش‌ترین آل مغلوب برای ارتفاع بوته را داشت. ارقام چمران و داراب ۲ نیز دارای بیش‌ترین آل غالب برای ارتفاع بوته بودند. با توجه به اثر GCA منفی این دو رقم در تجزیه گریفینگ و موقعیت آن‌ها در تجزیه نموداری هیمن (شکل ۱) استنباط می‌شود، در این صفت پاکوتاهی ارقام توسط ژن‌های غالب کنترل می‌شود. با توجه به محل تقاطع خط رگرسیون در قسمت مثبت محور Wr درجه غالبیت برای این صفت غالبیت نسبی برآورد شد. نتایج مشابهی در تحقیقات دیگر نیز گزارش شده‌است (Lonc and Zalewski 1991; Hassani et al. 2005; Mohammadi et al. 2008; Zare-kohan and Heidari 2012). مقایسه آماره F و آماره $\sqrt{(0.25H_1D) + F}$ نشان داد که فراوانی آل‌های مغلوب در کنترل ژنتیکی ارتفاع بوته بیشتر از آل‌های غالب است (جدول ۵).

معنی‌دار بودن نسبت میانگین مربعات GCA به میانگین مربعات SCA بیانگر سهم بیشتر اثر افزایشی ژن‌ها در کنترل تنوع این صفت است (جدول ۲).

با استفاده از پارامترهای ژنتیکی به‌دست آمده از نتایج تجزیه جینکز-هیمن به‌صورت زیر برآورد شد.

$$h^2_b = \frac{\frac{1}{2}D + \frac{1}{8}H_1 - \frac{1}{16}H_2 - \frac{1}{4}F}{\frac{1}{2}D + \frac{1}{8}H_1 - \frac{1}{16}H_2 - \frac{1}{4}F + E}$$

$$h_n^2 = \frac{\frac{1}{4}D}{\frac{1}{4}D + \frac{1}{4}H_1 - \frac{1}{4}F + E}$$

در فرمول‌های فوق D ، اثر افزایشی، H_1 و H_2 آثار غالبیت ژن‌ها و F کوواریانس آثار افزایشی و غالبیت و مرتبط با فراوانی نسبی آل‌های غالب و مغلوب است. هم‌چنان که نسل‌های پیشرفته تولید می‌شود مقدار H_1 یا به عبارتی جز غالبیت کاهش می‌یابد به-نحوی که در نسل F_2 مقدار آن $\frac{1}{16}$ مقدار H_1 در نسل F_1 است و در $H=0.0$ ، تنوع ژنتیکی فقط با جز افزایشی ژن‌ها مرتبط است (Gill et al. 1984). تجزیه و تحلیل آماری و ژنتیکی داده‌ها در نرم‌افزارهای SAS، Diallel (D2) و Excel انجام شد.

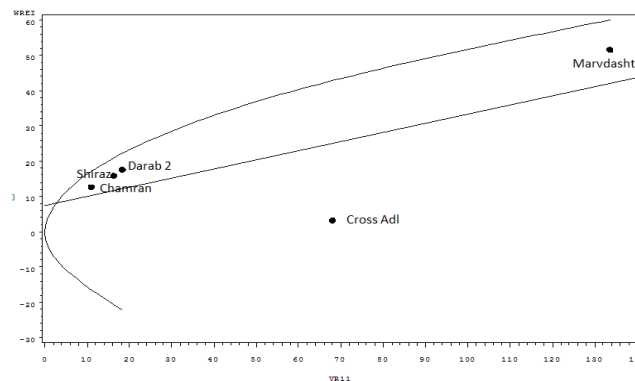
نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس ارتفاع بوته به روش گریفینگ نشان داد که میانگین مربعات GCA و SCA در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). بنابراین، استنباط می‌شود هر دو آثار افزایشی و غیر افزایشی ژن‌ها در کنترل ژنتیکی این صفت نقش داشتند. چنین نتیجه‌ای در تحقیقات دیگران نیز گزارش شده‌است (Singh et al. 1986; Heidari et al. 2006; Iqbal et al. 2006; Zare-kohan and Heidari 2014). معنی‌دار نبودن نسبت میانگین مربعات GCA به میانگین مربعات SCA نشان داد که تفاوت معنی‌داری در سهم اثر افزایشی و غیر افزایشی ژن‌ها در کنترل ژنتیکی این صفت وجود نداشت. قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی ارقام و خصوصی تلاقی‌های دای آل برای ارتفاع بوته در جدول-های ۳ و ۴ آمده است. بیش‌ترین میزان قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی مربوط به رقم کراس عدل بود که نشان دهنده پتانسیل بالای آن در تلاقی با سایر ژنوتیپ‌ها برای افزایش ارتفاع بوته در این آزمایش بود. بزرگترین GCA و منفی در رقم داراب ۲ و چمران مشاهده شد که بیانگر پتانسیل بالای این ارقام برای

جدول ۲- میانگین مربعات ژنوتیپ، قابلیت‌های ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) و خصوصی (SCA) و وراثت‌پذیری صفات در نسل F₃ تلاقی‌های دای‌آلل ارقام گندم

صفات	ژنوتیپ	میانگین مربعات (MS)			وراثت پذیری خصوصی	وراثت پذیری عمومی
		GCA/SCA	SCA	GCA		
ارتفاع بوته	۱۶۲/۳۶ ^{**}	۳/۰۵	۱۰۲/۴۲ [°]	۳۱۲/۲۰ ^{**}	۰/۱۲	۰/۹۷
روز تا گلدهی	۱۲۰/۲۷ ^{**}	۴/۴۰ [°]	۶۴/۹۲ ^{**}	۲۸۵/۶۵ ^{**}	۰/۴۸	۰/۹۹
تعداد دانه در سنبله	۲۲۶/۹۹ ^{**}	۱/۲۵	۲۱۱/۷۲ ^{**}	۲۶۵/۱۳ ^{**}	۰/۵۸	۰/۹۸
وزن هزار دانه	۴۰/۲۴ ^{**}	۱/۷۶	۳۳/۰۴ ^{**}	۵۸/۲۳ ^{**}	۰/۱۸	۰/۹۸
عملکرد دانه	۱۰۰۳/۲۴ ^{**}	۳/۱۹	۶۱۷/۲۷ ^{**}	۱۹۶۸/۱۲ ^{**}	۰/۴۱	۰/۹۹
شاخص برداشت	۰/۰۰۲۴ ^{**}	۰/۰۸	۰/۰۰۲۵ ^{**}	۰/۰۰۲۱ ^{**}	۰/۱۲	۰/۹۹

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد.



شکل ۱- تجزیه نموداری، پراکنش ارقام والدینی تلاقی‌های دای‌آلل F₃ ارقام گندم در طول خط رگرسیون و سهمی محدودکننده برای ارتفاع بوته.

جدول ۳- قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی در والدین تلاقی‌های دای‌آلل تولیدکننده نسل F₃ ارقام گندم.

والد	ارتفاع بوته	روز تا گلدهی	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	شاخص برداشت
کراس عدل	۶۷۲۴ ^{**}	۴/۳۸ [°]	-۲/۸۲ [°]	۲/۸۴ ^{**}	۸/۵۵ ^{**}	۰/۰۰۴
مروذشت	۰/۴۴	۱/۰۹	-۰/۰۲	-۰/۰۱	۵/۰۳ [°]	۰/۰۰۹ [°]
چمران	-۲/۶۸ ^{**}	-۴/۸۶ ^{**}	-۳/۶۲ ^{**}	-۰/۷۴ [°]	۵/۱۸ [°]	-۰/۰۱۴ ^{**}
شیراز	-۰/۳۸	۱/۲۹ [°]	۵/۳۰ ^{**}	-۱/۴۱ ^{**}	-۳/۳۳	۰/۰۰۸ [°]
داراب ۲	-۳/۶۱ ^{**}	-۱/۹۰ [°]	۱/۱۸	-۰/۶۷ [°]	-۱۵/۴۴ ^{**}	-۰/۰۰۷ [°]

* و **: معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد.

جدول ۴- قابلیت‌های ترکیب‌پذیری خصوصی در نسل‌های پیشرفته تلاقی‌های دای‌آلل F₃ ارقام گندم

صفات/تلاقی	کراس عدل	کراس عدل × چمران	کراس عدل × شیراز	کراس عدل × داراب	مروذشت × چمران	مروذشت × شیراز	مروذشت × داراب	چمران × شیراز	چمران × داراب	شیراز × داراب
ارتفاع بوته	۱۴/۶۷ ^{**}	-۳/۱۴ [°]	۱/۱۷ [°]	-۰/۴۶	-۵/۱۴ ^{**}	-۰/۹۸	-۱/۶۵ [°]	۰/۹۳	-۰/۰۴	۳/۷۵ ^{**}
روز تا گلدهی	-۶/۲۵ ^{**}	-۴/۶۳ ^{**}	۰/۸۹	۳/۰۷ [°]	-۳/۳۵ [°]	-۳/۱۶ [°]	۵/۳۷ ^{**}	-۰/۵۴	۱/۳۵	-۵/۱۶ ^{**}
تعداد دانه در سنبله	۱۰/۵۳ ^{**}	۰/۵۷	-۴/۷۴ [°]	۴/۶۴ [°]	۲/۷۹	-۲/۳۵	۱۶/۴۱ ^{**}	-۹/۹۲ ^{**}	۱/۶۷	-۱/۵۹
وزن هزار دانه	۴/۲۰ ^{**}	۱/۳۰ [°]	۰/۱۵	۰/۴۵	۱/۱۹ [°]	۴/۹۲ ^{**}	۱/۱۳ [°]	۲/۰۱ [°]	-۲/۶۱ ^{**}	-۱/۱۰ [°]
عملکرد دانه	۵/۰۱	۲/۶۶	-۴/۹۶	-۹/۰۲ [°]	-۲۹/۱۲ ^{**}	۲۴/۸۶ ^{**}	-۷/۰	-۵/۷۶	۱۴/۴۹ ^{**}	-۵/۷
شاخص برداشت	-۰/۰۱۳	۰/۰۰۲	-۰/۰۴ ^{**}	-۰/۰۴ ^{**}	۰/۰۱۵ [°]	۰/۰۲۵ ^{**}	۰/۰۲ [°]	-۰/۰۲ [°]	-۰/۰۲ [°]	۰/۰۳۳ ^{**}

* و **: معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد.

جدول ۵- آماره‌های حاصل از تجزیه جینکز-هیمن در تلاقی‌های دای آلل نسل F₃ ارقام گندم.

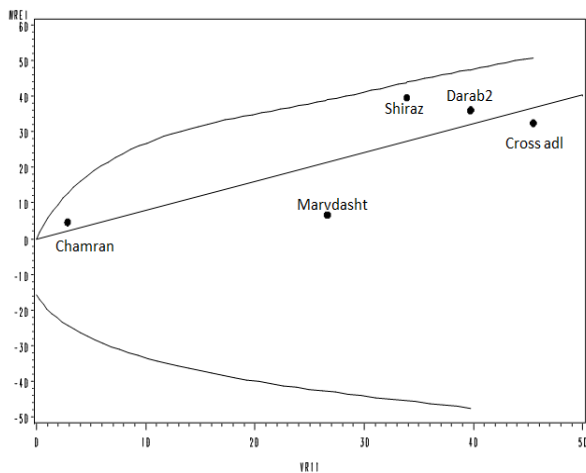
صفت						
آماره	ارتفاع بوته	روز تا گلدهی	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	شاخص برداشت
E	۰/۴۹	۰/۰۵	۰/۷۶	۰/۲۴	۰/۹۵	۰/۰۰۰۰۰۴
D	۱۷/۸۵۳	۵۶/۲۳	۱۳۸/۱۳	۱۲/۱۸	۴۲۱/۷۰	۰/۰۰۰۰۷
F	-۱۶/۰۸۱	۱۸/۵۲	۱۷۸/۴۶	-۱۸/۳۷	۱۵۲/۶۴	-۰/۰۰۰۱۶
H ₁	۱۰۵/۵۷	۷۷/۸۴	۲۷۵/۱۰	۳۳/۴۶	۷۳۹/۵۳	۰/۰۰۰۳۳
H ₂	۸۷/۲۱	۶۷/۹۱	۲۲/۴۶	۲۱/۶۹	۷۱۵/۳۰	۰/۰۰۰۲۳
h ²	۱۵/۷۹	۵۰/۵۹	۳۰/۴۲	۱۶/۴۲	۳۵/۰۰	۰/۰۰۰۰۳
H ₁ -H ₂	۱۸/۳۵	۹/۹۳	۵۴/۶۳	۱۱/۷۸	۲۴/۲۴	۰/۰۰۰۰۱
H ₂ /4H ₁	۰/۲۰	۰/۲۱	۰/۲۰	۰/۱۶	۰/۲۴	۰/۱۷
$0.25\sqrt{\frac{H_1}{D}}$	۰/۶۷	۰/۲۹	۰/۳۵	۰/۴۱	۰/۳۳	۰/۵۴
4h ² /H ₂	۰/۷۲	۲/۹۷	۰/۵۵	۳/۰۲	۰/۱۹	۰/۵۲
$\frac{\sqrt{(0.25H_1D)} + F}{\sqrt{(0.25H_1D)} - F}$	۰/۱۴	۳/۵	۳/۴	-۰/۲۹	۳/۴	-۰/۳۵

شود. هم‌چنین با توجه به مثبت بودن عرض از مبدأ، استنباط شد که این صفت در نسل F₃ تلاقی‌های دای آلل بیش‌تر تحت تاثیر غالبیت نسبی ژن‌ها قرار دارد. در مطالعه (Zare-kohan 2012) and Heidari نیز چنین نتایجی به‌دست آمد. اطلاعات حاصل از تجزیه هیمن (جدول ۵) نشان داد که حداقل سه ژن یا گروه ژنی ($\xi h^2/H_2 = 2/97$) در کنترل ژنتیکی رسیدگی نقش دارد و فراوانی آلل‌های غالب بیشتر از آلل‌های مغلوب می‌باشد.

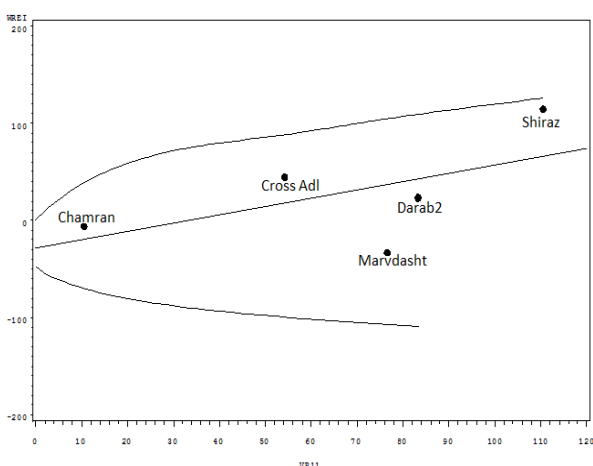
میانگین مربعات ژنوتیپ، قابلیت ترکیب عمومی و خصوصی برای تعداد دانه در سنبله معنی‌دار بود (جدول ۲). بنابراین این صفت از نظر ژنتیکی توسط هر دو آثار افزایشی و غیر افزایشی ژن‌ها در نسل F₃ کنترل می‌شود. مشابه این نتیجه در مطالعات دیگری نیز گزارش شده‌است (Bitzer et al. 1982; Heidari et al. 2006; Tahmasebi et al. 2007; Zare-kohan and Heidari 2014). شکل ۳، بیش‌ترین فاصله از مبدأ مربوط به رقم شیراز و کم‌ترین مربوط به رقم چمران بود. بنابراین، چمران دارای بیش‌ترین آلل غالب و شیراز دارای بیش‌ترین آلل مغلوب برای تعداد دانه در سنبله بود. با توجه به منفی بودن علامت عرض از مبدأ در شکل ۳، این صفت احتمالاً با اثر فوق‌غالبیت ژن‌ها کنترل می‌شود. میانگین مربعات ژنوتیپ، GCA و SCA برای وزن هزار دانه در تلاقی‌های دای آلل معنی‌دار بود (جدول ۲). این نتایج با یافته‌های Mohammadi et (2008) و Heidari (2014) Zare-kohan and هم‌سو است. بیش‌ترین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی برای وزن هزاردانه (۲/۸۴) مربوط به رقم کراس عدل و کم‌ترین (۱/۱۴-)

(1985) Zhang et al. و (2006) Iqbal et al. نیز چنین نتایجی را گزارش نموده‌اند. هم‌چنین (Zare-kohan and Heidari 2012) Heidari et al. (2006) Nanda et al. (1983) و (1993) Rezai and Monzavi karbasi به اهمیت بیشتر اثرات افزایشی در مقایسه با غالبیت در کنترل ژنتیکی شمار روز تا گلدهی اشاره کرده‌اند. بیش‌ترین میزان قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی برای شمار روز تا گلدهی مربوط به رقم والدینی کراس عدل ($4/38^*$) و کم‌ترین آن در رقم چمران ($-4/85^{**}$) و داراب ۲ ($-1/9^*$) بدست آمد (جدول ۳). بنابراین، می‌توان از ارقام داراب ۲ و چمران برای به-نژادی زودرسی استفاده کرد. بالاترین ترکیب‌پذیری خصوصی در تلاقی مرودشت × داراب (۵/۳۶) به-دست آمد (جدول ۴) ولی، کم‌ترین آن در تلاقی کراس عدل × مرودشت (۶/۲۵-) مشاهده شد. بنابراین، می‌توان از بین نتایج حاصل از این تلاقی برای گزینش گیاهان زودرس اقدام نمود. توزیع والدین در سهمی محدود کننده نشان داد که بیش‌ترین فاصله از مبدأ مربوط به رقم کراس عدل و کم‌ترین مربوط به رقم چمران است (شکل ۲). بنابراین، چمران دارای بیش‌ترین آلل غالب و کراس عدل دارای بیش‌ترین آلل مغلوب برای تنوع در تعداد روز تا گلدهی است. با توجه به ضریب GCA منفی رقم چمران در تجزیه گریفینگ و سهمی مثبت و معنی‌دار رقم کراس عدل و موقعیت این ارقام در سهمی محدود کننده در تجزیه نموداری هیمن (شکل ۲) استنباط می‌شود که زودرسی در رقم چمران بیش‌تر با ژن‌های غالب و دیررسی در رقم کراس عدل بیشتر با ژن‌های مغلوب کنترل می-

نمود. کم‌ترین قابلیت ترکیب خصوصی برای تلاقی چمران × مروشدت (۲۹/۱۲-) مشاهده شد (جدول ۴). بر اساس نتایج تجزیه نموداری در شکل ۵، رقم چمران دارای بیش‌ترین آلل غالب و کراس عدل دارای بیش‌ترین آلل مغلوب برای عملکرد دانه است. با توجه به موقعیت عرض از مبدا در خط رگرسیون نوع عمل ژن برای این صفت غالبیت ناقص بود. (Heidari 2014) and Zare-kohan و Mohammadi et al. (2008) نیز نتایج مشابهی گزارش کردند. نتایج تجزیه هیمن (جدول ۵) حاکی از فراوانی بیشتر آلل‌های غالب در کنترل ژنتیکی تنوع عملکرد دانه بود.



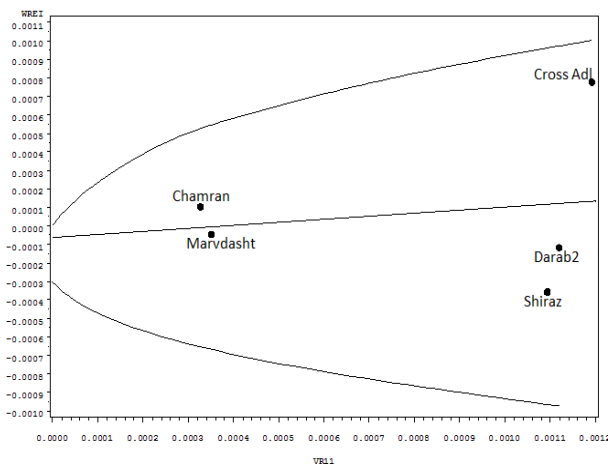
شکل ۲- تجزیه نموداری، پراکنش ارقام والدینی تلاقی‌های دای آلل F_3 ارقام گندم در طول خط رگرسیون و سهمی محدود کننده شمار روز تا گلدهی.



شکل ۳- تجزیه نموداری، پراکنش ارقام والدینی تلاقی‌های دای آلل F_3 ارقام گندم در طول خط رگرسیون و سهمی محدود کننده برای تعداد دانه در سنبله.

مربوط به رقم شیراز بود (جدول ۳). بالاترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی مربوط به تلاقی مروشدت × شیراز (۴/۹۲) به‌دست آمد. بنابراین، می‌توان از بین نتایج حاصل از این تلاقی به‌گزینش گیاهان با وزن بالای هزاردانه اقدام نمود. کم‌ترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی در تلاقی داراب × چمران (۲/۶۱-) مشاهده شد (جدول ۴). با توجه به شکل ۴، بیش‌ترین فاصله از مبدا مختصات مربوط به والد رقم مروشدت و کم‌ترین مربوط به رقم کراس عدل است. بنابراین، کراس عدل دارای بیش‌ترین آلل غالب و مروشدت دارای بیش‌ترین آلل مغلوب در ارتباط با وزن هزار دانه بود. هم-چنین، با توجه به محل قطع خط رگرسیون در قسمت منفی محور W_r استنباط شد که این صفت احتمالاً بیش‌تر تحت تاثیر اثر فوق‌غالبیت ژن‌ها باشد. در مطالعه Gill et al. (1984)، نتایج تجزیه نموداری نشان داد که نوع عمل ژن برای تعداد دانه در سنبله در نسل F_1 از نوع فوق‌غالبیت ولی در نسل‌های F_2 تا F_5 از نوع غالبیت نسبی بود. بر این اساس Gill et al. (1984) گزارش کردند که نتایج تجزیه نموداری در نسل‌های F_2 و پیشرفته از تطابق بیش‌تری در مقایسه با نتایج حاصل تجزیه نسل F_1 برخوردار می‌باشد. نتایج نشان داد که در ارتباط با صفت عملکرد دانه، میانگین مربعات ژنوتیپ و قابلیت‌های ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲). بنابراین، این صفت از نظر ژنتیکی توسط هر دو آثار افزایشی و غیر افزایشی ژن‌ها کنترل می‌شود. نتایج مشابهی در تحقیقات گذشته گزارش شده‌است (Prodanovic 1993; Hassani et al. 2005; Heidari et al. 2006; Zare-kohan and Heidari 2014). معنی‌دار نبودن نسبت میانگین مربعات GCA به میانگین مربعات SCA بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سهم آثار افزایشی و غیر افزایشی ژن‌ها در کنترل ژنتیکی این صفت است. (Heidari et al. 2006), Nanda et al. (1983) و Rezai and Monzavi Karbasi (1993) به نتایج مشابهی دست یافتند. بیش‌ترین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی در ارتباط با صفت عملکرد دانه (۸/۵۵) مربوط به والد رقم کراس عدل و کم‌ترین میزان (۱۵/۴۴-) آن مربوط به رقم داراب ۲ به‌دست آمد (جدول ۳). هم‌چنین بالاترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی در تلاقی مروشدت × شیراز (۲۴/۸۵) به‌دست آمد. بنابراین، می‌توان از بین نتایج حاصل از این تلاقی به‌گزینش گیاهان با عملکرد بالا اقدام

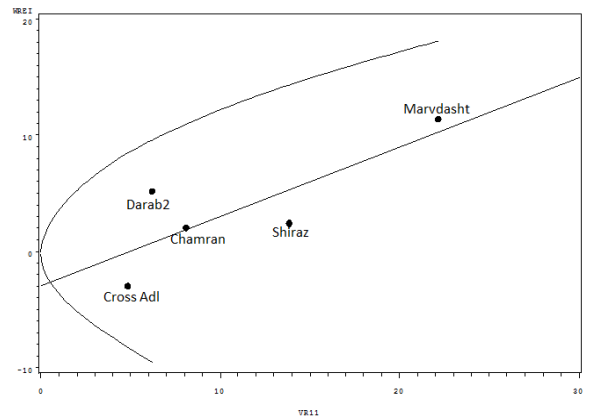
بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی برای تلاقی شیراز × داراب ۲ (۰/۰۳۳) به‌دست آمد و کم‌ترین آن در تلاقی شیراز × کراس عدل (۰/۰۴-) مشاهده شد (جدول ۴). رقم چمران دارای بیش‌ترین آلل غالب و کراس عدل دارای بیش‌ترین آلل مغلوب در ارتباط با صفت شاخص برداشت بود (شکل ۶). هم‌چنین، با توجه به تقاطع خط رگرسیون و محور Wr در قسمت منفی محور Wr استنباط شد که نوع عمل ژن در این صفت فوق‌غالبیت می‌باشد. (1984) Gill et al. و (1970) Tandon et al. در بررسی تلاقی-های دای آلل نسل‌های مختلف نتیجه گرفتند که نتایج تجزیه گریفینگ از دقت و تطابق بیشتری در نسل‌های متوالی برخوردار است. هم‌چنین نتایج مطالعه Baker (1978) نشان داد که برآورده شدن تمام فرضیات مدل دای آلل در تجزیه جینکز-هیمن دشوار است لذا، تجزیه قابلیت‌های ترکیب‌پذیری والدین در تلاقی‌های دای آلل به روش گریفینگ ارجحیت دارد.



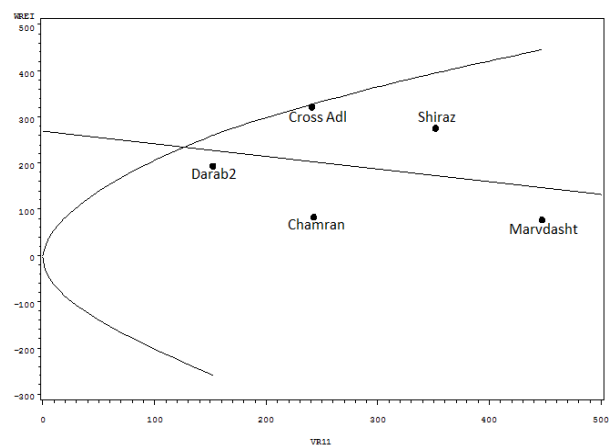
شکل ۶- تجزیه نموداری، پراکنش ارقام والدینی تلاقی‌های دای آلل F₃ ارقام گندم در طول خط رگرسیون و سهمی محدود کننده برای شاخص برداشت.

نتیجه‌گیری کلی

در این آزمایش به‌منظور برآورد پارامترهای ژنتیکی کنترل کننده صفات و وراثت‌پذیری در گندم، تلاقی‌های دای آلل به دو روش پیشنهادی جینکز-هیمن و گریفینگ تجزیه و تحلیل شدند. در مدل جینکز-هیمن، برآورد میانگین درجه غالبیت و نتایج تجزیه و تحلیل نموداری نشان داد که نوع عمل ژن در صفات ارتفاع بوته، تعداد روز تا گلدهی، عملکرد دانه، غالبیت نسبی و در صفات شاخص برداشت، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه از



شکل ۴- تجزیه نموداری، پراکنش ارقام والدینی تلاقی‌های دای آلل F₃ ارقام گندم در طول خط رگرسیون و سهمی محدود کننده برای وزن هزار دانه.



شکل ۵- تجزیه نموداری، پراکنش ارقام والدینی تلاقی‌های دای آلل F₃ ارقام گندم در طول خط رگرسیون و سهمی محدود کننده برای عملکرد دانه.

هم‌چنین پارامتر $H_2/4H_1$ نشان داد که ژن‌های غالب که بر عملکرد اثر افزایشی یا کاهش‌دهنده دارند در والدین به‌صورت نامنظم توزیع شده‌اند.

در صفت شاخص برداشت میانگین مربعات ژنوتیپ و قابلیت‌های ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی معنی‌دار بودند (جدول ۲). بنابراین این صفت از نظر ژنتیکی توسط هر دو اثر افزایشی و غیر افزایشی ژن‌ها کنترل می‌شود. (2005) Hassani et al. (2006) Prodanovic و (1993) Heidari et al. به نتایج مشابهی دست یافتند. معنی‌دار نبودن نسبت میانگین مربعات GCA به میانگین مربعات SCA بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سهم اثر افزایشی و غیر افزایشی ژن‌ها در کنترل این صفت بود. بیش‌ترین میزان قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی برای شاخص برداشت (۰/۰۰۹) در رقم مرودشت و کم‌ترین (۰/۰۱۴-) در رقم چمران محاسبه شد.

عملکرد دانه دارای بهترین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی بوده و می‌توان از این رقم در به‌نژادی صفات ذکر شده به‌طور مؤثر استفاده کرد. محاسبه اثر SCA تلاقی‌ها نشان داد که تلاقی کراس‌عدل × مرودشت برای ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه و تلاقی شیراز × مرودشت برای وزن هزار دانه، وزن سنبله و عملکرد دانه بهترین قابلیت ترکیب‌خصوصی را داشتند. در گیاهان خودگشن می‌توان در بین نتایج تلاقی‌های با SCA بالا بهترین ژنوتیپ‌ها را انتخاب و در ادامه برنامه به‌نژادی مورد استفاده قرار داد. ارقام چمران و داراب ۲ دارای آثار GCA منفی برای روز تا گلدهی و ارتفاع بوته بودند. بنابراین، از این ارقام می‌توان در برنامه‌های به‌نژادی زودرسی و نیمه پاکوتاهی گندم استفاده کرد.

نوع فوق‌غالبیت بود. وراثت‌پذیری عمومی (H_b) در تمام صفات مقدار بالایی بود، اما وراثت‌پذیری خصوصی (H_n) صفات متوسط یا نسبتاً کم برآورد شد. کمتر بودن وراثت‌پذیری خصوصی ممکن است به دلیل نقش اثر غیر افزایشی ژن‌ها یا آثار محیطی در تنوع صفات باشد.

به‌طورکلی، معنی‌دار نبودن نسبت میانگین مربعات GCA به میانگین مربعات SCA در کلیه صفات به‌جز تعداد روز تا گلدهی بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سهم آثار افزایشی و غیر افزایشی ژن‌ها در کنترل ژنتیکی صفات مورد مطالعه بود. ارقام با اثر GCA زیاد در تجزیه دای‌آل دارای حداکثر آل‌های با اثر افزایشی برای به‌نژادی صفات هستند. محاسبه اثر GCA والدین تلاقی‌ها نشان داد که رقم کراس‌عدل برای تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و

منابع

- Baker RJ (1978) Issues in diallel analysis. *Crop Science*, 18: 533-536.
- Bitzer MJ, Patterson FL, Nyquist WE (1982) Hybrid vigor and combining ability in a high-parent diallel cross of soft red winter wheat. *Crop Sciences* 22: 1126-1128.
- Chowdhry AM, Rafiq M, Alam K (1992) Genetic architecture of grain yield and certain other traits in bread wheat. *Pakistan Journal Agricultural Sciences* 13: 216-220.
- Chowdhry AM, Rasool I, Khaliq I, Mahmud T, and Gilani MM (1999) Genetics of some metric traits in spring wheat under normal and drought environment. *Rachis Newsletter* 18:34-39.
- Gill KS, Bhullar GS, Dhillon BS, Khera AS (1984) Comparative evaluation of combining ability and graphical analyses of Diallel cross. *Proceedings of the Indian National Science Academy* 3:337-347.
- Griffing B (1956a) A generalized treatment of the diallel cross in quantitative inheritance. *Heredity* 10:31-50.
- Griffing B (1956b) Concepts of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences* 9:463-493.
- Hallauer AR, Miranda JB, Carena MJ (2011) Quantitative genetics in maize breeding. Springer New York Dordrecht Heidelberg London, 663 pages.
- Hassani M, Saiedi G, Rezaie A (2005) Estimation of genetic parameters and combining ability for grain yield and its components in bread wheat. *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 9:157-171. (In Farsi).
- Hayman BI (1954a) The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics* 39:789-809.
- Hayman BI (1954b) The analysis of variance of diallel tables. *Biometrics* 10:235-244.

- Heidari B, Rezai A, Meybodi SAM (2006) Diallel analysis for estimation of genetic parameters of grain yield and its components in bread wheat. *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 2:121-139. (In Farsi).
- Zare-kohan M, Heidari B (2012) Estimation of genetic parameters for maturity and grain yield in diallel crosses of five wheat cultivars using two different models. *Journal of Agricultural Science* 4: 74-85.
- Zare-kohan M, Heidari B (2014) Diallel cross study for estimating genetic component underlying wheat grain yield. *Journal of Biology Environmental Sciences*, 8: 37-51.
- Iqbal M, Navabi A, Salmon DF, Yang RC, Spaner D (2006) A genetic examination of early flowering and maturity in Canadian spring wheats. *Canadian Journal of Plant Science* 86: 995-1004.
- Javaid A, Masood S, Minhas NM (2001) Analysis of combining ability in wheat (*Triticum aestivum* L.) using F_2 generation. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 4: 1303-1305.
- Jiang J, Friebe B, Gill BS (1994) Recent advances in alien gene transfer in wheat. *Euphytica* 73: 199-212.
- Jinks JL (1954) The analysis of continuous variation in a diallel cross of *nicotiana rustica* varieties. *Genetics* 39: 767-778.
- Jinks JL, Hayman BI (1953) The analysis of diallel crosses. *Maize Genetics Newsletter* 27: 48-54.
- Lonc W, Zalewski D (1991) Diallel analysis of quantitative characters in F_1 hybrid of winter wheat. *Plant Breeding*, 62: 4954.
- Mather K, Jinks JL (1971) *Biometrical Genetics: The study of continuous variation*. Chapman and Hall, London. XII, 382 S.

- Mather DE, Poysa VW (1983) Griffing and Hayman diallel analyses of protein and lysine content of spring triticale. *Canadian Journal of Genetic and Cytology* 25:384-389.
- Mohammadi SH, Khoddambashi Emami M (2008) Graphical analysis for grain yield of wheat and its components using diallel crosses. *Seed and Plant Improvement Journal* 24: 475-486.
- Nanda GS, Virk PS, Gill KS (1983) Diallel analysis over environment in wheat plant characters. *Indian Journal* 38: 220-224.
- Prodanovic S (1993) Genetic values of F₁ wheat hybrids obtained in diallel crosses, *Review of Research Work at the Faculty of Agriculture Belgrade* 38: 25-37.
- Rezai A, Monzavi Karbasi B (1993) Evaluation of genetic control of harvest index and biological yield in 8 winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars using diallel cross analysis. *Iranian Journal of Agricultural Science* 24:1-17. (In Farsi).
- Saeidi A (2005) Characterizations of bread and durum wheat, barley, triticale and rye cultivars introduced by cereal department. Karaj Teaching Agriculture Press. (In Farsi)
- Samei M (2004) Bread making quality of Iranian wheats. *The Growth Journal* 17:17-20. (In Farsi).
- Sharma JR (2006) *Statistical and biometrical techniques in plant breeding*. New Age International. 432 pages.
- Sharma SK, Singh RK (1982) Diallel analysis for combining ability over environments in wheat. *Haryana Agriculture University Journal Research* 12:675-678.
- Singh I, Paroda RS, Behl RK (1986) Diallel analysis for combining ability over environments in wheat. *Wheat Information Service*, 61:74-76.
- Tahmasebi S, Khoddambashi M, Rezai A (2007) Estimation of genetic parameters of grain yield and related characteristics using diallel cross analysis under drought stress and normal irrigation. *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 1:229-240. (In Persian)
- Tandon JP, Joshi AB, Jain KLB (1970) Comparison of graphic and combining ability analysis of diallel crosses in wheat. *Indian Journal of Genetic*, 30:91-103.
- Vanda M, Houshmand S (2011) Estimation of genetic structure of grain yield and related traits in durum wheat using diallel crossing. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 13: 206-218. (In Farsi)
- Zhang H, JiuJiang Y, Kongge W, Xiangke Z (1985) Studies on the inheritance of earliness and its selection in bread wheat. *Acta Botanica Borealioccidentalia Sinica*. Available at: http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTALDNYX198503006.htm