

تجزیه نمودار دووجهی تلاقی‌های دی‌آل و ارزیابی دورگ برتری گندم نان (*Triticum aestivum* L.) در دو محیط عادی و تنش شوری

امیدعلی اکبرپور^۱ و حمید دهقانی^{۲*}

۱ و ۲. دانشجوی دکتری و دانشیار اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۳/۲۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۸/۲۰)

چکیده

شوری یکی از تنش‌های غیرزیستی است و تعیین قابلیت و توان دورگ‌ها در گیاهان می‌تواند برای افزایش عملکرد و تحمل به تنش شوری، استفاده شود. در این تحقیق نتایج به دست آمده از تلاقی رقم‌ها، فلات، بم، قدس، روشن، ارگ، کویر و پیشتاز در یک طرح دی‌آل ۷×۷ کامل در شرایط عادی (نرمال) و تنش شوری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در شهرستان یزد اجرا شد. نتایج تجزیه دورگ برتری (هتروزیس) و نگاره‌ای (گرافیکی) با استفاده از روش GGE biplot در این تحقیق نشان داد که برای صفات عملکرد و وزن زیست‌توده، وراثت‌پذیری خصوصی و عمومی بالا و همچنین توان دورگ تلاقی‌ها در دو شرایط به ویژه در شرایط تنش شوری وجود دارد. برای صفات عملکرد و وزن زیست‌توده در شرایط تنش، نمودار دووجهی (بای‌پلات)، دو گروه دورگ برتر (هتروتیک) متفاوت تشکیل شدند. دامنه دورگ برتری در شرایط عادی برای صفت عملکرد از ۱۸/۵- تا ۲۴/۱ درصد و در شرایط تنش از ۲۱/۳- تا ۶۰/۱ درصد بود. همچنین دامنه دورگ برتری در شرایط عادی برای وزن زیست‌توده از ۲۲/۲- تا ۱۶/۵ درصد و در شرایط تنش شوری از ۱۹/۷- تا ۵۵/۳ درصد بود. نتایج این تحقیق نشان داد که تلاقی‌های معنی‌داری برای درصد دورگ برتری مثبت و منفی در شرایط تنش شوری برای صفات مورد بررسی بود. درصد دورگ برتری بالا و همچنین وراثت‌پذیری خصوصی و عمومی بالای صفات عملکرد دانه و وزن زیست‌توده گندم گویای این بود که امکان‌پذیر است و دستیابی به ژنوتیپ‌های برتر همراه با تثبیت توان نسبی دورگ از بین نتایج با استفاده از روش‌های گزینش در شرایط تنش شوری وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد، کشتزار، نمودار دووجهی، وزن زیست‌توده.

مقدمه

سالانه تحت تأثیر شوری هستند که این مناطق بیشتر در آسیا واقع شده‌اند (Rains & Goyal, 2003; Ashraf & Foolad, 2007). رشد پدیده شوری به صورت سالیانه حدود ۱۰ درصد است (Pessarakli & Szabolcs, 2011). بنابراین گزارش سازمان خواربار و کشاورزی (فائو) حدود ۴۰ درصد از اراضی تحت آبیاری در ایران و عراق متأثر از تنش شوری هستند (FAO, 2005).

تنش شوری یکی از مهم‌ترین عامل‌های زیانبار برای کاهش تولید گیاهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. بیشترین مناطقی که از این پدیده غیرزیستی رنج می‌برند، واقع در شمال مرکز و جنوب آسیا هستند (Fageria et al., 2012). حدود ۲۰ درصد از اراضی کشت‌شده و ۳۳ درصد از اراضی تحت آبیاری

روش‌هایی هستند که می‌توانند برای روبرویی با بحران شوری کمک‌ساز باشند (Mujeeb-Kazi & De, 2009; Leon, 2002; Athar & Ashraf, 2009). بنابراین یافتن تنوع ژنتیکی در خزانه ژنی اول و انتقال آن با سامانه‌های تلاقی که با دشواری‌های کمتری همراه است می‌تواند برای افزایش تحمل به تنش شوری استفاده شود.

در راستای یافتن تنوع کافی و به‌نژادی، دورگ برتری (هتروزیس) یکی از مهم‌ترین دستاوردهای اصلاح نباتات است و استفاده از این پدیده با دورگ‌گیری یکی از موارد جالب توجه محققان اصلاح نژاد است. در گیاهان خودگشن مانند گندم، موفقیت این پدیده به‌طور عمده به جهت و میزان دورگ برتری بستگی دارد (Singh *et al.*, 2004). بررسی دورگ برتری اثر مستقیمی بر گزینش و روش اصلاح دارد. بررسی دورگ برتری اطلاعات سودمندی در زمینه توانایی ترکیب والدین و استفاده از آنها برای اصلاح به محقق می‌دهد (Sharma *et al.*, 1986). برآورد دورگ برتری یا توان دورگ نسبت به میانگین والدین عمومی‌ترین نوع دورگ برتری است. همچنین برآورد دورگ برتری نسبت به بهترین والد که از آن به هتروبلتیوزیس^۱ نام می‌برند، می‌تواند درک بهتری از دورگ برتری واقعی در دورگ‌ها به محقق ارائه دهد. محققان اصلاح گندم بیان داشته‌اند که دورگ برتری استاندارد (توان دورگ نسبت به رقم پرمحصول منطقه) برای عملکرد دانه بر پایه بزرگترین پلات باید از ۶ درصد تا ۴۱ درصد باشد (Borghini *et al.*, 1986; Zehr *et al.*, 1997). (Zehr *et al.*, 1997) Fabrizius *et al.* (1998) بیان داشتند، دورگ برتری ناشی از تنوع ژنتیکی است و به دلیل دخالت نکردن عامل‌های روشن در این پدیده، قابل پیش‌بینی نیست. دورگ برتری در صفتی مانند عملکرد بسیار پیچیده است و ممکن است توسط چندین صفت دیگر کنترل شود (Gautam & Jain, 1985).

یکی از روش‌های مهم برای شناسایی عمل ژن در گیاهان خودگشن و دگرگشن، استفاده از طرح تلاقی دی‌آل است که می‌تواند برای تعیین توارث صفات در

به‌طورکلی دو گزینه برای کاهش آسیب و زیان شوری مطرح است. یک راه بهبود گیاهان برای سازگاری به محیط‌های شور و دیگری بهبود شرایط خاک برای رشد بهتر گیاهان است (Fageria *et al.*, 2012). گزینه دوم نیازمند آبیاری، زهکش و همچنین عملیات کشاورزی با هزینه بالایی است. اطلاعات موجود در بررسی منابع نشان می‌دهد که علاوه بر بهبود خاک، استفاده از تنوع موجود بین‌گونه‌ای و درون‌گونه‌ای متحمل به تنش شوری یکی از بهترین راهبردها برای تولید محصولات در محیط‌های شور است (Flowers & Yeo, 1995; Flowers, 2004; Colmer *et al.*, 2005; Fageria *et al.*, 2011). اگرچه ترکیبی از این دو روش نیز می‌تواند استفاده شود (Fageria *et al.*, 2011).

توسعه تحمل به تنش شوری یکی از مهم‌ترین راهبردها برای افزایش عملکرد در محیط‌های شور است. Ashraf *et al.* (2008) گزارش دادند که تحمل به تنش شوری یک مسئله بسیار پیچیده است و در دو سطح، همه گیاه و سطح یاخته گیاه را با فرایندهای بیوشیمیایی، فیزیولوژیکی در مراحل مختلف رشد و نمو درگیر می‌کند. تنوع ژنتیکی برای تحمل به تنش شوری در برخی از گیاهان پایین است که این امر اصلاح برای این تنش را دشوار می‌سازد (Fageria *et al.*, 2012). زمان بر بودن اصلاح برای تنش شوری، انتقال ژن‌های نامطلوب همراه با صفات مطلوب و دشواری‌های افزونش گیاهانی که با تلاقی‌های درون و برون‌گونه‌ای به‌دست می‌آیند از عمده دشواری‌های روش‌های کلاسیک است. با وجود این تاکنون پیشرفت‌های مرتبط با افزایش تحمل به تنش شوری با روش‌های کلاسیک و متداول بوده و اصلاح مولکولی نقش کمتری در این جهت داشته است (Athar & Ashraf, 2009; Fageria *et al.*, 2012).

مورد توافق همه محققان این است، استفاده از یک روش خاص اصلاحی نمی‌تواند جوابگوی اصلاح برای تنش شوری باشد (Athar & Ashraf, 2009). استفاده از تنوع ژنتیکی خزانه‌های ژنی اول، دوم و سوم، گزینش به کمک نشانگر، نقشه‌یابی مکان‌های ژنی صفات (QTL) به همراه مهندسی ژنتیک از جمله

1. Heterobeltiosis

ساقه‌خوار ذرت (*Sesamia nonagrioides*)، روش استفاده و مدل‌های ریاضی آن را ارائه دادند. در تحقیقی Dehghani *et al.* (2005) از روش نمودار دووجهی در تفسیر داده‌های دی‌آل مرتبط با چگونگی مقاومت به زنگ زرد در گندم استفاده شد. همچنین Dehghani *et al.* (2012a) از این روش برای شناسایی رفتار ژنتیکی صفات عملکرد و اجزای عملکرد طالبی استفاده کردند. Dehghani *et al.* (2012b) با بررسی ۲۳ ژنوتیپ نوترکیب گندم دوروم در سه شرایط کنترل، سطح میانگین و بالای شوری، کنترل ژنتیکی نسبت K^+/Na^+ توسط کروموزوم 4D را توسط روش نمودار دووجهی تجزیه و تحلیل کردند و با استفاده از این روش ژنوتیپ \times صفت ارتباط بین هر یک از صفات با ژنوتیپ‌ها را نشان داده شد و دو رگه (لاین) دارای عملکرد بالا و تحمل به تنش شوری را شناسایی کردند.

شناسایی ساختار ژنتیکی عملکرد، برآورد میزان تنوع و همچنین دورگ برتری به عنوان یک منبع تنوع امیدبخش یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های به‌نژادگران گندم برای رویارویی با تنش شوری در مقایسه با شرایط عادی است. لذا هدف از این تحقیق شناسایی نوع عمل ژن و رفتار ژنتیکی والدین، شناسایی گروه‌های دورگ برتر و برآورد میزان دورگ برتری در صفات عملکرد و وزن زیست‌توده با استفاده از روش‌های گریفینگ (Griffing, 1956) و GGE Biplot است.

مواد و روش‌ها

مواد ژنتیکی شامل هفت رقم ایرانی گندم نان شامل فلات، بم، قدس، روشن، ارگ، کویر و پیش‌تاز که دامنه‌ای از حساسیت تا متحمل به شوری را داشتند، گزینش و از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شدند (Poustini & Siosemardeh, 2004; Poustini *et al.*, 2007). در آغاز کشت والدین برای انجام تلاقی‌ها و به‌دست آوردن بذره‌های دورگ لازم از سال ۱۳۹۰ آغاز و تا سال ۱۳۹۲ ادامه یافت. پس از آماده شدن بذره‌های دورگ در اول آذر ماه ۱۳۹۲ آماده‌سازی زمین در مزرعه تحقیقاتی مرکز

بین ژنوتیپ‌ها، گزینش والد برتر برای تولید دورگ، شناسایی ساختار ژنتیکی و کشف پدیده توان دورگ برتری برای پیشرفت ژنتیکی به‌کار برده شود (Hallauer *et al.*, 2010). در روش‌های تجزیه معمولی در طرح دی‌آل (Hayman 1954; Griffing 1956) همه واریانس ناشی از تلاقی‌ها به دو بخش عمده ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) و ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) تقسیم می‌شود. واریانس SCA بخشی از واریانس کل است که توسط واریانس GCA توجیه نمی‌شود.

روش نمودار دووجهی (بای‌پلات) که توسط Yan (2001) برای توجیه روابط اثر متقابل ژنوتیپ در محیط ارائه شد، قابلیت استفاده برای قالب (ماتریس) تلاقی دی‌آل را نیز دارد و از آن می‌توان برای بررسی اثرگذاری‌های GCA هر والد، اثرگذاری‌های SCA هر والد، شناسایی بهترین ترکیب ژنوتیپ^۱ - محک^۲ و بهترین محک، شناسایی گروه‌های دورگ برتر (هتروتیک) و درک ساختار ژنتیکی والدها برای صفات مورد ارزیابی، استفاده کرد. این روش بدون مفروضات اولیه است و به دلیل یکسان بودن والدین در سطر و ستون، به جای محیط‌ها در قالب ژنوتیپ در محیط، محک‌ها قرار می‌گیرند (Yan & Hunt, 2002; Kang & Yan, 2003). روش نمودار دووجهی بر پایه تجزیه به مؤلفه‌های اصلی است. مؤلفه‌هایی که در مدل باقی می‌مانند درک بهتری از روابط بین ژنوتیپ - محک ارائه می‌دهند. برتری استفاده از روش نمودار دووجهی این است که از دو بعد اولیه (PC_1 و PC_2) برای ترسیم روابط و همچنین برآوردهای GCA و SCA استفاده می‌کند. اما گزارشی برای استفاده از رفتار دورگ برتری در تحمل به شوری و بررسی آن به روش نمودار دووجهی وجود ندارد، ولی گزارش‌های متعددی در مورد استفاده از روش نمودار دووجهی برای تفسیر داده‌های دی‌آل وجود دارد. Yan and Hunt (2002) با ارائه روش نمودار دووجهی برای تفسیر داده‌های مرتبط با روش دی‌آل در مقاومت به بیماری سوختگی سنبله گندم (*Stagonospora nodorum*) و کرم

1. Entry
2. Tester

(2005) انجام گرفت. میزان دورگ برتری بر پایه میانگین والدین و فرادورگ برتری (هتروبلتیویزیس) بر پایه والد برتر به روش زیر محاسبه شدند.

$$\text{Heterosis} = \frac{F_1 - MP}{MP} \quad (۱)$$

(Fonseca & Patterson, 1968)

$$\text{Heterobeltiosis} = \frac{F_1 - BP}{BP} \quad (۲)$$

(Fonseca & Patterson, 1968)

همچنین خطای استاندارد برای مقادیر دورگ برتری و فرادورگ برتری به ترتیب بر پایه فرمول‌های زیر محاسبه شد.

$$SE_H = \sqrt{\frac{3MSE}{2r}} \quad (۳)$$

(Roy, 2000)

$$SE_{HB} = \sqrt{\frac{2MSE}{r}} \quad (۴)$$

(Roy, 2000)

در روابط بالا r ، شمار تکرار؛ F_1 ، ارزش دورگ؛ MP ، ارزش میانگین والدین؛ BP ، ارزش والد برتر؛ MSE ، واریانس خطای تجزیه واریانس و SE میزان خطای استاندارد است.

میانگین تلاقی‌ها در یک قالب دو سویه ژنوتیپ-محک برای هر محیط عادی و تنش شوری به صورت جداگانه و بر پایه روش Yan & Hunt (2002) تشکیل شد. هرچند روش نمودار دوجهی برای آزمایش‌های ناحیه‌ای ایجاد شده است (Yan, 2000; Yan *et al.*, 2001). اما کاربرد آن برای همه داده‌های دوسویه که ساختار ژنوتیپ - محک دارند، از جمله داده‌های آزمایش دی‌آلل که در آن هر والد هم یک ژنوتیپ (انتری) و هم یک محک (تستر) بوده، فراهم است. محققان مختلفی در تحقیقات خود از هر والد هم به عنوان انتری و هم به عنوان ژنوتیپ محک برای بررسی ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی استفاده کرده‌اند (Yan & Hunt, 2002; Dehghani *et al.*, 2005; Dehghani *et al.*, 2012a). مدل استفاده‌شده برای تجزیه نمودار دوجهی بر پایه تجزیه به مؤلفه‌های اصلی دوسویه با تمرکز بر روی محک بود (Yan & Kang, 2003) که در معادله زیر نشان داده شده است.

ملی تحقیقات شوری یزد با طول و عرض جغرافیایی $27^{\circ}54'E$ و $31^{\circ}99'N$ انجام گرفت. در آغاز زمین به صورت مسطح صاف شد و آن‌گاه با استفاده از بیلچه و فاروئر شیارهایی به عمق ۵ سانتی‌متر و به طول ۱ متر ایجاد شد، فاصله بین شیارها از همدیگر ۲۰ سانتی‌متر بود. نقشه کاشت ۴۹ ژنوتیپ (۲۱ تلاقی مستقیم، ۲۱ تلاقی معکوس و ۷ والد) برای کاشت در تاریخ ۹ آذرماه ۱۳۹۲ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط عادی و تنش شوری تهیه شد. بذرها در دورگ و والدی به‌طور مستقیم با دست در عمق ۳-۴ سانتی‌متری کشت شدند. فاصله روی ردیف و بین بذرها هر ردیف ۵ سانتی‌متر بود و در هر ردیف برای والدین و دورگ‌ها ۱۷ بذر کشت شد. پس از کاشته شدن بی‌درنگ با استفاده از آبیاری آب غیرشور یا معمولی با هدایت الکتریکی (EC) 2 dS/m آبیاری انجام گرفت و کرت اصلی به طور کامل غرقاب شد. سپس از مرحله ۳-۴ برگی و پس از اطمینان از استقرار بوته‌ها، آبیاری شرایط تنش شوری با $EC 6 \text{ dS/m}$ آغاز شد و تا $EC 12 \text{ dS/m}$ در مراحل بعدی آبیاری به تدریج افزایش یافت. برای اعمال تنش شوری در مزرعه، آب غیرشور با $EC 2 \text{ dS/m}$ با آب شور پمپاژشده از مخزن جداگانه با $EC 14 \text{ dS/m}$ با نسبتی به یک لوله خروجی هدایت شدند، به‌طوری‌که $EC 12 \text{ dS/m}$ رسید. پس از چندین بار اندازه‌گیری و اطمینان از EC مورد نظر آب به مزرعه پمپاژ شد.

همه بوته‌های هر کرت آزمایشی به صورت جداگانه پس از خرمکوب دستی با ترازوی دیجیتال وزن شد و پس از معادل‌سازی عملکرد نهایی ثبت و مشخص شد. همچنین از بالای طوقه گیاه همه اندام‌ها به همراه دانه توزین و به عنوان وزن زیست‌توده ثبت شد. برای انجام تجزیه‌های آماری، در آغاز عادی بودن خطاهای آزمایشی با آزمون کولموگروف-اسیمونوف (Kolmogorov-Smirnov) در نرم‌افزار SAS 9.2 انجام شد (SAS, 2008). تجزیه واریانس بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بر مبنای روش اول (Method1) مدل اول و دوم گریفینگ (Griffing, 1956) و با استفاده از برنامه SAS، Zhang & Kang

والدینی قرار دادند. تجزیه مورد نظر با استفاده از نرم‌افزار GGEbiplot (Yan, 2001) انجام شد.

نتایج و بحث

آزمون عادی‌سازی داده‌ها گویای عادی بودن داده‌های آزمایش برای هر دو صفت عملکرد و وزن زیست‌توده در هر دو شرایط بودند (نتایج نشان داده نشدند). تجزیه واریانس برای عملکرد در شرایط عادی و تنش نشان داد که اثرگذاری‌های ژنوتیپ، ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی، اثرگذاری‌های معکوس، اثرگذاری‌های مادری و غیرمادری در سطح احتمال ۰/۰۱ معنی‌دار بود (جدول ۱).

$$\hat{Y}_{ij} - \mu - \beta_j = g_{i1}e_{1j} + g_{i2}e_{2j} + \varepsilon_{ij} \quad (5)$$

به طوری که \hat{Y}_{ij} ارزش مورد انتظار برای تلاقی ژنوتیپ i ام با محک j ام، μ میانگین کل و β_j اثر اصلی محک j ام است. g_{i1} و e_{1j} اثرگذاری‌های اولیه برای ژنوتیپ i ام و محک j ام است. همچنین g_{i2} و e_{2j} اثرگذاری‌های ثانویه برای ژنوتیپ i ام و محک j ام است و ε_{ij} باقی‌مانده است که توسط دو مؤلفه اول توجیه نمی‌شود. در شکل‌های به‌دست‌آمده از روش GGE Biplot (Yan & Hunt, 2002) از محور PC1 به عنوان یک خط متمایزکننده نام بردند و ارتباط برعکس بین والدین محک-ژنوتیپ در دو طرف مثبت و منفی محور PC2 را ملاک دورگ برتر بودن گروه‌های

جدول ۱. تجزیه واریانس به روش گریفینگ برای صفت عملکرد در دو شرایط عادی و تنش

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد		وزن زیست‌توده		امید ریاضی	
		عادی	تنش شوری	عادی	تنش شوری	مدل I	مدل II
تکرار	۲	۱۸۶ ^{ns}	۱۱۱۰ ^{**}	۶۵۷۰ ^{**}	۲۶۴۴ [*]	-	-
ژنوتیپ	۴۸	۸۲۲ ^{**}	۱۵۸۸ ^{**}	۴۶۳۸ ^{**}	۹۹۷۲ ^{**}	-	-
GCA	۶	۳۳۲۱ ^{**}	۴۷۲۰ ^{**}	۱۷۲۶۴ ^{**}	۳۰۳۵۰ ^{**}	$\sigma_e^2 + \frac{2(p-1)}{p}\sigma_s^2 + 2p\sigma_g^2$	$\sigma_e^2 + 2p(\frac{1}{p-1})\sum g_i^2$
SCA	۲۱	۳۳۷ ^{**}	۸۶۶ ^{**}	۲۳۸۴ ^{**}	۶۱۳۰ ^{**}	$\sigma_e^2 + \frac{2(p^2-p+1)}{p}\sigma_s^2$	$\sigma_e^2 + \frac{2}{p(p-1)}\sum_i \sum_j g_{ij}^2$
اثر معکوس	۲۱	۵۹۴ ^{**}	۱۴۱۵ ^{**}	۳۲۸۶ [*]	۷۹۹۳ ^{**}	$\sigma_e^2 + 2\sigma_r^2$	$\sigma_e^2 + 2(\frac{2}{p(p-1)})\sum_{i < j} r_{ij}^2$
اثر مادری	۶	۱۰۵۰ ^{**}	۲۱۲۱ ^{**}	۶۸۴۳ ^{**}	۹۴۶۱ ^{**}	-	-
اثر غیرمادری	۱۵	۴۱۱ ^{**}	۱۱۳۳ ^{**}	۱۸۶۳ ^{**}	۷۴۰۶ ^{**}	-	-
خطا	۹۶	۷۸/۸۷	۷۲/۵۷	۶۰/۶	۶۲۰	σ_e^2	σ_e^2
CV	-	۷/۲۷	۷/۸	۷/۳۱	۸/۰۴	-	-
واریانس افزایشی	-	۱۴۲/۳۸	۱۸۴/۳۸	۷۱۰	۱۱۵۹	-	-
واریانس غالبیت	-	۴۸/۹۵	۱۵۰/۷	۳۳۸	۱۰۴۷	-	-
درجه غالبیت	-	۰/۸۳	۱/۲۸	۰/۹۸	۱/۳۴	-	-
وراثت‌پذیری عمومی	-	۰/۸۸	۰/۹۳	۰/۸۴	۰/۹۱	-	-
وراثت‌پذیری خصوصی	-	۰/۶۵	۰/۵۱	۰/۵۷	۰/۴۸	-	-
نسبت ژنتیکی	-	۰/۷۴	۰/۵۵	۰/۶۸	۰/۵۳	-	-

ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار؛ * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد؛ p، شمار والدین؛ σ_e^2 واریانس خطا، σ_g^2 واریانس GCA، σ_s^2 واریانس SCA، σ_r^2 واریانس تلاقی معکوس.

شکل ۱ برای شرایط عادی و تنش شوری ترسیم شده است. در شکل ۱ (الف و ب) ژنوتیپ روشن در منتهی‌الیه جهت مثبت بردار ATC و ژنوتیپ فلات نیز در منتهی‌الیه جهت منفی بردار ATC قرار گرفت. با استفاده از خطوط عمود بر محور ATC می‌توان رتبه والدین برای GCA را

برآورد اثرگذاری‌های GCA صفت عملکرد در شرایط عادی و تنش شوری نشان داد که رقم روشن بیشترین میزان GCA در هر دو شرایط عادی و تنش را دارد و رقم فلات کمترین میزان GCA را در هر دو شرایط به خود اختصاص داد (جدول ۲). این نتیجه در نمودار دوجویی

۷۷/۹ درصد کل واریانس و در شرایط تنش ۶۵/۶ درصد کل واریانس ناشی از قالب دو سوبه دی آل را توجیه کردند. شایان یادآوری است که تجزیه مورد نظر با حذف اثرگذاری‌های مادری بود، یعنی میانگین تلاقی‌های رفت و برگشت به جای هر دوی آن‌ها جایگزین شد، که با اثرگذاری‌های GCA و SCA اختلاط نداشته باشد (Yan & Kang, 2003).

در این نمودار مشخص کرد (Yan and Hunt, 2002). در این تحقیق در شرایط عادی، رتبه GCA عملکرد والدین به ترتیب روشن < بم \approx پیشتاز < قدس < ارگ < کویر < فلات بود (شکل ۱. الف). در شرایط تنش نیز رتبه GCA والدین به ترتیب روشن < بم < ارگ < قدس < پیشتاز < کویر بود (جدول ۲ و شکل ۱. ب). در شرایط عادی دو مؤلفه اول نمودار دووجهی حدود

جدول ۲. برآورد مقادیر GCA و SCA برای دو صفت عملکرد و وزن زیست‌توده در شرایط عادی و تنش شوری در گندم (برای SCA قطر بالا تنش شوری و قطر پایین شرایط عادی هستند)

صفت	پیشتاز	کویر	ارگ	روشن	قدس	بم	فلات	والدین عادی (GCA)	تنش شوری (GCA)
عملکرد	۶/۴۲ ^{ns}	۱۶/۴۲ ^{**}	۰/۱۵ ^{ns}	-۱۲/۴۶ ^{**}	۱۰/۰۹ ^{**}	-۵/۰۶ ^{ns}	فلات	-۱۷/۵۸ ^{**}	-۱۷/۰۳ ^{**}
	۱۸/۴۸ ^{**}	۸/۹۱ [*]	-۱۵/۴ ^{**}	۱/۸۷ ^{ns}	-۸/۳۵ [*]	-۱/۲۸ ^{ns}	بم	۲/۳ ^{ns}	۷/۶۷ ^{**}
	۱۸/۱ ^{**}	۴/۳۲ ^{ns}	۱۴/۴ ^{**}	۴/۶۹ ^{ns}	-۳/۶۳ ^{ns}	-۳/۶۳ ^{ns}	قدس	۱/۵۷ ^{ns}	-۰/۶ ^{ns}
	۱۴/۳۳ [*]	۱۰/۱۵ ^{**}	۴/۱۱ ^{ns}	-۳/۶۳ ^{ns}	-۷/۴۴ [*]	۳/۴۱ ^{ns}	روشن	۱۲/۲۴ ^{**}	۱۶/۵۴ ^{**}
	۱۶/۰۲ [*]	-۱۹/۳۵ ^{**}	-۵/۶۲ ^{ns}	-۷/۴۴ [*]	۳/۰۸ ^{ns}	-۰/۶۷ ^{ns}	ارگ	۱/۰۷ ^{ns}	۱/۸۳ ^{ns}
	-۱۲/۱۹ ^{ns}	-۵/۹۷ ^{ns}	۱/۱۷ ^{ns}	۳/۰۸ ^{ns}	-۲/۹۶ ^{ns}	-۱۲/۱۲ ^{**}	کویر	-۱/۶۲ ^{ns}	-۶/۷۲ ^{**}
	-۵/۹۷ ^{ns}	۷/۵۹ ^{ns}	-۱۳/۸۲ [*]	-۲/۹۶ ^{ns}	-۹/۷ ^{ns}	-۴/۵۷ ^{ns}	پیشتاز	۲/۰۳ ^{ns}	-۱/۶۹ ^{ns}
	-۱/۱۴ ^{ns}	۶۶/۱۵ ^{**}	-۱۱/۳۸ ^{ns}	-۲۹/۵۶ ^{**}	۲۳/۷۶ [*]	-۲۲/۰۴ [*]	فلات	-۳۵/۶۷ ^{**}	-۴۰ ^{**}
	۳۸/۸۵ [*]	۷/۹۷ ^{ns}	-۳۲/۰۶ ^{**}	۱۱/۰۳ ^{ns}	-۱۹/۳۵ [*]	-۹/۰۱ ^{ns}	بم	۲/۸۳ ^{ns}	۱۷/۳۷ ^{**}
	۲۳/۱۴ ^{ns}	۱۱/۶۸ ^{ns}	۴۴/۴۹ ^{**}	۴/۲۶ ^{ns}	-۹/۹۴ ^{ns}	۸/۴۶ ^{ns}	قدس	۵/۴۷ ^{ns}	-۱/۲۳ ^{ns}
وزن زیست‌توده	۴۶/۵۲ ^{**}	۲/۳۶ ^{ns}	۱۰/۱۷ ^{ns}	-۳۱/۸۹ ^{**}	-۱۶/۱۵ ^{ns}	۹/۲۲ ^{ns}	روشن	۳۱/۳۶ ^{**}	۴۴/۶۳ ^{**}
	۳۹/۲۳ [*]	-۵۳/۱۳ ^{**}	-۱۶/۲۲ ^{ns}	-۱۳/۵۸ ^{ns}	۰/۲۲ ^{ns}	۰/۹۶ ^{ns}	ارگ	۶/۵۷ ^{ns}	-۱/۰۶ ^{ns}
	-۱۴/۳۳ ^{ns}	-۳/۶۲ ^{ns}	۸/۸۳ ^{ns}	۴۰/۶ ^{**}	-۲/۱۹ ^{ns}	-۳۷/۷۲ ^{**}	کویر	-۱۱/۳۵ ^{**}	-۲۰/۹۶ ^{**}
	-۱۵/۳۶ ^{ns}	-۱۳/۶۷ ^{ns}	-۴۹/۶۲ ^{**}	۳/۲۷ ^{ns}	-۴۸/۳۶ ^{**}	۱۰/۲ ^{ns}	پیشتاز	۰/۷۹ ^{ns}	۱/۲۹ ^{ns}

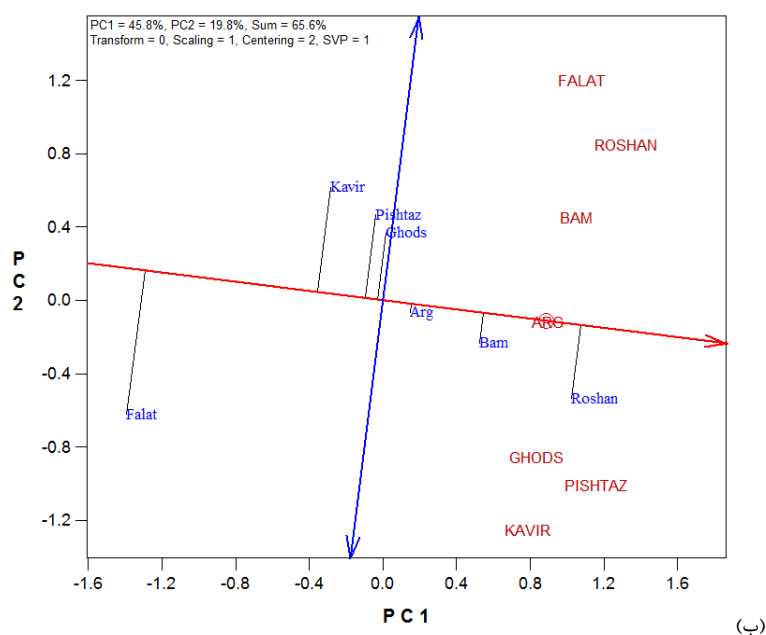
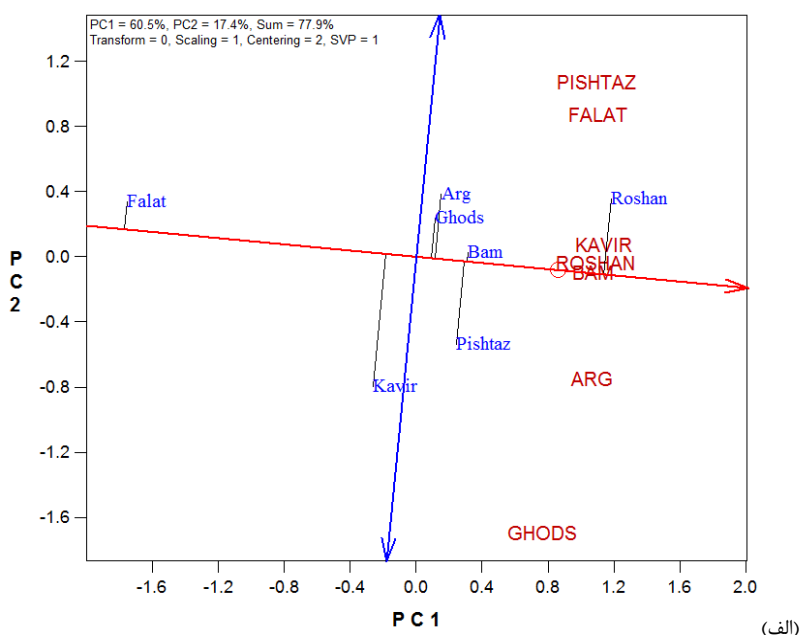
ns نبود معنی‌داری؛ * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

کمترین فاصله را دارند دارای ترکیب‌پذیری خصوصی کمتر و والدینی که فاصله بیشتری دارند دارای ترکیب‌پذیری خصوصی بالایی هستند (Yan & Kang, 2003). بر این پایه، در شرایط عادی والد کویر، پیشتاز، روشن و ارگ ترکیب‌پذیری خصوصی بیشتری دارند و والدین فلات، قدس و بم اثرگذاری‌های SCA کمتری دارند. در شرایط تنش والد فلات، کویر، پیشتاز و روشن به ترتیب بیشترین ترکیب‌پذیری خصوصی را داشته و والدین قدس، ارگ و بم ترکیب‌پذیری خصوصی کمتری را دارند. مقایسه نگرانه‌ای (گرافیکی) شکل ۱ (الف و ب) در دو شرایط عادی و تنش نشان داد که اثرگذاری‌های ترکیب‌پذیری خصوصی والدین در توجیه عملکرد متفاوت بود و میزان ترکیب‌پذیری خصوصی بسته به میزان انحراف از محور ATC در

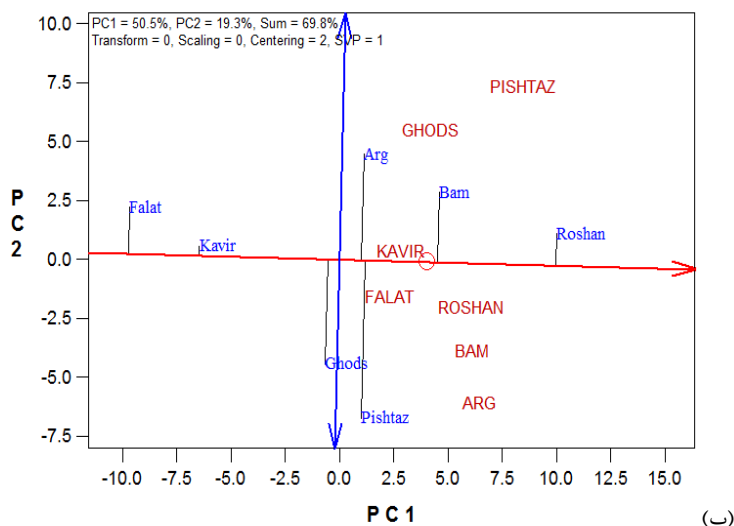
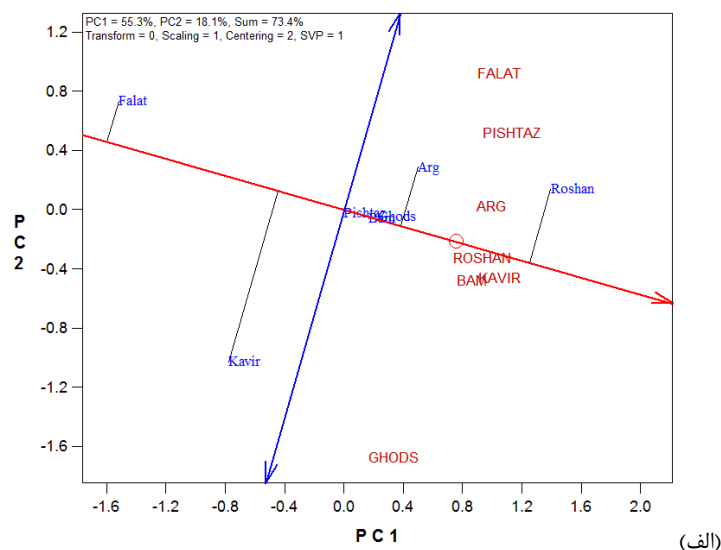
برای صفت وزن زیست‌توده نیز در شرایط عادی رتبه GCA به ترتیب ژنوتیپ‌های روشن < ارگ < پیشتاز \approx قدس \approx بم < کویر < فلات بود. میزان SCA والدین نیز به ترتیب مربوط به والدین کویر، روشن، ارگ و فلات بود و دیگر ژنوتیپ‌ها ترکیب‌پذیری خصوصی بالایی نشان ندادند (جدول ۲ و شکل ۲. الف). همچنین برای شرایط تنش ترتیب رتبه بیشترین به کمترین برآورد GCA شامل روشن < بم < پیشتاز \approx ارگ < قدس < کویر < فلات بود (جدول ۲). در شرایط تنش برای صفت وزن زیست‌توده نیز SCA ژنوتیپ‌های پیشتاز < ارگ \approx قدس < بم < روشن < فلات بود (جدول ۲ و شکل ۲. ب). میزان SCA در نمودار دووجهی با توجه به میزان انحراف و فاصله خطوط عمود بر ATC محاسبه می‌شود. والدینی که

هر دو شرایط ترکیب‌پذیری خصوصی بالایی از خود نشان دادند. از دلایل بروز بالا بودن ترکیب‌پذیری خصوصی والدین نام‌برده در هر دو شرایط، می‌توان به متحمل بودن آن والدین در شرایط تنش شوری و همچنین سازگاری آنها به محیط و منطقه آب و هوایی محل اجرای آزمایش، اشاره کرد.

برخی از والدین از محیط عادی به محیط تنش یکسان نبود که گویای الگوی متفاوت عمل ژن در دو محیط بود. اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، اثر $GCA \times$ محیط و همچنین اثر $SCA \times$ محیط برای هر دو صفت عملکرد و وزن زیست‌توده معنی‌دار بود (نتایج نشان داده نشدند). اگرچه والدین روشن، کویر و پیشتاز در



شکل ۱. نمودار نمودار دوجوهی برای ترسیم میزان GCA و SCA عملکرد در شرایط: الف) عادی و ب) تنش بر پایه بردار ATC که با دایره کوچک مشخص شده است.



شکل ۲. نمودار دووجهی برای ترسیم GCA و SCA وزن زیست توده در شرایط: (الف) عادی و (ب) تنش بر پایه بردار ATC که با دایره کوچک مشخص شده است.

محک قدس داشتند (شکل ۵. الف). در شرایط تنش در صفت عملکرد، ژنوتیپ‌های روشن، بم و ارگ به ترتیب بیشترین ترکیب‌پذیری خصوصی را با همه محک‌ها داشتند به ویژه ژنوتیپ روشن با محک‌های قدس، پیشتاز و کویر ترکیب‌پذیری خصوصی خیلی بالایی داشتند (شکل ۵. ب). برای صفت وزن زیست توده در شرایط عادی نیز ژنوتیپ روشن و ارگ با دیگر محک‌ها به جز قدس و ژنوتیپ کویر با محک قدس ترکیب‌پذیری خصوصی بالایی نشان دادند (شکل ۶. الف). در شرایط تنش نیز ژنوتیپ روشن و بم با همه محک‌ها ترکیب‌پذیری خصوصی بالایی داشتند (شکل ۶. ب).

میزان ترکیب‌پذیری خصوصی والدین و بهترین ترکیب برای ژنوتیپ - محک برای صفت عملکرد در شرایط عادی با استفاده از نمودار دووجهی نشان داده شد (شکل ۵. الف). در شرایط عادی چندضلعی نمودار دووجهی به سه بخش تقسیم شد و در رأس چندضلعی درون هر بخش ژنوتیپ‌ها قرار گرفتند (شکل ۵. الف). برای صفت عملکرد در شرایط عادی والد روشن و سپس والدین قدس، بم و ارگ بیشترین ترکیب‌پذیری خصوصی را با محک‌های پیشتاز، فلات، کویر، روشن، بم و ارگ داشتند و ژنوتیپ‌های کویر و پیشتاز نیز بیشترین ترکیب‌پذیری خصوصی را با

پایه نمودار دوجوهی دو گروه دورگ برتر قدس و ارگ در گروه اول و پیشتاز و کویر به عنوان گروه دوم در شرایط عادی وجود داشتند (شکل ۲. الف).

در شرایط تنش برای صفت عملکرد بیشترین درصد دورگ برتری به ترتیب مربوط به تلاقی‌های ارگ × پیشتاز (۶۰/۱)، پیشتاز × بم (۵۷/۸)، قدس × فلات (۵۴/۷)، ارگ × قدس (۴۵/۸) و روشن × قدس (۴۲/۵) بود. بیشترین فرادورگ برتری به ترتیب مربوط به تلاقی‌های ارگ × پیشتاز (۴۳/۶)، قدس × فلات (۳۷/۶)، پیشتاز × بم (۳۵/۹)، ارگ × قدس (۲۸/۷) و کویر × قدس (۱۸/۷) بود (جدول ۳). برای صفت عملکرد در شرایط تنش، در نمودار دوجوهی دو گروه دورگ برتر شامل قدس، پیشتاز و کویر و همچنین روشن، بم و فلات مشخص شد. والد ارگ در شرایط تنش در روی محور متمایزکننده PC₁ قرار داشت بنابراین جزء هیچ‌کدام از این دو گروه قرار نگرفت (شکل ۳. ب).

روشن به‌عنوان بهترین والد با ترکیب‌پذیری عمومی بالا برای عملکرد و وزن زیست‌توده تشخیص داده شد.

بیشترین درصد دورگ برتری در شرایط عادی به ترتیب مربوط به تلاقی ارگ × پیشتاز (۲۴/۱)، قدس × کویر (۲۳/۶) و پیشتاز × بم (۲۲/۷) و بیشترین درصد فرادورگ برتری نیز برای تلاقی‌های قدس × کویر (۲۱/۲)، ارگ × پیشتاز (۱۷/۲) و پیشتاز × کویر (۱۳) برای صفت عملکرد بود (جدول ۳). در روش نمودار دوجوهی ارتباط بین محک‌ها با بردارهای آنها انجام می‌شود به‌طورکلی همه محک‌ها در سمت راست مؤلفه اصلی اول (PC₁) واقع شدند بنابراین اختلاف بین محک‌ها توسط مؤلفه اصلی دوم (PC₂) قابل تبیین بود. در جهت مثبت مؤلفه اصلی دوم محک پیشتاز و کویر با ژنوتیپ‌های قدس و ارگ قرار داشتند و بر عکس در جهت منفی مؤلفه اصلی دوم (PC₂) ژنوتیپ‌های پیشتاز و کویر با محک‌های ارگ و قدس قرار داشتند. بنابراین بر

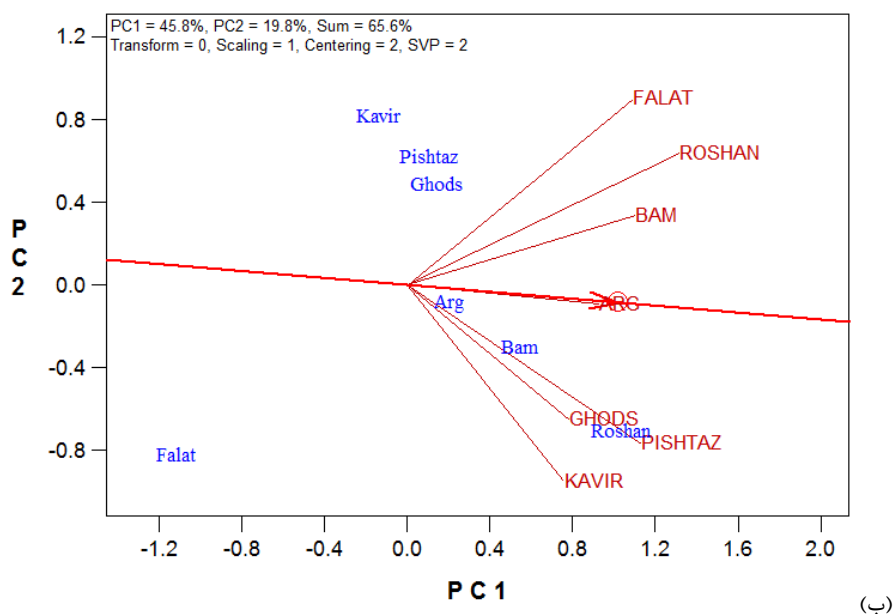
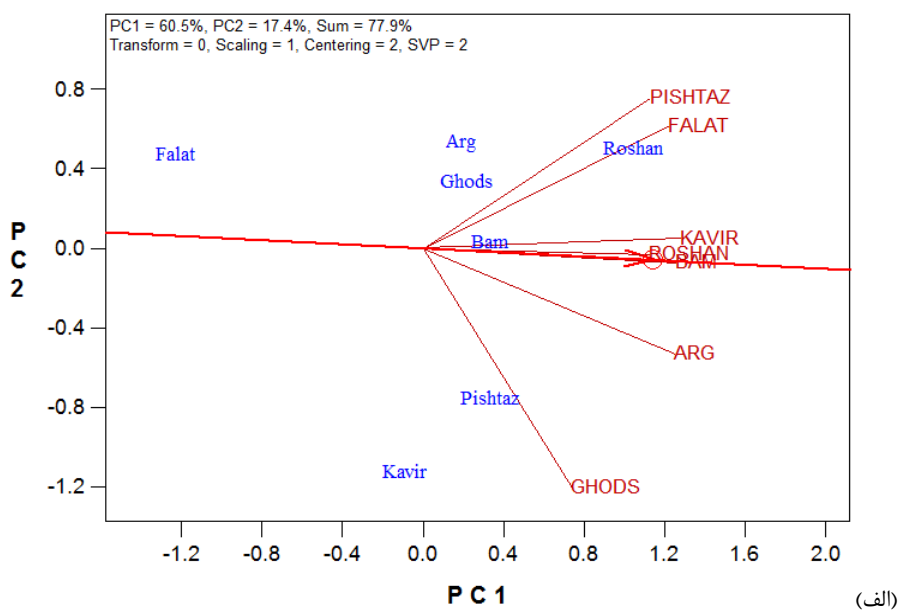
جدول ۳. میزان دورگ برتری و فرادورگ برتری در صفت عملکرد و وزن زیست‌توده در دو شرایط عادی و تنش شوری گندم

تلاقی	عملکرد		وزن زیست‌توده		عملکرد		وزن زیست‌توده	
	فرادورگ برتری	دورگ برتری	فرادورگ برتری	دورگ برتری	فرادورگ برتری	دورگ برتری	فرادورگ برتری	دورگ برتری
بم × فلات	۲/۶ ^{ns}	۱۱*	۳/۲۱ ^{**}	۴/۲۵ ^{**}	۵ ^{ns}	۲/۱۶ ^{**}	۶/۱۸ ^{**}	۷/۲۳ ^{ns}
قدس × فلات	۶/۴ ^{ns}	۶ ^{ns}	۷/۸ ^{ns}	۱۸ ^{**}	۴/۷ ^{ns}	۳/۵ ^{ns}	۲/۴ ^{ns}	۵/۱۵ ^{**}
روشن × فلات	۳/۳ ^{ns}	۲/۹*	۲۴*	۶/۲۸ ^{**}	۵/۱۱*	۲/۲۲ ^{**}	۱/۱۰*	۶/۵ ^{ns}
ارگ × فلات	۱/۲ ^{ns}	۱/۶ ^{ns}	۶/۱۴ ^{**}	۱/۱۸ ^{**}	۵/۱ ^{ns}	۵/۱۴ ^{**}	۲۰ ^{**}	۴/۷ ^{ns}
کویر × فلات	۴/۱۱*	۴/۱۸ ^{**}	۳/۲۱ ^{**}	۶/۲۷ ^{**}	۱/۸ ^{ns}	۲۲ ^{**}	۵/۱۴ [*]	۱/۳۳ ^{**}
پیشتاز × فلات	۴/۳ ^{ns}	۹/۱۳*	۹/۱۳*	۴/۱۰ ^{ns}	۶/۴ ^{ns}	۳/۶ ^{ns}	۶/۸ ^{ns}	۷/۷ ^{ns}
قدس × بم	۷/۱۲ ^{**}	۱/۱ ^{ns}	۶/۱۶ ^{**}	۶/۵ ^{ns}	۳/۱۴ ^{**}	۲/۳ ^{ns}	۳/۱۸ ^{**}	۷/۷ ^{ns}
روشن × بم	۳/۱۱ ^{**}	۸/۱۶ ^{**}	۲/۱۸ ^{**}	۳/۲۳ ^{**}	۲/۱۶ ^{**}	۴/۱۳ ^{**}	۲/۲ ^{**}	۴/۱۹ ^{**}
ارگ × بم	۸/۰ ^{ns}	۴/۵ ^{ns}	۶/۳ ^{ns}	۶/۹ ^{ns}	۴/۶ ^{ns}	۹/۱۰*	۹/۷ ^{ns}	۳/۲۱ ^{**}
کویر × بم	۴/۱۲ ^{**}	۷/۱ ^{ns}	۱۸ ^{**}	۹/۷ ^{ns}	۸/۸ ^{ns}	۶ ^{ns}	۶/۱۶ ^{**}	۱/۱۴ ^{**}
پیشتاز × بم	۸/۱۷ ^{**}	۷/۲۲ ^{**}	۵/۲۵ ^{**}	۱/۱۱*	۶/۱۹ ^{**}	۷/۸ ^{ns}	۱/۲۶ ^{**}	۱/۰ ^{ns}
روشن × قدس	۴/۱۰*	۱۶ ^{**}	۸/۲۰ ^{**}	۷/۲۵ ^{**}	۴/۱۶ ^{**}	۷/۲۱ ^{**}	۵/۲۵ ^{**}	۵/۴۲ ^{**}
ارگ × قدس	۶/۳ ^{ns}	۷/۱۷ ^{**}	۵/۳ ^{ns}	۸/۱۷ ^{**}	۱ ^{ns}	۳/۱۳ ^{**}	۲/۴ ^{ns}	۱۶ ^{**}
کویر × قدس	۱ ^{ns}	۶/۲۳ ^{**}	۱ ^{ns}	۶/۲۳ ^{**}	۹/۵ ^{ns}	۳/۱ ^{ns}	۵/۱۱*	۵/۱۱*
پیشتاز × قدس	۳/۷ ^{ns}	۶/۱۲*	۵/۱ ^{ns}	۵/۶ ^{ns}	۷/۰ ^{ns}	۲/۶ ^{ns}	۱۳ ^{ns}	۳/۳ ^{ns}
ارگ × روشن	۱۷ ^{**}	۱۳ ^{ns}	۶/۲۶ ^{**}	۳/۱۴ ^{**}	۸/۱۶ ^{**}	۴/۸ ^{ns}	۸/۲۳ ^{**}	۱۶ ^{**}
کویر × روشن	۳/۱۱ ^{**}	۳/۰ ^{ns}	۲۳ ^{**}	۹/۱۲ ^{**}	۹/۸ ^{ns}	۳/۰ ^{ns}	۶/۱۴ ^{**}	۳/۰ ^{ns}
پیشتاز × روشن	۴ ^{ns}	۶/۱۲ ^{**}	۴/۱۲ ^{**}	۱/۱۷ ^{**}	۲/۳ ^{ns}	۸/۱۵ ^{**}	۲۰ ^{**}	۶/۸ ^{ns}
کویر × ارگ	۵/۷ ^{ns}	۶/۷ ^{ns}	۶/۹ ^{ns}	۳/۵ ^{ns}	۶/۸ ^{ns}	۲/۱۵ ^{**}	۷/۸ ^{ns}	۲/۲۰ ^{**}
پیشتاز × ارگ	۲ ^{ns}	۱/۲۴ ^{**}	۶/۳ ^{ns}	۲/۱۷ ^{**}	۳/۵ ^{ns}	۷/۱۱*	۵/۱۸ ^{**}	۲/۱ ^{ns}
پیشتاز × کویر	۷/۱۲ ^{**}	۲/۱۷ ^{**}	۸/۱۶ ^{**}	۲/۱۲*	۱۳*	۹/۸ ^{ns}	۲/۱۲*	۲/۱۲*

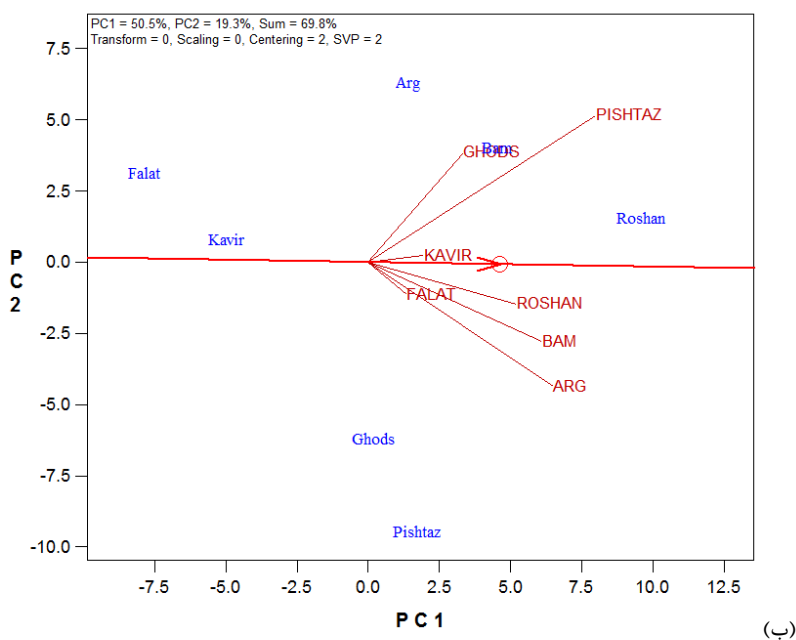
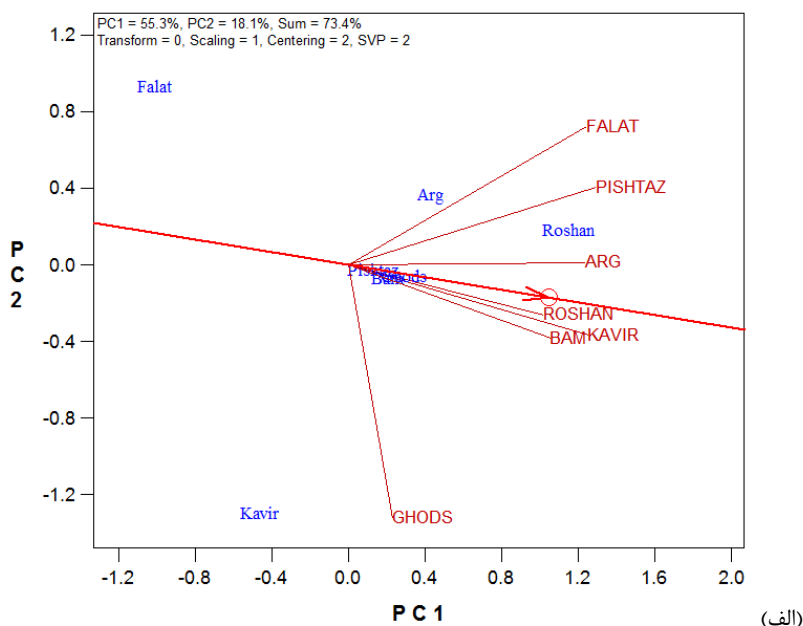
ns نبود معنی‌داری؛ * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

× پیشتاز (۴۳/۱)، کویر × فلات (۳۷/۲) و قدس × فلات (۳۱/۷) بود (جدول ۳). در شرایط عادی نمودار دووجهی توان لازم برای جداسازی گروه‌های دورگ برتر در صفت وزن زیست‌توده را نداشت (شکل ۴. الف). اما در شرایط تنش، والدین قدس و پیشتاز در یک گروه دورگ برتر و روشن، ارگ و بم در یک گروه دورگ برتر دیگر قرار گرفتند (شکل ۴. ب).

برای صفت وزن زیست‌توده در شرایط عادی بیشترین درصد دورگ برتری و فرادورگ برتری مربوط به تلاقی‌های قدس × کویر (۱۶/۵، ۱۱/۵) و روشن × فلات (۱۱/۵، ۱۰/۱) بود. همچنین در شرایط تنش بیشترین درصد دورگ برتری مربوط به تلاقی ارگ × پیشتاز (۵۵/۳)، بم × پیشتاز (۴۹/۰) و کویر × فلات (۴۸/۹۵) بود. بیشترین فرادورگ برتری مربوط به ارگ



شکل ۳. نمودار دووجهی برای تعیین گروه‌های دورگ برتر عملکرد در شرایط: الف) عادی و ب) تنش شوری درگندم



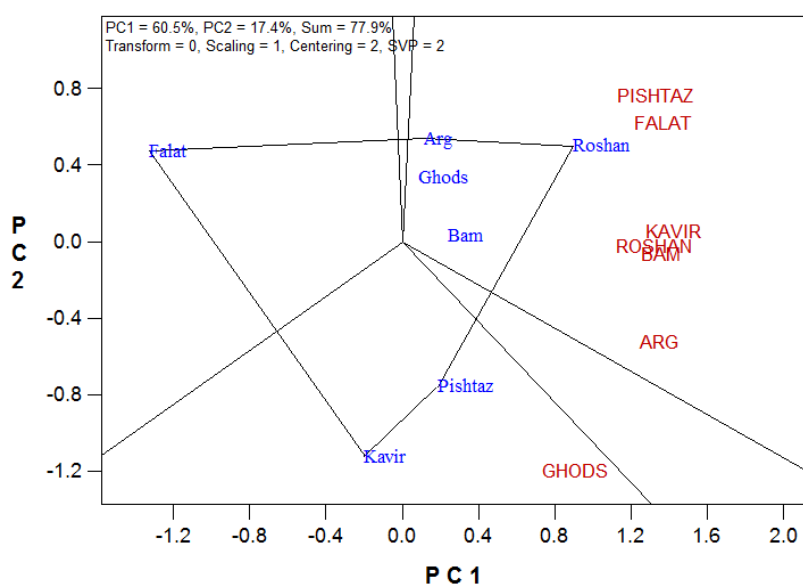
شکل ۴. نمودار دووجهی برای تعیین گروه‌های دورگ برتر وزن زیست‌توده در شرایط: الف) عادی و ب) تنش شوری در گندم

شرایط تنش بود. بنابراین به دلیل وجود دورگ برتری بیشتر در شرایط تنش، روش اصلاحی و گزینش برای صفات عملکرد و وزن زیست‌توده نمی‌تواند همسان شرایط عادی باشد. به‌طور کلی الگوی توارث یک صفت با استفاده از ارزیابی تلاقی‌ها به شرایط آزمایش بستگی دارد، بنابراین تغییرات الگوی توارث از محیطی به محیط دیگر قابل پیش‌بینی است (Falconer &

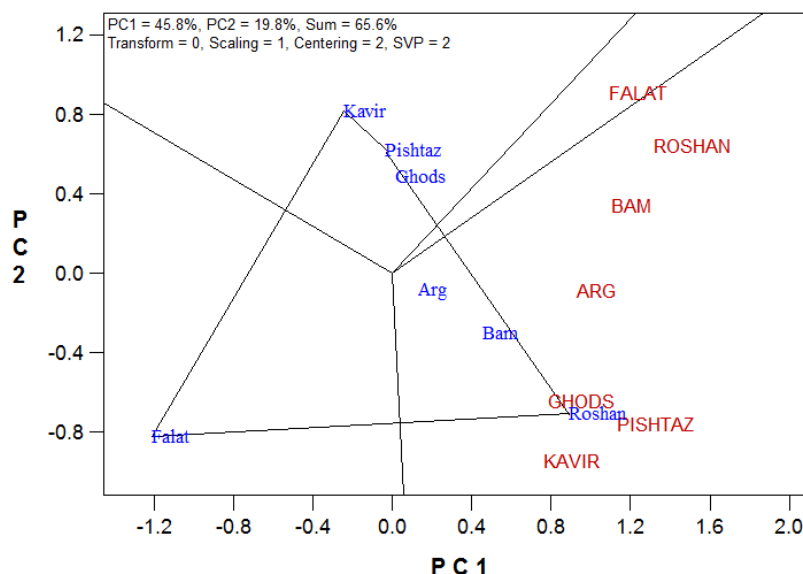
همان‌طور که از شکل‌های نمودار دووجهی پیداست چگونگی عمل ژن گروه‌های دورگ برتر برای دو صفت عملکرد و وزن زیست‌توده متفاوت بود. از سویی شمار تلاقی‌های معنی‌داری برای درصد دورگ برتری مثبت و منفی در شرایط تنش بیشتر از شرایط عادی برای صفات عملکرد و وزن زیست‌توده بودند (جدول ۳)، که این گویای دامنه گسترده‌تر نتایج نسبت به والدین در

سورگوم بود. سازوکار پیچیده توارث تحمل به تنش شوری در گیاه ارزن به صورت کمتر برآورد شدن واریانس افزایشی نسبت به غالبیت در برخی از صفات در درجه‌های مختلفی از سطح شوری نشان داده شد (Kebebew & McNeilly, 1996). تغییرات متفاوتی در واریانس ژنتیکی در محیط‌های متفاوت قابل برآورد است، زیرا ژن‌های درگیر با یک صفت همسان در محیط‌های مختلف، متفاوت عمل می‌کنند (Richards, 1978; Rumbaugh *et al.*, 1984).

(MacKay, 1996). میزان وراثت‌پذیری خصوصی در این تحقیق در شرایط عادی برای عملکرد دانه نسبت به شرایط تنش افزایش یافت (جدول ۱). در هر دو صفت عملکرد، وزن زیست‌توده اثرگذاری‌های غیرافزایشی، نقش بیشتر و مؤثری در بروز صفات در شرایط تنش داشتند که بیانگر این است که الگوی صفات در شرایط تنش پیچیده‌تر از شرایط عادی است (Rao & McNeilly, 1999) که این رفتار ژنتیکی در توافق با نتایج Azhar & McNeilly (1988) برای گیاه

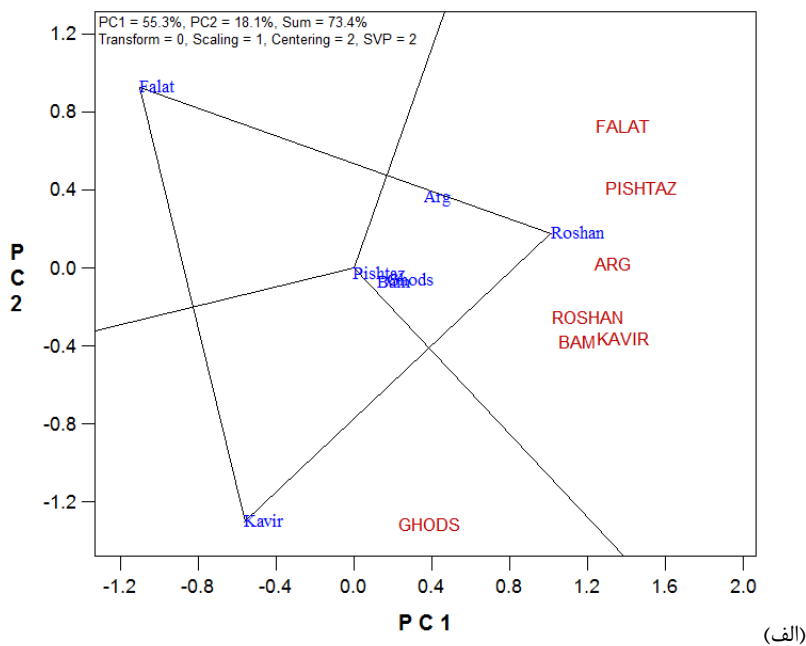


(الف)

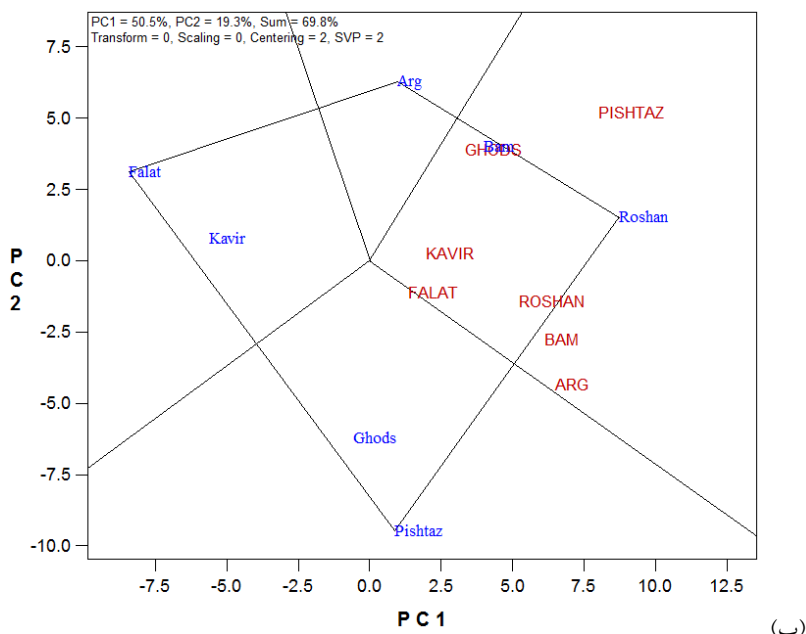


(ب)

شکل ۵. نمودار دوجبهی کی، کجا و برنده (Which, Wins, Where) عملکرد برای تعیین بهترین تلاقی در شرایط: الف) عادی و ب) تنش شوری در گندم



(الف)



(ب)

شکل ۶. نمودار دوجوهی کی، کجا و برنده وزن زیست‌توده برای تعیین بهترین تلاقی در شرایط: الف) عادی و ب) تنش شوری در گندم

میزان دورگ برتری حدود ۶۰ درصد بود. Sindhu & Singh (1975) با بررسی روی عملکرد گندم با استفاده از پنج رگه بازگرداننده باروری با سه رگه نر عقیم و به‌طور کلی با پانزده ترکیب دورگ، دورگ برتری معنی‌داری تا دامنه ۴۶ درصد نسبت به والد استاندارد برای صفت عملکرد بر مبنای تک بوته گزارش کردند. دورگ برتری برای عملکرد دانه توسط چندین تحقیق

Prasad *et al.* (1998) گزارش دادند که بیشینه دورگ برتری روی بهترین والد برای عملکرد دانه ۵۹ درصد است در حالی که روی والد استاندارد (رقم تجاری متداول با عملکرد بالا) این میزان ۲۷/۳ درصد بود. همچنین دورگ برتری برای شمار دانه در سنبله و وزن هزار دانه به صورت مستقل از دورگ برتری برای عملکرد بود. در این تحقیق در شرایط تنش بیشترین

متقابل غیرهمردیف (اپیستازی) یاد می‌شود و ۳. تعامل متقابل مناسب بین دو همردیف (آلل) در یک مکان ژنی که از آن به فوق‌غالبیت یاد می‌شود. دورگ برتری ممکن است ناشی از اثر متقابل اجزا عملکرد با عملکرد نیز باشد. توان دورگ در میزان کم برای اجزا عملکرد به‌صورت جداگانه ممکن است اثر افزایشی و یا مشارکتی روی محصول نهایی داشته باشد. دورگ برتری موجود در این تحقیق هم ممکن است به دلیل اثرگذاری‌های غیرافزایشی باشد. هرچند در برخی موارد دورگ برتری ناشی از اثرگذاری‌های افزایشی در گندم هم وجود دارد (Singh et al., 2004). در صورت پیوستگی شدید بین ژن‌ها و دورگ برتری ناشی از اثرگذاری‌های جزئی هر یک از اجزا عملکرد، امکان بازیابی ترکیب ژنوتیپ دارای دورگ برتری بالا، بسیار سخت‌تر خواهد بود. اگر دورگ برتری به دلیل اثر متقابل همردیفی ژنی از نوع غالبیت باشد، امکان ثابت شدن دورگ برتری در رگه‌های هموزیگوت در نسل‌های بعدی ناممکن خواهد بود (Singh et al., 2004).

به‌طور کلی در این تحقیق نتایج تجزیه نمودار دووجهی و تجزیه دورگ برتری نشان داد که والد روشن بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی را در بین والدین برای صفت عملکرد و وزن زیست‌توده در هر دو شرایط عادی و تنش شوری داشت و از آن می‌توان در استفاده از برنامه‌های اصلاحی آتی بهره جست. روش نمودار دووجهی برای صفت عملکرد در شرایط عادی تعیین‌کننده دو گروه دورگ برتر قدس و ارگ و همچنین پیشتاز و کویر بود و در شرایط تنش نیز دو گروه دورگ برتر شامل قدس، پیشتاز و کویر و همچنین روشن، بم و فلات را مشخص کرد. روش نمودار دووجهی تنها در شرایط تنش برای صفت وزن زیست‌توده توانست والدین قدس و پیشتاز را در یک گروه دورگ برتر و والدین روشن، ارگ و بم را در یک گروه دورگ برتر گروه‌بندی کند. در این تحقیق در هر دو شرایط عادی و تنش شوری پدیده دورگ برتری به ویژه در شرایط تنش شوری معنی‌دار بود. بر همین پایه می‌توان از این توان دورگ برای تولید محصولات تجاری گندم به ویژه در شرایط تنش شور که تنوع کمتری برای گندم وجود دارد، استفاده کرد. شمار

مختلف روی گندم گزارش شده است (Singh & Sharma, 1989; Hennaway 1996; Prasad et al., 1998). اجزای عملکرد در دورگ برتری عملکرد دانه نقش بسیار مهمی دارند (Mahajan et al., 1999). اگرچه نتایج این تحقیق نشان داد که دورگ‌هایی که دورگ برتری بالاتر برای عملکرد دارند به‌طور حتم در صفت وزن زیست‌توده، دورگ برتری همسان با عملکرد ندارند. Grafius (1959) بیان داشتند که صفت عملکرد را یک مجموعه ژن مجزا کنترل نمی‌کنند بلکه عملکرد نتیجه تعامل بین چندین صفت دیگر از اجزای عملکرد است. در این تحقیق دامنه دورگ برتری در شرایط عادی برای صفت عملکرد از ۱۸/۵- تا ۲۴/۱ درصد و در شرایط تنش از ۲۱/۳- تا ۶۰/۱ درصد بود. همچنین دامنه دورگ برتری در شرایط عادی برای وزن زیست‌توده از ۲۲/۲- تا ۱۶/۵ درصد و در شرایط تنش از ۱۹/۷- تا ۵۵/۳ درصد بود (جدول ۳).

از آنجا که عملکرد و وزن زیست‌توده از صفات مهم و کلیدی برای بررسی در تنش شوری است (Munns, 2002)، لذا وجود دورگ برتری مثبت برای صفات نام‌برده در شرایط عادی و به‌ویژه در تنش شوری به به‌نژادگران گندم امکان اجرای برنامه‌های اصلاحی و گزینش برای پیشرفت و بهبود ژنتیکی را می‌دهد. اگرچه تثبیت دورگ برتری و توان آن در گیاهان خودگشن با پدیده درون‌زادآوری و پسروی ژنتیکی همراه است (Acquaah, 2012)، اما در اصلاح نباتات برای گیاهان خودگشن امکان بازیابی رگه‌های خالص (هموزیگوت) خالص با همان شرایط دورگ وجود دارد، در حالتی که دورگ برتری ناشی از رفتار فوق‌غالبیت نباشد. اگرچه بازیابی چنین رگه‌هایی به پیوستگی (لینکاژ) و ارتباط بین ژن‌های درگیر در مطلوبیت صفت مورد نظر و همچنین توانایی یافتن چنین ترکیبی در مرحله گزینش بستگی دارد (Singh et al., 2004). Macky (1976) بیان داشت که بیان دورگ برتری نسبت به والد برتر ممکن است ناشی از یک یا دو تا از عامل‌های زیر باشد: ۱. تجمع عمل ژن‌های مطلوب با رفتار غالبیت و یا غالبیت نسبی تقسیم‌شده بین والدین؛ ۲. اثر متقابل و مکمل بین مکان‌های ژنی که از آن به اثرگذاری‌های متقابل غیرآللی و یا اثر

دورگ برتری بالا و همچنین وراثت‌پذیری خصوصی و عمومی بالای صفات عملکرد دانه و وزن زیست‌توده گندم گویای این بود، که امکان پیدا کردن رگه خالصی برای تثبیت توان نسبی دورگ‌ها در نتاج با استفاده از روش‌های گزینش در شرایط تنش شوری وجود دارد.

تلاقی‌های معنی‌داری برای درصد دورگ برتری مثبت و منفی در شرایط تنش بیشتر از شرایط عادی برای صفت عملکرد و وزن زیست‌توده بودند و بیشترین درصد دورگ برتری و فرادورگ برتری در شرایط تنش شوری برای صفت عملکرد مربوط به تلاقی‌های آرگ × پیشتاز، پیشتاز × بم و قدس × فلات بود. درصد

REFERENCES

1. Ashraf, M. & Foolad, M.R. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59, 206-216
2. Ashraf, M. (1994). Breeding for salinity tolerance in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 13, 17-42.
3. Ashraf, M., Athar, H.R., Harris, P.J.C. & Kwon, T.R. (2008). Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. *Advances in Agronomy*, 97, 45-110.
4. Athar, H. R. & Ashraf, M. (2009). Strategies for crop improvement against salinity and drought stress: An overview. In: Ashraf, M., Ozturk, M. & Athar, H. R. (Eds.). *Salinity and Water Stress*. Springer, Dordrecht, The Netherlands. pp. 1-16.
5. Colmer, T.D., Flowers, T.J. & Munns, R. (2006) Use of wide crosses and wild relatives to improve salt tolerance of wheat. *Journal of Experimental Botany*, 57, 1059-1078.
6. Borghi, B., Corbellini, M., Cattaneo, M., Fornasari, M. & Zucchelli, L. (1986). Modification of the sink/source relationships in bread wheat and its influence on grain yield and grain protein content. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 157, 245-254.
7. Dehghani, H., Dvorak, J. & Sabaghnia, N. (2012b). Biplot Analysis of Salinity Related Traits in Beard Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Annals of Biological Research*, 3, 3723-3731.
8. Dehghani, H., Fayzian, S.E., Jalali, M., Rezaei, A. & Dane, F. (2012a). Use of GGEbiplot methodology for genetic analysis of yield-related traits in melon (*Cucumis melon* L.). *Canadian Journal of Plant Science*, 92, 77-85.
9. Dehghani, H., Torabi, M., Moghadam, M. & Ghanadha, M. (2005). Biplot analysis of diallel cross data for infection type of wheat stripe rust. *Seed and Plant*, 21, 123-138. (in Farsi)
10. Fabrizius, M.A., Busch, R.H., Khan, K. & Huckle, L. (1998). Genetic diversity and heterosis of spring wheat crosses. *Crop Science*, 38, 1108-1112.
11. Fageria, N.K, Gheyi, H.R. & Moreira, A. (2011) Nutrient bioavailability in salt affected soils. *Journal of Plant Nutrition*, 34, 945-962.
12. Fageria, N.K, Stone, L.F. & dos Santos, A.B. (2012) Breeding for salinity tolerance. In: Fritsch-Neto, R. & Borém, A. (Eds.). *Plant breeding for abiotic stress tolerance* (103-122). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
13. Falconer, D.S. & Mackay, T.F.C. (1996). *Introduction to Quantitative Genetics*. 4th edn. Longman Group, Essex.
14. FAO. (2005). Global network on integrated soil management for sustainable use of salt-affected soils. Rome, Italy: FAO Land and Plant Nutrition Management Service. <http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush>.
15. Flowers, T.J. (2004). Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 55, 307-319.
16. Flowers, T.J. & Yeo, A.R. (1995). Breeding for salinity resistance in crop plants-where next? *Australian Journal of Plant Physiology*, 22, 875-884.
17. Fonseca, S. & Patterson, F.L. (1968). Hybrid vigor in a seven-parent diallel cross in common winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Crop Science*, 8, 85-88.
18. Gautam, P.L. & Jain, K.B.L. (1985). Heterosis for various characters in durum wheat. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 45, 159-165.
19. Grafius, J.E. (1959). Heterosis in barley. *Agronomy Journal*, 51, 557-564.
20. Griffing, B. (1956). Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences*, 9, 463-493.
21. Hallauer, A.R., Marcelo, J., Carena, J.B. & Miranda, F. (2010). *Quantitative genetics in maize breeding*. Iowa State University Press, Ames, IA.
22. Hayman, B.I. (1954). The analysis of variance of diallel tables. *Biometrics*, 10, 235-244.
23. Hennaway, M.A. (1996). Heterosis and combining ability and diallel crosses of eight bread wheat varieties. *Bulletin of the Faculty of Agriculture of Cairo University*, 47, 379-392.

24. MacKey, I. (1976). Genetics and evolutionary principles of heterosis. In: Janossy, A. & Lupton, F.G.H. (Eds.). (pp. 17-33). In: Proceeding of the 8th Congr Eucarpia. Elsevier.
25. Mahajan, V., Nagarajan, S., Srivastava, M. Kumar, V. & Ganga P.R. (1999). Commercial heterosis in wheat: an overview. *Rachis Newslett*, 18, 13.
26. Mujeeb-Kazi, A. & de Leon, J.L.D. (2002). *Conventional and alien genetic diversity for salt tolerant wheats: focus on current status and new germplasm development*. In *Prospects for Saline Agriculture*. Dordrecht, The Netherlands, Kluwer. pp. 69-82.
27. Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell & Environment*, 25, 239-250.
28. Pessarakli, M. & Szabolcs, I. (2011). Soil salinity and sodicity as particular plant/crop stress factors. In: Pessarakli, M. (Ed.). *Handbook of plant and crop stress*. CRC Press, Florida, USA. pp. 3-15.
29. Poustini, K., Siosemardeh, A. & Ranjbar, M. (2007). Proline accumulation as a response to salt stress in 30 wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars differing in salt tolerance. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 54, 925-934.
30. Poustini, K. & Siosemardeh, A. (2004). Ion distribution in wheat cultivars in response to salinity stress. *Field Crops Research*, 85, 125-133.
31. Prasad, K.D., Haque, M.F. & Ganguli, D.K. (1998). Heterosis studies for yield and its components in bread wheat. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 58, 97-100.
32. Rains, D. & Goyal, S. (2003). Strategies for managing crop production in saline environments: An overview. *Journal of Crop Production*, 7, 1-10.
33. Richards, R.A. (1978). Genetic analysis of drought stress response in rape seed (*Brassica campestris* and *B. napus*). I. Assessment of environments for maximum selection response in grain yield. *Euphytica*, 27, 609-615.
34. Roy, D. (2000). *Plant Breeding: Analysis and exploitation of variation*. Narosa Publication, New Delhi. P. 701.
35. Rumbaugh, M.D., Asay, K.H. & Johnson, D.A. (1984). Influence of drought stress on genetic variance of alfalfa and wheat grass seedling. *Crop Science*, 24, 297-303.
36. Sharma, S.K., Singh, I. & Singh, K.P. (1986). Heterosis and combining ability in wheat. *Crop improvement*, 13, 101-103.
37. Sindhu, J.S. & Singh, R.B. (1975). Heterosis in wheat. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 35, 467-469.
38. Singh, H., Sharma, S. & Sain, R. (2004). Heterosis studies for yield and its components in bread wheat over environments. *Hereditas* 141, 106-114.
39. Singh, I. & Sharma, S.K. (1989). Heterosis in relation to general and specific combining ability in wheat. *Indian Journal Agriculture Research*, 23, 163-168.
40. Yan, W. & Kang, M.S. (2003). *GGE Biplot Analysis: A Graphical Tool for Breeders, Geneticists, and Agronomists*. CRC Press, Boca Raton, FL.
41. Yan, W. (2001). GGEBiplot-a Windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. *Agronomy Journal*, 93, 1111-1118.
42. Yan, W. & Hunt, L.A. (2002). Biplot analysis of diallel data, *Crop Science*, 42, 21-30.
43. Yan, W., Hunt, L.A., Sheng, Q. & Szlavnic, Z. (2000). Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Science*, 40, 597- 605.
44. Zehr, B.E., Ratralikar, V.P., Reddy, L. & Pandey, L.V. (1997). Strategies for utilizing heterosis in wheat, rice, and oilseed Brassica in India. In: *Proc. The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops*. Mexico City, Mexico. pp. 232-233.

Biplot and heterosis analysis for diallel crosses of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) under normal and salt-stressed environments

Omid Ali Akbarpour¹ and Hamid Dehghani^{2*}

1, 2. Ph. D. Student and Associate Professor, Department of Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

(Received: Jun. 17, 2015 - Accepted: Nov. 11, 2015)

ABSTRACT

Salinity is one of the abiotic stresses and exploitation of heterosis could increase the crop yield and extend the stress tolerance, especially in salinity stress. In this research, a set of full diallel design involving 7×7 crosses from cultivars including Flat, Bam, Ghods, Roshan, Arg, Kavir and Pishtaz were conducted in a randomized complete block design with three replications under both normal and salt stress conditions in Yazd, Iran. The results of heterosis and graphical analyses using GGE biplot approach indicated high narrow and broad sense heritabilities and heterosis of crosses for yield and biomass traits, especially in saline condition. Graphical biplot determined two different heterotic groups for yield and biomass characteristics in saline condition. The ranges of heterosis for yield trait were between -18.5 to 24.1% in normal condition and -21.3 to 60.1% in saline condition, respectively. Also, the ranges of heterosis for biomass were between -22.2 to 16.1% in normal condition and -19.7 to 55.3% in saline condition, respectively. The results of this research showed that under saline conditions there were significant crosses for negative and positive heterosis for studied trait. High heterosis and great narrow and broad sense heritabilities for yield and biomass traits indicated that finding a better line along with a fixed relative heterosis is possible using selection methods from the progenies in saline condition.

Keywords: biomass, biplot, field, yield.

* Corresponding author E-mail: dehghanr@modares.ac.ir

Tel: +98 21 48292040; +98 912 5144820