

تجزیه دی آلل به منظور برآورد پارامترهای ژنتیکی در صفات عملکرد و اجزای عملکرد گندم نان (*Triticum aestivum* L.) در شرایط مزرعه‌ای نرمال و تنش شوری

Diallel analysis for estimation of genetic parameters of yield and yield components in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) in the field normal and saline conditions

امیدعلی اکبرپور^۱، حمید دهقانی^{۱*}، محمدجواد روستا^۲

۱- به ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار، گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
۲- استادیار، مرکز تحقیقات شوری یزد

Akbarpour OA¹, Dehghani H^{*1}, Rosta MJ²

1- PhD Student, Associate Professor, Department of Plant Breeding, Faculty of
Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

2- Assistant Professor, Iranian National Salinity Research Center, Yazd, Iran

* نویسنده مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: dehghanr@modares.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۹۴/۱/۲۲ - تاریخ پذیرش: ۹۵/۶/۲۸)

چکیده

شوری یکی از تنش‌های غیرزیستی است که باعث به هم خوردن تعادل در رشد و در نهایت کاهش عملکرد می‌شود. در این پژوهش به منظور مطالعه عملکرد و اجزای عملکرد، هفت رقم گندم نان ایرانی به همراه نتاج حاصل از تلاقی دی آلل کامل، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط نرمال (آبیاری با آب نرمال با هدایت الکتریکی ۲ dS/m) و تنش شوری (آبیاری با آب شور پمپاژ شده از مخزن جداگانه با هدایت الکتریکی ۱۴ dS/m) در سال ۱۳۹۳ در مزرعه مرکز ملی شوری ایران کاشته شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در هر دو شرایط نرمال و تنش شوری بین ۴۹ ژنوتیپ مورد ارزیابی برای صفات عملکرد، وزن زیست توده، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد پنجه، تعداد سنبله‌چه در سنبله و وزن صد دانه تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد. نتایج تجزیه دی آلل نشان داد واریانس افزایشی و GCA برای همه صفات در شرایط نرمال و تنش شوری معنی‌دار بود. معنی‌داری آثار غلبه برای اکثر صفات در شرایط تنش و نرمال حاکی از این بود که گزینش صفات در نسل‌های آخر دوره به‌نژادی می‌تواند منجر به بهبود صفات برای تحمل به تنش شوری در مواد ژنتیکی مورد مطالعه شود. رقم روشن برای صفات عملکرد، وزن زیست توده و تعداد پنجه، رقم بم برای وزن صد دانه و رقم کویر برای صفت تعداد سنبله‌چه در سنبله، دارای بیش‌ترین ترکیب‌پذیری عمومی بودند و می‌توانند به‌منظور به‌نژادی این صفات مورد استفاده قرار گیرند. برآورد وراثت‌پذیری عمومی بالا و وراثت‌پذیری خصوصی متوسط و بالا برای صفات مورد مطالعه در این پژوهش حاکی از امیدبخش بودن این مواد ژنتیکی برای به‌نژادی در شرایط نرمال و همچنین تحمل به تنش شوری بود.

واژه‌های کلیدی

اجزای عملکرد
دی آلل
شرایط مزرعه
شوری
گندم
وراثت‌پذیری

امروزه عوامل مختلفی مانند عدم دسترسی به زمین و آب کافی، وجود استرس‌های زیستی و غیرزیستی و فعالیت‌های اقتصادی کم در بخش کشاورزی، مهم‌ترین عامل‌های تأثیرگذار بر کاهش عملکرد نهایی محصولات کشاورزی می‌باشند. از بین این عوامل تنش‌های غیرزیستی، مهم‌ترین عامل کاهش تولید در محصولات هستند (Munns and Tester 2008; Reynolds and Tuberosa 2008). برآورد کاهش عملکرد در محصولات توسط عامل‌های غیرزیستی، به‌ترتیب شامل ۴۰ درصد به دلیل دمای بالا، ۲۰ درصد به دلیل شوری، ۱۷ درصد به دلیل خشکی، ۱۵ درصد به دلیل دمای پایین و ۸ درصد به دلیل سایر فاکتورها می‌باشد (Rehman et al. 2005; Ashraf et al. 2008). از بین تنش‌های غیرزیستی، تنش شوری همواره از ۳۰۰۰ سال گذشته یکی از مهم‌ترین تهدیدها برای کشاورزی در نقاط مختلفی از دنیا بوده و این پدیده همچنان رو به افزایش است (Flowers 2006). تنش شوری به دلیل آبیاری محصولات در مناطق خشک و نیمه خشک رو به افزایش است و زمین‌های تحت آبیاری متأثر از شوری ۲۰ درصد برآورد شده‌است (Pitman and Läuchli 2002). به‌طورکلی ۸۳۰ میلیون هکتار از مجموع سطح زمین‌های قابل کشت تحت تأثیر شوری هستند (Martinez-Beltran and Manzur 2005). تأثیر پدیده شوری بر کاهش عملکرد نهایی محصولات منجر به گسترش درک تحمل به تنش شوری گیاهان با استفاده از روش‌های ژنتیکی شده‌است (Munns 2005; Yamaguchi and Blumwald 2005; Cuartero et al. 2006; Munns et al. 2006). به‌دلیل این‌که مکانیسم‌های مولکولی، بیوشیمیایی و فیزیولوژی مرتبط با تنش شوری در گیاهان تا حدودی به صورت ناشناخته مانده است، پیشرفت‌های مرتبط با توسعه گیاهان برای تحمل به تنش شوری بسیار اندک می‌باشد (Läuchli and Grattan 2007). با وجود تنوع کم در زمینه تحمل گیاهان به تنش شوری، در برخی از گیاهان از جمله گندم و تیره گرامینه درجه‌های مختلفی از تحمل به شوری و تنوع ژنتیکی گزارش شده‌است (Epstein et al. 1980; Ashraf et al. 1986; Flowers and Yeo, 1995; Flowers 2004). به‌نژادی برای تحمل به تنش شوری یکی از مؤثرترین راه‌ها برای پایدار ماندن عملکرد محصولات کشاورزی در محیط‌های شور است (Genc et al. 2010). تحمل تنش شوری

بیانگر توانایی یک ژنوتیپ برای رشد و تولید عملکرد مناسب در یک محیط شور می‌باشد که این توانایی عمدتاً از طریق عملکرد و یا تولید بیوماس نسبی در محیط‌های شور نسبت به محیط‌های غیرشور اندازه‌گیری می‌شود (Munns et al. 2002). مشابه سایر صفات زراعی، به‌نژادی برای تحمل به تنش شوری نیازمند توجه اقتصادی، تنوع ژنتیکی، روش‌های سریع و قابل اعتماد برای گزینش و همچنین درک کنترل ژنتیکی صفات می‌باشد (Genc et al. 2010). دو معیار اول برای به‌نژادی صفات زراعی گندم وجود دارد اما معیار سوم و چهارم نیازمند پژوهش بیشتر است. در موقعیت کنونی درک تحمل به تنش شوری به ویژه در شرایط مزرعه به‌دلیل تغییرات ناهمگن دشوار می‌باشد. اگرچه روش‌های غربالگری گوناگونی که عمدتاً زمان‌بر و گران هستند، در سال‌های اخیر برای روش‌های گلخانه‌ای ارائه شده است اما در نهایت صحت و درستی این روش‌ها بایستی در شرایط مزرعه آزمایش شود (Munns and James 2003; Lindsay et al. 2004). برای رفع مشکلات مرتبط با به‌نژادی برای تنش شوری در شرایط مزرعه، گزینش بر مبنای صفات یکی از مهم‌ترین رویکردهایی بوده که توسط پژوهشگران زیادی پیشنهاد شده‌است (Shannon and Noble 1990; Flowers and Yeo 1995; Rajendran et al. 2009). روش‌های مختلف گزینش برای به‌نژادی گندم در افزایش تحمل به تنش شوری توسط پژوهشگران مختلف پیشنهاد شده- است (Kingsbury and Epstein, 1984; Karadimova and Djambova, 1993; Pecetti and Gorham, 1997). بیش‌تر روش‌های گزینشی جهت ارزیابی ارقام گندم برای تنش شوری در محیط‌های تحت کنترل بوده است (Munns et al. 2000). به‌طور- کلی پژوهش‌های کمی در زمینه شناسایی و نحوه عمل ژن‌ها و همچنین برآورد پارامترهای ژنتیکی در شرایط تنش شور به‌ویژه در شرایط مزرعه بر روی محصولات زراعی از جمله گندم انجام گرفته است.

در آزمایشی روی گندم بهاره میزان وراثت‌پذیری صفاتی مانند تعداد پنجه بین ۰/۴۹ تا ۰/۶، وزن هزار دانه بین ۰/۵۷ تا ۰/۸، تعداد دانه در سنبله بین ۰/۶۴ تا ۰/۷۸ و عملکرد دانه بین ۰/۶ تا ۰/۹۱ برآورد شد (Ashraf 1994). در مطالعه دیگری تعداد ۲۵ رقم گندم هگزاپلوئید اولیه از مرکز تحقیقات CIMMYT در

عرض جغرافیایی $51^{\circ}16'E$ و $35^{\circ}07'N$ و شهرستان کرج (مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج با موقعیت طول و عرض جغرافیایی $51^{\circ}16'E$ و $35^{\circ}09'N$) جهت انجام تلاقی‌ها گزینش شدند. پس از آماده شدن بذور دورگ در اول آذر ماه سال ۱۳۹۲ آماده سازی زمین در مزرعه تحقیقاتی مرکز ملی تحقیقات شوری یزد با طول و عرض جغرافیایی $54^{\circ}27'E$ و $31^{\circ}49'N$ انجام گرفت. نقشه کاشت ۴۹ ژنوتیپ شامل ۲۱ تلاقی مستقیم، ۲۱ تلاقی معکوس و هفت والد برای کاشت در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط نرمال و تنش شوری تهیه شد. تعداد هر بذر دورگ و والدی برای هر تکرار از شرایط نرمال و تنش به‌طور یکسان ۱۷ بذر در نظر گرفته شد. بذور دورگ و والدین مستقیماً با دست در عمق ۴-۳ سانتی‌متری کشت شدند. پس از کشت آبیاری با آب نرمال با هدایت الکتریکی 2 dS/m انجام گرفت و کرت اصلی به‌طور کامل غرقاب شد. سپس از مرحله ۴-۳ برگی و پس از اطمینان از استقرار بوته‌ها آبیاری شرایط تنش با هدایت الکتریکی 6 dS/m شروع شد و تا هدایت الکتریکی 12 dS/m در مراحل بعدی آبیاری به تدریج افزایش یافت. جهت اعمال تنش شوری در مزرعه، آب طبیعی با هدایت الکتریکی 2 dS/m با آب شور پمپاژ شده از مخزن جداگانه با هدایت الکتریکی 14 dS/m با نسبت معین به یک لوله خروجی هدایت شدند، به‌طوری‌که هدایت الکتریکی آب خروجی به هدایت الکتریکی 12 dS/m رسید. پس از چندبار اندازه‌گیری و اطمینان از هدایت الکتریکی مورد نظر آب به مزرعه پمپاژ شد. تمامی بوته‌های هر کرت آزمایشی به صورت جداگانه پس از آسیاب دستی با ترازوی دیجیتال وزن و اندازه‌گیری شدند و پس از معادل‌سازی عملکرد نهایی و عملکرد زیست توده تمام بوته مشخص شد. در هر کرت برای تعداد بوته سبز شده هر کرت شمارش شد. تعداد پنجه بارور برای هر بوته اندازه‌گیری شد و به صورت متوسط تعداد پنجه در بوته ثبت شد. برای وزن صد دانه به صورت تصادفی ۱۰۰ بذر از هر واحد آزمایش برداشت و با دست شمرده شد و در ترازوی دیجیتال وزن و اندازه‌گیری شد. برای سایر صفات اجزای عملکرد سه تا پنج سنبله به تصادف از هر واحد آزمایش انتخاب و صفات ارتفاع گیاه و طول گره اول از بالا تا زیر سنبله یا طول پدانکل با استفاده از متر اندازه‌گیری شد.

شرایط گلخانه تحت تیمار شوری ۱۵۰ میلی‌مولار NaCl مورد مقایسه قرار گرفت که ارقام Mayo-54، Norin-10، Frontana، Yaktana-54 و Noreste-66 بیش‌ترین میزان وزن تر و خشک ساقه و ارقام Inia-66، Penjamo-62، Na(20)TPP، Siete Cerros، Frontana و Jaral-66 بیش‌ترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند (Ashraf and Shahbaz 2003).

در یک پژوهش نشان داده شد که ارقام ایرانی گندم نان فلات و قدس برای تحمل به تنش شوری حساس و رقم روشن از تحمل بالایی برای مقاومت به تنش شوری برخوردار است (Poustini et al. 2007). هم‌چنین در پژوهش دیگری بر روی ارقام ایرانی و با استفاده از اندازه‌گیری‌های مقادیر یونی برگ‌ها در گندم، دو رقم روشن و کویر به عنوان ارقام شناخته شده متحمل در ایران معرفی شدند (Poustini and Siosemardeh 2004).

گزینش روش به‌نژادی برای محصولات در زمینه‌های مختلف به درک اطلاعات درست از الگوی وراثتی صفات مربوطه، تعداد ژن‌های با آثار بزرگ و ماهیت عمل ژن‌ها در گونه‌های مختلف بستگی دارد. به‌طور کلی هدف از اجرای این پژوهش نیز مطالعه توارث‌پذیری صفات عملکرد و اجزای عملکرد در گندم برای مقابله با تنش شوری در قالب طرح تلاقی دی‌آلل در دو شرایط نرمال و تنش شوری در شرایط کشت مزرعه‌ای بود.

مواد و روش‌ها

مواد ژنتیکی شامل ۷ رقم ایرانی گندم نان شامل فلات (P_1) و قدس (P_3) حساس و نیمه حساس به شوری، ارگ (P_5) و پیش‌تاز (P_7) نیمه متحمل به شوری و بم (P_2)، روشن (P_4) و کویر (P_6) متحمل به شوری که دارای دامنه متنوعی از تحمل به تنش شوری بودند گزینش و از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شدند. کشت والدین جهت انجام تلاقی‌ها و بدست آوردن بذور دورگ لازم، در مزرعه و در چندین منطقه مختلف آب و هوایی کشور جهت عدم هم‌پوشانی زمان گلدهی آخر فصل از سال ۱۳۹۰ شروع و تا سال ۱۳۹۲ ادامه یافت. شهرستان یزد (با طول و عرض جغرافیایی $54^{\circ}27'E$ و $31^{\circ}49'N$)، شهرستان تهران (دانشگاه تربیت مدرس دانشکده کشاورزی با طول و

$$h_n^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \frac{\sigma_e^2}{r}} \quad (\text{Roy 2000})$$

در روابط فوق σ_A^2 ، برآورد واریانس افزایشی؛ σ_D^2 ، برآورد واریانس غالبیت؛ σ_e^2 ، برآورد واریانس خطا؛ r تعداد تکرار؛ MSE، برآورد واریانس خطا و t مقدار جدول t -استیودنت در سطح احتمال پنج درصد است.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس به روش گریفینگ برای تمامی صفات مورد ارزیابی و در هر محیط به صورت جداگانه نشان داده شده است (جدول ۱). در همه صفات اثر ژنوتیپ و اثر مادری معنی دار بود. اثر تکرار برای همه صفات به جز تعداد سنبله در هر دو شرایط نرمال و تنش و صفت تعداد پنجه در شرایط تنش معنی دار بود. اثر GCA برای همه صفات مورد ارزیابی به جز تعداد دانه در سنبله در شرایط نرمال و اثر SCA برای همه صفات به جز تعداد پنجه در هر دو شرایط و طول سنبله در شرایط نرمال معنی دار بود. آثار معکوس برای صفات عملکرد، وزن زیست توده و تعداد پنجه در هر دو شرایط، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در سنبله در شرایط نرمال و وزن صد دانه در شرایط تنش معنی دار بود. همچنین آثار غیرمادری برای همه صفات به جز طول سنبله در شرایط تنش، تعداد سنبله در سنبله و وزن صد دانه در شرایط نرمال اختلاف معنی دار نشان دادند (جدول ۱). نتایج متفاوت آزمون F برای صفات در دو محیط مختلف حاکی از پاسخ متفاوت صفات مختلف نسبت به شرایط محیطی متفاوت بود.

برای صفت عملکرد، وزن زیست توده و تعداد سنبله در سنبله درجه غالبیت در شرایط نرمال ۰/۸۳، ۰/۹۸ و ۰/۸۲ و در شرایط تنش نیز به ترتیب ۱/۲۸، ۱/۳۴ و ۱/۴۶ بود که حاکی از نقش بیش تر اثر غالبیت برای شرایط تنش شوری بود (جدول ۱). در این سه صفت نسبت ژنتیکی در شرایط تنش کمتر از شرایط نرمال بود بنابراین سهم آثار غلبه در شرایط تنش برای این سه صفت بالا بود و آثار افزایشی در شرایط نرمال نقش بیشتری در بروز صفات مذکور داشتند. پاسخ متفاوت ژنوتیپ در محیط یا به

برای سنبله های گزینش شده، تعداد بذر در هر سنبله و تعداد سنبله شمارش و اندازه گیری شد.

جهت انجام تجزیه های آماری ابتدا نرمال بودن خطاهای آزمایشی از طریق آزمون کولموگروف-اسمیرنوف^۱ (Lilliefors 1967) و همچنین همگنی واریانس های درون تیماری با استفاده از نرم افزار SAS Ver. 9.2 بررسی شد. تجزیه واریانس بر اساس طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار بر مبنای روش اول (Method1) مدل اول و دوم گریفینگ (Griffing 1956) و با استفاده از برنامه SAS (Zhang and Kang 2005) انجام گرفت. میانگین مربعات ترکیب پذیری عمومی در والد ها^۲ (GCA)، ترکیب پذیری خصوصی^۳ (SCA) در تلاقی های F_1 و همچنین اثر معکوس برای تلاقی های معکوس مورد آزمون قرار گرفت. برآوردهای واریانس ترکیب پذیری عمومی ($\hat{\sigma}_g^2$)، واریانس ترکیب پذیری خصوصی ($\hat{\sigma}_s^2$) و واریانس اثرهای معکوس ($\hat{\sigma}_r^2$) جهت برآورد واریانس افزایشی (σ_A^2)، واریانس غالبیت (σ_D^2) و وراثت پذیری عمومی (h_B^2) و خصوصی (h_n^2) انجام گرفت (Zhang and Kang, 2005). مقادیر ترکیب پذیری عمومی، خصوصی و اثر مادری ژنوتیپ ها، اثرهای متقابل و غیرمادری تلاقی ها و نسبت σ_g^2/σ_s^2 نیز محاسبه شد. نسبت ژنتیکی^۴ (Baker 1978)، درجه غالبیت^۵، وراثت پذیری های عمومی و خصوصی نیز بر اساس روابط زیر محاسبه شدند.

$$\text{Genetic ratio} = \frac{2\hat{\sigma}_g^2}{2\hat{\sigma}_g^2 + \hat{\sigma}_s^2} \quad (\text{Baker 1978})$$

$$\text{Degree of Dominance} = \sqrt{\frac{2\hat{\sigma}_D^2}{\hat{\sigma}_A^2}} \quad (\text{Mather and Jink 1982})$$

$$h_B^2 = \frac{\sigma_A^2 + \sigma_D^2}{\sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \frac{\sigma_e^2}{r}} \quad (\text{Roy 2000})$$

¹ Kolmogorov-Smirnov

² General Combining Ability

³ Specific Combining Ability

⁴ Genetic ratio

⁵ Degree of dominance

برای صفات تعداد سنبلیچه در سنبله، تعداد پنجه و عملکرد در شرایط تنش شوری گزارش شد (Sener et al. 2000). از سوی دیگر رفتار افزایشی و غالبیت ژن‌ها برای صفات تعداد پنجه در گیاه، وزن هزار دانه، و عملکرد دانه در بوته برای شرایط نرمال گزارش شده‌است (Singh et al. 2003). در تحقیق دیگری آثار افزایشی برای همه صفات مشابه با این پژوهش گزارش شده‌است (Ali and Khan 1998). به‌طور کلی در صفات عملکرد، وزن زیست توده، تعداد دانه در سنبله و همچنین تعداد پنجه آثار 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 نرمال است (Rao and McNeilly 1999). این رفتار ژنتیکی در توافق با نتایج (Azhar and McNeilly 1988) برای گیاه 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 درجات مختلفی از سطح شوری نشان داده شده‌است (Kebebew and McNeilly 1996).

در شرایط نرمال و تنش به‌ترتیب بیش‌ترین برآورد مثبت GCA برای صفات عملکرد (۱۲/۲۴ و ۱۶/۵۴)، وزن زیست توده (۳۱/۳۶ و ۴۴/۶۳) و تعداد پنجه (۰/۴۶ و ۰/۷۸) مربوط به والد روشن بود. از طرفی والد فلات در صفات عملکرد (۱۷/۵۸- و ۱۷/۰۳-)، وزن زیست توده (۳۵/۶۷- و ۴۰-)، تعداد پنجه (۰/۵۵- و ۰/۸۶-) و همچنین وزن صد دانه (۰/۲۵- و ۰/۲۱-) بیش‌ترین برآورد منفی GCA را به خود اختصاص داد. بیش‌ترین برآورد مثبت GCA برای وزن صد دانه در هر دو شرایط نرمال (۰/۲) و تنش (۰/۲۷) به والد بم اختصاص داشت. بیش‌ترین برآورد مثبت GCA صفت تعداد سنبلیچه در سنبله در هر دو شرایط نرمال (۰/۵۳) و تنش (۰/۳۶) مربوط به والد کویر بود. بیش‌ترین برآورد منفی GCA در صفت تعداد سنبلیچه در سنبله در شرایط نرمال به والد ارگ (۰/۵۲-) و در شرایط تنش به والد بم (۰/۵۶-) اختصاص داشت. برای صفت تعداد دانه در سنبله در شرایط نرمال، والدین فلات و قدس به‌ترتیب با ترکیب‌پذیری عمومی (۰/۷۱) و (۰/۶۴) دارای برآورد مثبت و منفی‌دار GCA بودند و در شرایط تنش والد قدس بیش‌ترین (۲/۲۳) برآورد مثبت

عبارتی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط می‌تواند یکی از دلایل عدم تطابق شرایط تنش شوری با شرایط نرمال باشد. بیش‌تر بودن واریانس غالبیت نسبت به واریانس افزایشی و همچنین پائین بودن نسبت ژنتیکی حاکی از سهم بیش‌تر واریانس غالبیت و فوق غالبیت در کنترل این صفت در شرایط تنش بود (جدول ۱). در صفت تعداد دانه در سنبله درجه غالبیت برای شرایط نرمال ۲/۶۷ و شرایط تنش ۱/۲۸ بود و همچنین نسبت ژنتیکی پایین حاکی از نقش بالای واریانس غالبیت در کنترل این صفت در هر دو شرایط بود. در سایر صفات درجه غالبیت کمتر از یک و نسبت ژنتیکی بیشتر از ۰/۵ بود که نشان دهنده نقش بالای آثار افزایشی در کنترل آن‌ها بود. به‌طور کلی معنی‌دار بودن واریانس GCA برای همه صفات و SCA برای اکثر صفات در هر دو شرایط نرمال و تنش حاکی از نقش آثار افزایشی و غیرافزایشی در کنترل صفات اجزای عملکرد بودند (جدول ۱). این نتایج با پژوهش‌های سایر پژوهشگران در مطالعه رفتار ژنتیکی گندم نان تحت تنش شوری (Kulshreshtha and Singh 2011) که گزارش مشابهی برای صفات طول سنبله، تعداد سنبلیچه در سنبله، تعداد پنجه در بوته، وزن زیست توده در بوته، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه در بوته ارائه نمودند مطابقت داشت. در صفات طول سنبله، تعداد پنجه و وزن صد دانه به‌دلیل بالا بودن نسبت ژنتیکی بیکر (Baker 1978) در هر دو شرایط و همچنین کمتر از یک بودن درجه غالبیت، آثار افزایشی اهمیت بیشتری نسبت به آثار غلبه ژن‌ها داشتند. برای صفت تعداد دانه در سنبله و وزن صد دانه نتایج این پژوهش با نتایج (Kulshreshtha and Singh 2011) مطابقت داشت. در پژوهش دیگری نیز سهم اثرات افزایشی برای صفات طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و شاخص برداشت در شرایط نرمال گزارش شده‌است (Ahmad et al. 2011). هم‌چنین در توافق با پژوهش حاضر آثار غلبه برای طول سنبله، تعداد پنجه در گیاه و عملکرد دانه گزارش شده‌است. در یک پژوهش با استفاده از تلاقی‌های دی‌آلل بر روی گندم نتیجه‌گیری شد که ترکیب‌پذیری عمومی خوبی برای برخی از صفات در آزمایشات شوری وجود دارد و می‌توان از این ترکیب‌پذیری در برنامه‌های به‌نژادی برای تنش شوری استفاده کرد (Singh and Chatrath 1997). در پژوهش دیگری آثار افزایشی معنی‌داری

را داشت. همچنین والد ارگ بیشترین برآورد منفی را برای طول سنبله در هر دو شرایط نرمال ($-0/28$) و تنش ($-0/09$) دارا شد و فقط برآورد مثبت والد پیشتاز ($0/16$) در شرایط نرمال برای GCA معنی دار بود و در شرایط تنش برآورد مثبت GCA هیچ کدام از والدین معنی دار نشد (جدول ۲). معنی دار بودن مقادیر مثبت GCA برای برخی از والدین در برخی از صفات نشان دهنده پیشرفت ژنتیکی بهتر و بیش تر برای صفات مورد نظر می باشد. به عبارت دیگر در نسل های اولیه گزینش، می توان تغییرات محسوسی در صفات مورد نظر که GCA بالایی دارند انجام داد و از والدینی که مقدار ترکیب پذیری عمومی بالایی دارند استفاده نمود. در شرایط تنش که در برخی از صفات آثار غلبه بیش تری داشتند، گزینش و پیشرفت ژنتیکی محدودتر از شرایط نرمال می باشد. بنابراین برای صفات عملکرد، وزن زیست توده و تعداد سنبلچه در سنبله گزینش تاخیری در نسل های انتهایی مناسب می باشد. در پژوهشی با مطالعه اجزا ژنتیکی به روش دی آلل در شرایط تنش شوری، نقش آثار افزایشی برای روز تا بالغ شدن، ارتفاع گیاه و تعداد پنجه در بوته گزارش شد. نتایج پژوهش نشان داد که گزینش زودرس برای این صفات در شرایط تنش نتایج مفیدی در پی خواهد داشت. همچنین برای صفت عملکرد دانه آثار غلبه در شرایط تنش شوری معنی دار بود و گزینش تاخیری در نسل های انتهایی را برای افزایش عملکرد پیشنهاد دادند (Ahmad et al. 2013).

برای صفت عملکرد، بیشترین آثار مادری مثبت مربوط به والد پیشتاز در هر دو شرایط نرمال و تنش بود و بیشترین برآورد منفی مربوط به والدین بم، ارگ و روشن در شرایط نرمال و والدین روشن، ارگ و قدس در شرایط تنش بود. برای صفت وزن زیست توده، بیشترین برآورد مثبت اثر مادری مربوط به والد فلات و پیشتاز در هر دو شرایط نرمال و تنش و همچنین والد قدس در شرایط تنش بود. منفیترین برآورد آثار مادری در صفت وزن زیست توده نیز در هر دو شرایط نرمال و تنش مربوط به والدین بم، روشن و ارگ بود. در صفت وزن صد دانه بیشترین آثار مادری معنی دار مربوط به والد روشن در هر دو شرایط نرمال و تنش بود. در شرایط نرمال منفیترین آثار مادری نیز مربوط به

والدین بم و پیشتاز بود و در شرایط تنش برآورد آثار مادری منفی برای والدین معنی دار نبود.

برای صفت تعداد سنبلچه در سنبله، بیشترین برآورد مثبت آثار مادری در دو شرایط نرمال و تنش مربوط به رقم فلات بود. همچنین منفیترین برآورد آثار مادری مربوط به والدین بم و کویر در شرایط نرمال و والد پیشتاز در شرایط تنش بود. در صفت تعداد پنجه برعکس برآورد GCA بیشترین برآورد مثبت و منفی در شرایط نرمال به ترتیب به والد فلات و روشن و بیشترین برآورد منفی در شرایط تنش به والد روشن اختصاص داشت. والدین پیشتاز، روشن، فلات و قدس بیشترین برآورد مثبت آثار مادری را برای صفت تعداد دانه در سنبله در شرایط نرمال به خود اختصاص دادند و والدین بم، ارگ و کویر بیشترین برآورد منفی آثار مادری را در شرایط نرمال دارا شدند. این در حالیست که فقط والد فلات دارای آثار مادری مثبت و معنی دار در شرایط تنش برای صفت تعداد دانه در سنبله بود. همچنین والد فلات بیشترین برآورد مثبت و والد بم بیشترین برآورد منفی معنی دار آثار مادری را برای صفت طول سنبله در هر دو شرایط نرمال و تنش به خود اختصاص دادند.

برآورد ترکیب پذیری خصوصی صفات مختلف در جدول ۴ نشان داده شده است. برای صفت عملکرد در شرایط نرمال بیشترین برآورد مثبت SCA مربوط به تلاقی کویر $\times$ قدس ($15/78$) بود و بیشترین برآورد منفی مربوط به تلاقی های پیشتاز $\times$ روشن ($13/83$)، کویر $\times$ فلات ($12/12$) و روشن $\times$ قدس ($10/76$) بود. در شرایط تنش تلاقی های بیشتری دارای SCA مثبت و معنی دار نسبت به شرایط نرمال بودند. بیشترین برآورد SCA مثبت برای صفت عملکرد در شرایط تنش شامل تلاقی های پیشتاز $\times$ بم ($18/48$)، پیشتاز $\times$ قدس ($18/1$)، پیشتاز $\times$ ارگ ($16/02$)، کویر $\times$ فلات ($16/42$)، ارگ $\times$ قدس ($14/4$) و پیشتاز $\times$ روشن ($14/33$) بود. همچنین بیشترین برآورد منفی SCA برای صفت عملکرد در شرایط تنش مربوط به تلاقی کویر $\times$ ارگ ($19/35$)، ارگ $\times$ بم ($15/4$)، روشن $\times$ فلات ($12/46$) و قدس $\times$ بم ($8/35$) بود. بیشترین برآورد مثبت SCA برای صفت وزن زیست توده در شرایط نرمال مربوط به تلاقی کویر $\times$ قدس ($40/6$) و بیشترین SCA مثبت مربوط به تلاقی کویر $\times$ فلات

شرایط نرمال ۷۴ درصد و در شرایط تنش ۵۵ درصد بود (جدول ۱).

بر اساس طبقه‌بندی (1991) Stansfield وراثت‌پذیری صفات می‌تواند به سه گروه کم (کم‌تر از ۲۰ درصد)، متوسط (بین ۲۰ تا ۵۰) و قوی (بیش‌تر از ۵۰ درصد) دسته‌بندی شود. در این پژوهش جز صفت طول سنبله در شرایط تنش در تمامی صفات وراثت‌پذیری‌های عمومی در گروه قوی قرار داشتند (جدول ۱). برای وراثت‌پذیری خصوصی صفت عملکرد، وزن صد دانه در هر دو شرایط نرمال و تنش و وزن زیست توده در شرایط نرمال و تعداد پنجه در شرایط تنش دارای وراثت‌پذیری قوی و سایر صفات در شرایط مختلف دارای وراثت‌پذیری خصوصی متوسط بودند (جدول ۱). مطالعه حاضر نشان داد که آثار ژنتیکی افزایشی نقش مهمی در توارث صفات بویژه عملکرد و وزن زیست توده در شرایط نرمال و تنش ایفا می‌کند. نقش بیشتر آثار افزایشی در اکثر صفات مورد مطالعه بویژه در شرایط تنش شوری بیانگر این است که گزینش در نسل‌های اولیه تفرق می‌تواند تغییرات مطلوبی در صفات مورد مطالعه ایجاد نماید.

معنی‌دار بودن اثر غالبیت در بیش‌تر صفات به‌ویژه عملکرد و وزن زیست توده در شرایط تنش شوری بیانگر این است که گزینش برای تحمل به تنش شوری می‌تواند در نسل‌های انتهایی نیز مؤثر باشد. گزارش شده‌است که آثار افزایشی و غالبیت نقش پر اهمیتی در کنترل صفات برای تحمل به تنش شوری دارند (Rao and McNeilly 1999). برآوردهای وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی برای همه صفات در یک دامنه مؤثر جهت گزینش برای افزایش به تحمل تنش شوری قرار گرفتند. وراثت‌پذیری خصوصی و عمومی بالا برای صفات به‌ویژه عملکرد و وزن زیست توده بیانگر این بود که امکان پیشرفت قابل توجه برای تحمل به تنش شوری برای صفات مذکور در گندم از طریق گزینش وجود دارد. به‌طور کلی برای وزن زیست توده در شرایط تنش مقدار SCA برآورد شده تعداد بیش‌تری از ژنوتیپ‌ها، معنی‌دار شد. کاهش در وزن زیست توده ژنوتیپ‌های حساس در شرایط تنش شوری عمدتاً مربوط به مصرف انرژی برای تنظیم اسمزی است (Wyn Jones and Gorham 1993).

(۶۶/۱۵)، ارگ × قدس (۴۴/۴۹)، پیش‌تاز × روشن (۴۶/۵۲) بود. بیش‌ترین برآورد منفی SCA برای وزن زیست توده در شرایط نرمال مربوط به تلاقی‌های پیش‌تاز × روشن (۴۹/۶۲)، پیش‌تاز × بم (۴۸/۳۶) و کویر × فلات (۳۷/۷۲) بود و برای شرایط تنش مربوط به تلاقی‌های کویر × ارگ (۵۳/۱۳)، ارگ × بم (۳۲/۰۶) و روشن × فلات (۲۹/۵۶) بود. برای صفت وزن صد دانه بیش‌ترین SCA مربوط به تلاقی کویر × روشن (۰/۲۱) بود. همچنین بیش‌ترین برآورد مثبت و معنی‌دار در شرایط تنش مربوط به تلاقی‌های پیش‌تاز × فلات و پیش‌تاز × روشن (۰/۳۷) بود. بیش‌ترین برآورد مثبت و منفی معنی‌دار SCA برای صفت تعداد سنبلچه در سنبله در شرایط نرمال مربوط به تلاقی‌های بم × فلات (۰/۶۸) و قدس × بم (۰/۸۷) بود. برای صفت تعداد دانه در سنبله نیز بیش‌ترین برآورد مثبت SCA مربوط به تلاقی‌های پیش‌تاز × ارگ (۴/۱۱) و کویر × فلات (۲/۲۷) و بیش‌ترین SCA منفی مربوط به تلاقی‌های روشن × فلات (۲/۸۶) و قدس × بم (۱/۶۴) در شرایط نرمال بود. در شرایط تنش فقط تلاقی پیش‌تاز × ارگ دارای SCA مثبت و معنی‌دار (۷/۵۱) بود. برای صفت طول سنبله در شرایط نرمال نیز تلاقی‌های پیش‌تاز × فلات (۰/۶۱) و روشن × بم (۰/۲۹) و تلاقی پیش‌تاز × قدس (۰/۶۵) به‌ترتیب بیش‌ترین SCA مثبت و منفی را داشتند (جدول ۴).

در شرایط نرمال بیش‌ترین برآورد مثبت SCA مربوط به تلاقی‌های پیش‌تاز × روشن (۱/۹۸)، پیش‌تاز × کویر (۱/۵۱) و روشن × بم (۰/۶۴) بود. تلاقی‌های روشن × فلات (۰/۶) و کویر × قدس (۰/۶۱) بیش‌ترین SCA مثبت و تلاقی‌های پیش‌تاز × روشن (۱/۳۲)، روشن × قدس (۰/۸) و روشن × بم (۰/۶۶) بیش‌ترین SCA منفی را در شرایط نرمال برای صفت تعداد پنجه به خود اختصاص دادند. همچنین بیش‌ترین SCA مثبت در شرایط تنش مربوط به تلاقی‌های کویر × فلات (۱/۰۵) و ارگ × قدس (۰/۹۱) و بیش‌ترین SCA منفی مربوط به تلاقی‌های کویر × ارگ (۰/۹۶)، ارگ × بم (۰/۷۳) و بم × فلات (۰/۵۷) بود. وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی عملکرد به‌ترتیب در شرایط نرمال ۸۸ درصد و ۶۵ درصد و در شرایط تنش به ترتیب ۹۳ درصد و ۵۱ درصد بود که حاکی از نقش زیاد آثار افزایشی در الگوی توارث عملکرد در هر دو محیط بود. نسبت ژنتیکی در

جدول ۱- تجزیه واریانس به روش گریفینگ برای صفات عملکرد و اجزا عملکرد گندم در دو شرایط نرمال و تنش شوری

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد		وزن زیست توده		وزن صد دانه		تعداد سنبلیچه در سنبله		تعداد پنجه		تعداد دانه در سنبله		طول سنبله	
		نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش
تکرار	۲	۱۸۶ ^{ns}	۱۱۱۰ ^{**}	۶۵۷۰ ^{**}	۲۶۴۴ [*]	۰/۵۸ ^{**}	۱/۱۷ ^{**}	۰/۲۸ ^{ns}	۰/۳۴ ^{ns}	۲/۶۴ ^{ns}	۹۲/۴۳ ^{**}	۵۰۳/۱۳ ^{**}	۲/۱۷ ^{**}	۱/۷۸ ^{**}	
ژنوتیپ	۴۸	۸۲۲ ^{**}	۱۵۸۸ ^{**}	۴۶۳۸ ^{**}	۹۹۷۲ ^{**}	۰/۱۷ ^{**}	۰/۲۱ ^{**}	۱/۸۲ ^{**}	۱/۷۹ ^{**}	۴/۰۸ ^{**}	۲۵/۵۲ ^{**}	۳۶/۳۷ ^{**}	۰/۵۷ ^{**}	۰/۰۶۶ ^{**}	
GCA	۶	۳۳۲۱ ^{**}	۴۷۲۰ ^{**}	۱۷۲۶۴ ^{**}	۳۰۳۵۰ ^{**}	۰/۷۵ ^{**}	۱/۰۲ ^{**}	۴/۶۷ ^{**}	۴/۴۶ [*]	۵/۲۶ ^{**}	۲۳/۳۵ ^{ns}	۱۰۵/۳۷ [*]	۱/۲۲ ^{**}	۰/۱۶ ^{**}	
SCA	۲۱	۳۳۷ ^{**}	۸۶۶ ^{**}	۲۳۸۴ ^{**}	۶۱۳۰ ^{**}	۰/۲۵ ^{**}	۰/۱۱ ^{ns}	۳/۷۶ ^{**}	۲/۳۱ [*]	۱/۳۹ ^{ns}	۸۹/۲۶ ^{**}	۵۳/۹۶ ^{**}	۱/۱۱ ^{ns}	۰/۱۷ [*]	
اثر معکوس	۲۱	۵۹۴ ^{**}	۱۴۱۵ ^{**}	۳۲۸۶ [*]	۷۹۹۳ ^{**}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۱ [*]	۱/۲۹ [*]	۰/۷۴ ^{ns}	۳/۷۸ ^{**}	۱۹/۰۹ ^{**}	۱۲/۰۷ ^{ns}	۰/۵۹ ^{**}	۰/۰۵ ^{ns}	
اثر مادری	۶	۱۰۵۰ ^{**}	۲۱۲۱ ^{**}	۶۸۴۳ ^{**}	۹۴۶۱ ^{**}	۰/۱۱ ^{**}	۰/۱ [*]	۱/۹۹ ^{**}	۱/۱۹ [*]	۱/۲۷ ^{**}	۳۹/۱۴ ^{**}	۲۴/۰۴ [*]	۰/۷۴ ^{**}	۰/۰۸ [*]	
اثر غیرمادری	۱۵	۴۱۱ ^{**}	۱۱۳۳ ^{**}	۱۸۶۳ ^{**}	۷۴۰۶ ^{**}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۰۹ [*]	۰/۸۳ ^{ns}	۱/۶۳ [*]	۱/۲۸ ^{**}	۱۲/۵۳ ^{**}	۲۸/۹۹ ^{**}	۰/۲۲ ^{**}	۰/۰۲ ^{ns}	
خطا	۲۱۹	۷۸/۸۷	۷۲/۵۷	۶۰۶	۶۲۰	۰/۰۵۲	۰/۰۵	۰/۵۲	۰/۸۲	۰/۴۵	۲/۷۹	۱۳/۳۱	۰/۱۱	۰/۰۴	
CV	–	۷/۲۷	۷/۸	۷/۳۱	۸/۰۴	۶/۸۲	۷/۲۸	۴/۰۱	۷/۵	۱۰/۷۱	۳/۹۴	۹/۵۳	۴/۳۵	۰/۷۱	
σ_g^2	–	۷۱/۱۹ ^{**}	۹۲/۱۹ ^{**}	۳۵۵ ^{**}	۵۸۰ ^{**}	۰/۰۱۶ ^{**}	۰/۰۲۲ ^{**}	۰/۰۹ ^{**}	۰/۰۷ ^{**}	۰/۱ ^{**}	۰/۲۶ ^{**}	۱/۸۳ ^{**}	۰/۰۲۴ ^{**}	۰/۰۰۳ ^{**}	
σ_s^2	–	۴۸/۹۵ ^{**}	۱۵۰/۷ ^{**}	۳۳۸ ^{**}	۱۰۴۷ ^{**}	۰/۰۰۱ ^{**}	۰/۰۰۸ [*]	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۱۵ [*]	۰/۱۶ ^{**}	۱/۸۵ ^{**}	۲/۹۸ ^{**}	۰/۰۲۲ ^{ns}	۰/۰ ^{ns}	
σ_r^2	–	۸۵/۸۱ ^{**}	۲۲۳/۷۳ ^{**}	۴۴۷ ^{**}	۱۲۲۹ ^{**}	۰/۰۱ ^{**}	۰/۰۰۸ [*]	۰/۲۵ [*]	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۱۴ ^{**}	۶/۰۶ ^{**}	۱/۷۹	۰/۱۰۵ ^{**}	۰/۰۰۸ ^{**}	
واریانس افزایشی		۱۴۲/۳۸	۱۸۴/۳۸	۷۱۰	۱۱۵۹	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۱۸	۰/۱۴	۰/۲	۰/۵۲	۳/۶۶	۰/۰۵	۰/۰۱	
واریانس غالبیت		۴۸/۹۵	۱۵۰/۷	۳۳۸	۱۰۴۷	۰/۰	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۱۵	۰/۱۶	۱/۸۵	۲/۹۸	۰/۰۲	۰/۰	
درجه غالبیت		۰/۸۳	۱/۲۸	۰/۹۸	۱/۳۴	۰/۲۵	۰/۶	۰/۸۲	۱/۴۶	۱/۲۶	۲/۶۷	۱/۲۸	۰/۹۶	۰/۰	
وراثت پذیری عمومی		۰/۸۸	۰/۹۳	۰/۸۴	۰/۹۱	۰/۶۶	۰/۷۶	۰/۵۸	۰/۵۱	۰/۷۱	۰/۷۲	۰/۶	۰/۶۶	۰/۳۱	
وراثت پذیری خصوصی		۰/۶۵	۰/۵۱	۰/۵۷	۰/۴۸	۰/۶۴	۰/۶۴	۰/۴۴	۰/۲۵	۰/۵۷	۰/۱۶	۰/۳۳	۰/۴۵	۰/۳۱	
نسبت ژنتیکی		۰/۷۴	۰/۵۵	۰/۶۸	۰/۵۳	۰/۹۷	۰/۸۵	۰/۷۵	۰/۴۸	۰/۵۶	۰/۷	۰/۵۵	۰/۶۹	۱	

ns، غیر معنی دار؛ * و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

جدول ۲- برآورد GCA صفات مختلف گندم در دو شرایط نرمال و تنش شوری

والد	عملکرد		وزن زیست توده		وزن صد دانه	تعداد سنبلیچه در سنبله	تعداد پنجه	تعداد دانه در سنبله	طول سنبله	
	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش
فلات	۱۷/۵۸ ^{**}	۱۷/۰۳ ^{**}	۳۵/۶۷ ^{**}	۴۰ ^{**}	۰/۲۵ ^{**}	۰/۲۱ ^{**}	۰/۲۲ [*]	۰/۵۵ ^{**}	۰/۷۱ [*]	۰/۹۲ ^{ns}
بم	۲/۳ ^{ns}	۷/۶۷ ^{**}	۲/۸۳ ^{ns}	۱۷/۳۲ ^{**}	۰/۲ ^{**}	۰/۲۷ ^{**}	۰/۱۴ ^{ns}	۰/۵۶ ^{**}	۰/۳۷ ^{**}	۰/۰۸ ^{ns}
قدس	۱/۵۷ ^{ns}	۰/۶ ^{ns}	۵/۴۷ ^{ns}	۱/۲۳ ^{ns}	۰/۰ ^{ns}	۰/۱۳ ^{**}	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۲۹ ^{**}	۰/۳۸ ^{**}	۰/۰۴ ^{ns}
روشن	۱۲/۲۴ ^{**}	۱۶/۵۴ ^{**}	۳۱/۳۶ ^{**}	۴۴/۶۳ ^{**}	۰/۰ ^{ns}	۰/۰۹ [*]	۰/۱۵ ^{ns}	۰/۴۶ ^{**}	۰/۷۸ ^{**}	۰/۱۳ ^{ns}
ارگ	۱/۰۷ ^{ns}	۱/۸۳ ^{ns}	۶/۵۷ ^{ns}	۱/۰۶ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۲۸ ^{**}	۰/۰۹ [*]
کوبر	۱/۶۲ ^{ns}	۶/۷۲ ^{**}	۱۱/۳۵ ^{**}	۲۰/۹۶ ^{**}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۵۳ ^{**}	۰/۳۶ ^{**}	۰/۳۷ ^{**}	۰/۰۵ ^{ns}
پیشناز	۲/۰۳ ^{ns}	۱/۶۹ ^{ns}	۰/۷۹ ^{ns}	۱/۲۹ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۱۶ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۱۵ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}
میانگین	۱۲۲/۲ ^{**}	۱۰۹/۰۹ ^{**}	۳۳۶/۴۱ ^{**}	۳۰۹/۵۹ ^{**}	۳/۳۶ ^{**}	۲/۹۸ ^{**}	۱۷/۹۲ ^{**}	۸/۶۶ ^{**}	۷/۲۷ ^{**}	۵/۰۶ ^{**}
LSD (gi)	۲/۵۲	۲/۴۲	۶/۹۸	۷/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۲۰	۰/۱۹	۰/۲۲	۰/۴۲
LSD (gi-gj)	۳/۸۵	۳/۶۹	۱۰/۶۶	۱۰/۷۸	۰/۱	۰/۱	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۳۴	۰/۱۷

ns، عدم معنی داری؛ * و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

جدول ۳- برآورد آثار مادری صفات مختلف گندم در دو شرایط نرمال و تنش شوری

والد	عملکرد		وزن زیست توده		وزن صد دانه	تعداد سنبلیچه در سنبله	تعداد پنجه	تعداد دانه در سنبله	طول سنبله	
	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش
فلات	۱/۴۴ ^{ns}	۲/۱۴ ^{ns}	۱۸/۰۳ ^{**}	۱۶/۳۶ ^{**}	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۳۹ ^{**}	۰/۳۵ ^{**}	۱/۰۸ ^{**}	۱/۹۲ ^{**}
بم	۴/۸۹ ^{**}	۲/۳۶ ^{ns}	۱۳/۰۳ ^{**}	۱۱/۳۵ ^{**}	۰/۰۹ [*]	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۴۱ ^{**}	۰/۰۸ ^{ns}	۰/۲۳ ^{**}	۰/۰۶ ^{ns}
قدس	۰/۳ ^{ns}	۴/۰۷ ^{**}	۰/۵۹ ^{ns}	۸/۰۵ [*]	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۲۹ ^{**}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۲۲ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}
روشن	۳/۷۷ ^{**}	۹/۱۵ ^{**}	۱۲/۵۴ ^{**}	۱۳/۵ ^{**}	۰/۱۳ ^{**}	۰/۰۹ [*]	۰/۱۵ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۲۲ [*]	۰/۲۴ [*]
ارگ	۴/۵۶ ^{**}	۶/۰۵ ^{**}	۸/۵ [*]	۱۵/۱۶ ^{**}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۱۵ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۱۶ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}
کوبر	۲/۳۶ ^{ns}	۱/۰۸ ^{ns}	۰/۴۶ ^{ns}	۵/۵۶ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۲۹ ^{**}	۰/۱۴ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}
پیشناز	۹/۱۳ ^{**}	۱۲/۴۴ ^{**}	۱۵/۹ ^{**}	۲۱/۱۵ ^{**}	۰/۰۷ [*]	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۱۶ ^{ns}	۰/۲۸ ^{**}	۰/۱۹ ^{ns}	۰/۱ ^{ns}
LSD (mi)	۲/۵۲	۲/۴۲	۶/۹۸	۷/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۲۰	۰/۱۹	۰/۲۲	۰/۴۲
LSD (mi-mj)	۳/۸۵	۳/۶۹	۱۰/۶۶	۱۰/۷۸	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۳۴	۰/۱۸

ns، عدم معنی داری؛ * و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

جدول ۴- برآورد آثار SCA تلاقی‌ها در شرایط نرمال و تنش شوری برای صفات گندم

تلاقی	عملکرد		وزن زیست توده		وزن صد دانه		تعداد سنبلیچه در سنبله		تعداد پنجه		تعداد دانه در سنبله		طول سنبله	
	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش
فلات × بم	۱/۲۸ ^{ns}	۵/۰۶ ^{ns}	۹/۰۱ ^{ns}	۲۲/۰۴ [*]	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۳۸ ^{**}	۰/۳۹ ^{ns}	۰/۲۱ ^{ns}	۰/۵۷ [*]	۰/۳ ^{ns}	۰/۲۸ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}
فلات × قدس	۲/۴۱ ^{ns}	۱۰/۰۹ ^{**}	۸/۴۶ ^{ns}	۲۳/۷۶ [*]	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۲۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۱/۲۸ ^{ns}	۲/۸۳ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}
فلات × روشن	۳/۴۳ ^{ns}	۱۲/۴۶ ^{**}	۹/۲۲ ^{ns}	۲۹/۵۶ ^{**}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۱۸ ^{ns}	۰/۲۸ ^{ns}	۰/۶ [*]	۰/۵۱ ^{ns}	۲/۸۶ ^{**}	۲/۰۵ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}
فلات × ارگ	۰/۶۷ ^{ns}	۰/۱۵ ^{ns}	۰/۹۶ ^{ns}	۱۱/۳۸ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۷۷ ^{ns}	۰/۴۳ ^{ns}	۰/۲۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}
فلات × کویر	۱۲/۱۲ ^{**}	۱۶/۴۲ ^{**}	۳۷/۷۲ ^{**}	۶۶/۱۵ ^{**}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۴۹ ^{ns}	۰/۴۲ ^{ns}	۱/۰۵ ^{**}	۲/۲۷ ^{**}	۲/۲۱ ^{ns}	۰/۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}
فلات × پیشتاز	۴/۵۷ ^{ns}	۶/۴۲ ^{ns}	۱۰/۲ ^{ns}	۱/۱۴ ^{ns}	۰/۲۲ ^{ns}	۰/۳۷ [*]	۰/۷۱ ^{ns}	۰/۶۷ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۲۹ ^{ns}	۰/۳۸ ^{ns}	۳/۵ ^{ns}	۰/۶۱ [*]	۰/۰۶ ^{ns}
بم × قدس	۳/۶۳ ^{ns}	۸/۳۵ [*]	۹/۹۴ ^{ns}	۱۹/۳۵ [*]	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۰/۸۷ ^{**}	۰/۴۷ ^{ns}	۰/۱۵ ^{ns}	۰/۴۲ ^{ns}	۱/۶۴ [*]	۱/۸۹ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}
بم × روشن	۷/۴۴ [*]	۱/۸۷ ^{ns}	۱۶/۱۵ ^{ns}	۱۱/۰۳ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۰/۶۴ [*]	۰/۶۶ [*]	۰/۳۹ ^{ns}	۰/۳۹ ^{ns}	۱/۸۳ ^{ns}	۰/۲۹ [*]	۰/۱۱ ^{ns}
بم × ارگ	۳/۰۸ ^{ns}	۱۵/۴ ^{**}	۰/۲۲ ^{ns}	۳۲/۰۶ ^{**}	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۴۳ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۷۳ [*]	۱/۰۵ ^{ns}	۰/۴۸ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}
بم × کویر	۲/۹۶ ^{ns}	۸/۹۱ [*]	۲/۱۹ ^{ns}	۷/۹۷ ^{ns}	۰/۱۵ ^{ns}	۰/۱۸ ^{ns}	۰/۲۷ ^{ns}	۰/۲۵ ^{ns}	۰/۱۸ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۸۴ ^{ns}	۰/۷۵ ^{ns}	۰/۲ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}
بم × پیشتاز	۹/۷ ^{ns}	۱۸/۴۸ ^{**}	۴۸/۳۶ ^{**}	۳۸/۸۵ [*]	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۵۸ ^{ns}	۱ ^{ns}	۰/۷۱ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۸۶ ^{ns}	۱/۴۹ ^{ns}	۰/۳۸ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}
قدس × روشن	۱۰/۷۶ ^{**}	۴/۶۹ ^{ns}	۳۱/۸۹ ^{**}	۴/۲۶ ^{ns}	۰/۱۴ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۳۵ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۸ ^{**}	۰/۴ ^{ns}	۱/۱۵ ^{ns}	۱/۱۷ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}
قدس × ارگ	۸/۲۷ [*]	۱۴/۴ ^{**}	۱۳/۵۸ ^{ns}	۴۴/۴۹ ^{**}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۵ ^{ns}	۰/۳۲ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۹۱ ^{**}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۴۶ ^{ns}	۰/۲۳ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}
قدس × کویر	۱۵/۷۸ ^{**}	۴/۳۲ ^{ns}	۴۰/۶ ^{**}	۱۱/۶۸ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۳۸ ^{ns}	۰/۶۱ [*]	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۳۸ ^{ns}	۰/۲۳ ^{ns}	۰/۱ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}
قدس × پیشتاز	۴/۵۵ ^{ns}	۱۸/۱ ^{**}	۳/۲۷ ^{ns}	۲۳/۱۴ ^{ns}	۰/۱۸ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۷۴ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۳۲ ^{ns}	۰/۷ ^{ns}	۱/۶۵ ^{ns}	۰/۷۵ ^{ns}	۰/۶۵ [*]	۰/۰۳ ^{ns}
روشن × ارگ	۵/۶۲ ^{ns}	۴/۱۱ ^{ns}	۱۶/۲۲ ^{ns}	۱۰/۱۷ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۵ ^{ns}	۰/۱۴ ^{ns}	۱/۲۱ ^{ns}	۰/۳۲ ^{ns}	۰/۱۴ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}
روشن × کویر	۱/۱۷ ^{ns}	۱۰/۱۵ ^{**}	۸/۸۳ ^{ns}	۲/۳۶ ^{ns}	۰/۲۱ [*]	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰ ^{ns}	۰/۲۸ ^{ns}	۰/۳۹ ^{ns}	۱/۶۹ ^{ns}	۰/۱۴ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}
روشن × پیشتاز	۱۳/۸۳ [*]	۱۴/۳۳ [*]	۴۹/۶۲ ^{**}	۴۶/۵۲ ^{**}	۰/۰ ^{ns}	۰/۳۷ [*]	۰/۵۳ ^{ns}	۱/۹۸ ^{**}	۱/۳۲ ^{**}	۰/۳۹ ^{ns}	۰/۸۸ ^{ns}	۵/۵۴ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}
ارگ × کویر	۱/۳۸ ^{ns}	۱۹/۳۵ ^{**}	۳/۶۲ ^{ns}	۵۳/۱۳ ^{**}	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۳۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۲۵ ^{ns}	۰/۹۶ ^{**}	۰/۹ ^{ns}	۱/۰۶ ^{ns}	۰/۱۴ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}
ارگ × پیشتاز	۷/۵۹ ^{ns}	۱۶/۰۲ [*]	۱۳/۶۷ ^{ns}	۳۹/۲۳ [*]	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۴۱ ^{ns}	۰/۹۵ ^{ns}	۰/۷۶ ^{ns}	۰/۵۵ ^{ns}	۴/۱۱ ^{**}	۷/۵۱ [*]	۰/۱۴ ^{ns}	۰/۰ ^{ns}
کویر × پیشتاز	۵/۹۷ ^{ns}	۱۲/۱۹ ^{ns}	۱۵/۳۶ ^{ns}	۱۴/۳۳ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۱۵ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۱/۵۱ [*]	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۳۳ ^{ns}	۰/۵۶ ^{ns}	۳/۵۹ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}

ns، غیر معنی‌دار؛ * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد که واریانس ژنتیکی برای به‌نژادی در شرایط نرمال و تنش شوری برای ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی حاصل از تلاقی‌های دی‌آلل وجود داشت. واریانس افزایشی و GCA برای همه صفات در شرایط نرمال و تنش شوری معنی‌دار بود. معنی‌داری آثار غلبه برای اکثر صفات در شرایط تنش و نرمال حاکی از این بود که گزینش صفات در نسل‌های آخر دوره به‌نژادی می‌تواند منجر به بهبود صفات برای تحمل به تنش شوری در مواد ژنتیکی مورد مطالعه شود. به‌طور کلی رقم روشن برای صفات عملکرد، وزن زیست توده و تعداد پنجه، رقم بم برای وزن صد دانه، رقم کویر برای صفت تعداد سنبلچه در سنبله، دارای بیش‌ترین ترکیب‌پذیری عمومی بودند و می‌توانند برای بهبود و به‌نژادی این صفات مورد استفاده قرار گیرند. برآورد وراثت‌پذیری عمومی بالا و همچنین وراثت‌پذیری خصوصی متوسط و بالا برای صفات مورد مطالعه در این پژوهش حاکی از امیدبخش بودن این مواد ژنتیکی برای اصلاح و بهبود در شرایط نرمال و همچنین تحمل به تنش شوری بود.

سپاسگزاری

از تمامی کارکنان مرکز ملی شوری یزد و بخش غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج به جهت همکاری‌های فنی و ابزاری برای اجرای این پژوهش صمیمانه تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

- Ali Z, Khan AS (1998) Combining ability studies of some morphophysiological traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Pakistan Journal of Agricultural Sciences 35: 1-3.
- Ashraf M (1994) Breeding for salinity tolerance in plants. Critical Reviews in Plant Sciences 13: 17-42.
- Ashraf M, Athar HR, Harris PJC, Kwon TR (2008) Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. Advances in Agronomy 97: 45-110.
- Ashraf M, McNeilly T, Bradshaw AD (1986) Response and ion uptake of selected salt tolerant and unselected lines of three legume species. New Phytologist 104: 463-472.
- Ashraf M, Shahbaz M (2003) Assessment of genotypic variation in salt tolerance of early CIMMYT hexaploid wheat germplasm using photosynthetic capacity and water relations as selection criteria. Photosynthetica 41: 273-280.

- معنی‌دار بودن آثار برآورد شده برای عملکرد و وزن زیست توده در شرایط نرمال و تنش تا حد بسیار بالایی شبیه هم بود (جدول ۲ و ۳). بنابراین گزینش عملکرد و وزن زیست توده همزمان می‌تواند یک معیار مناسب برای گزینش در شرایط تنش شوری باشند. (Flowers and Hajibagheri 2001) پیشنهاد کردند که وزن خشک زیست توده می‌تواند معیار مناسبی برای غربال سریع محصولات در تنش شوری باشد. به‌طورکلی در اکثر صفات برآورد GCA, SCA و آثار مادری والدین و تلاقی‌ها در شرایط تنش و نرمال متفاوت بود که این در توافق با نتایج سایر پژوهشگران بود (Richards et al. 1987; Slavich et al. 1990). عملکرد دانه در گیاه، تعداد بذر در سنبله و تعداد پنجه بارور از مهم‌ترین صفاتی بودند که برای غربالگری در شرایط شور پیشنهاد شده‌اند (El-Hendawy et al. 2009). وزن خشک به‌عنوان یکی از معیارهای مهم ارزیابی برای تنش شوری در محیط‌های کنترل شده پیشنهاد شده‌است (Kingsbury and Epstein 1984; Meneguzzo et al. 2000). پژوهشگران زیادی کاهش عملکرد گندم را در شرایط تنش شوری ناشی از کاهش در تعداد پنجه‌های بارور می‌دانند (Maas and Grieve 1990; Silberbush and Lipps 1991). تنش شوری تعداد سنبلچه و حجم سنبلچه در سنبله را کاهش می‌دهد (Grieve et al. 1993).

- Azhar FM, McNeilly T (1988) The genetic basis of variation for salt tolerance in *Sorghum bicolor* (L.) Moench seedlings. Plant Breeding 101: 114-21.
- Baker R (1978) Issues in diallel analysis. Crop Science 18: 533-536.
- Cuartero J, Bolarin MC, Asins MJ, Moreno V (2006) Increasing salt tolerance in the tomato. Journal of Experimental Botany 57: 1045-1058.
- El-Hendawy SE, Ruan Y, Hu Y, Schmidhalter U (2009) A comparison of screening criteria for salt tolerance in wheat under field and controlled environmental conditions. Journal of Agronomy and Crop Science 195: 356-367.
- Epstein E, Norlyn JD, Rush DW, Kingsbury R, Kelly DB, Wrana AF (1980) Saline culture of crops: a genetic approach. Science, 210: 399-404.
- Flowers T (2006) Preface. Journal of Experimental Botany 57: p. iv.

- Flowers TJ (2004) Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental Botany* 55: 307-319.
- Flowers TJ, Hajibagheri MA (2001) Salinity tolerance in *Hordeum vulgare*: ion concentrations in root cells of cultivars differing in salt tolerance. *Plant Soil* 23: 1-9.
- Flowers TJ, Yeo AR (1995) Breeding for salinity resistance in crop plants: where next? *Australian Journal of Plant Physiology* 22: 875-884.
- Genc Y, Oldach K, Verbyla A, Lott G, Hassan M, Tester M, Wallwork H, McDonald GK (2010) Sodium exclusion QTL associated with improved seedling growth in bread wheat under salinity stress. *Theoretical and Applied Genetics* 121: 877-894.
- Grieve CM, Lesch SM, Maas EV, Francois LE (1993) Leaf and Spikelet Primordia Initiation in Salt-stressed Wheat. *Crop Science* 33: 1286-1294.
- Griffing B (1956) Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences* 9: 463-493.
- Karadimova M, Djambova G (1993) Increased NaCl-tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L. and *T. durum* Desf) through in vitro selection. *In Vitro Cellular & Developmental Biology* 29: 180-182.
- Kebebew F, McNeilly T (1996) The genetic basis of variation in salt tolerance in Pearl Millet, *Pennisetum americanum* (L.) Leeke. *Journal of Genetics and Breeding* 50: 129-136.
- Kingsbury R, Epstein E (1984) Selection for salt-resistant spring wheat. *Crop Science* 24: 310-315.
- Kulshreshtha N, Singh KN (2011) Combining ability studies in wheat (*Triticum aestivum* L.) for genetic improvement under salt stress. *Journal of Wheat Research* 3: 22-26.
- Läuchli A, Grattan S (2007) Plant growth and development under salinity stress. In: Jenks MA, Hasegawa PM, Jain SM, Foolad M (Eds.) *Advances in molecular breeding toward drought and salt tolerant crops*, Springer, Dordrecht, Netherlands, 1-32.
- Lilliefors, HW (1969) On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown. *Journal of the American Statistical Association*, 62: 399-402.
- Lindsay MP, Lagudah ES, Hare RA, Munns R (2004) A locus for sodium exclusion (Nax1), a trait for salt tolerance, mapped in durum wheat. *Functional Plant Biology* 31: 1105-1114.
- Martinez-Beltran J, Manzur CL (2005) Overview of salinity problems in the world and FAO strategies to address the problem. In: *Proceedings of the International Salinity Forum*, Riverside, California, April 2005, 311-313.
- Mass EV, Grieve CM (1990) Spike and leaf development in salt stressed wheat. *Crop Science* 30: 1309-1313.
- Mather K, Jink J (1982) *Biometrical Genetics: The Study of Continuous Variation*. 3rd: Chapman and Hall, London.
- Meneguzzo S, Navari-Izzo F, Izzo R (2000) NaCl effects on water relations and accumulation of mineral nutrients in shoots, roots and cell sap of wheat seedling. *Journal of Plant Physiology* 156: 711-716.
- Munns R (2005) Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytologist* 167: 645-663.
- Munns R, Hare RA, James RA, Rebetzke GJ (2000) Genetic variation for improving the salt tolerance of durum wheat. *Australian Journal of Agricultural Research* 51: 69-74.
- Munns R, Husain S, Rivelli AR, James RA, Condon AG, Lindsay MP, Lagudah ES, Schachtman DP, Hare RA (2002) Avenues for increasing salt tolerance of crops, and the role of physiologically based selection traits. *Plant Soil*, 247: 93-105.
- Munns R, James RA (2003) Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. *Plant Soil*, 253: 201-218.
- Munns R, James RA, Läuchli A (2006) Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany* 57: 1025-1043.
- Munns R, Tester M (2008) Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology* 59: 651-681.
- Pecetti L, Gorham, J (1997) Screening of durum wheat germplasm for Na uptake under moderate salinity. *Cereal Research Communications* 25: 923-930.
- Pitman MG, Läuchli, A (2002) Global impact of salinity and agricultural ecosystems. In: Läuchli A, Lüttge U (Eds.) *Salinity: Environment Plants Molecules*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 3-20.
- Poustini K, Siosemardeh A (2004) Ion distribution in wheat cultivars in response to salinity stress. *Field Crop Research* 85: 125-133.
- 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.
- Rajendran K, Tester M, Stuart JR (2009) Quantifying the three main components of salinity tolerance in cereals. *Plant, Cell & Environment* 32: 237-249.
- Rao SA, McNeilly T (1999) Genetic basis of variation for salt tolerance in maize (*Zea mays* L.). *Euphytica* 108: 145-50.
- Rehman SU, Harris PJC, Ashraf M (2005) Stress environment and their impact on crop production. In: Ashraf, M, Harris PJC (Eds.) *Abiotic Stresses: Plant Resistance Through Breeding and Molecular Approaches*, Food Products Press: An Imprint of the Haworth Press, Inc, NY, USA, 3- 18.
- Reynolds M, Tuberosa R (2008) Translational research impacting on crop productivity in drought-prone environments. *Current Opinion in Plant Biology* 11: 171-179.
- Richards RA (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.
- Roy D (2000) *Plant Breeding: Analysis and exploitation of variation*. Narosa Publication, New Delhi. P 701.
- Sener O, Kline M, Yagbasanlar T (2000) Estimation of inheritance of some agronomical characters in common wheat by diallel cross analysis. *Turkish Journal of Agriculture and forestry* 24: 121-127.
- Shannon MC, Noble CL (1990) Genetic approaches for developing economic salt tolerant crops. In: Tanji KK (Ed.) *Agricultural salinity assessment and management*,

ACSE Manuals and reports on engineering practice No. 71. ASCE, New York, 165-185.

Silberbush M, Lipps SH (1991) Potassium, ammonium/nitrate ratio and sodium chloride effects on wheat growth. II. Tillers and grain yields. Journal of Plant Nutrition 14: 765-773.

Singh H, Sharma SN, Sain RS, Singhanian DL (2003) The inheritance of production traits in wheat by diallel analysis. SABRAO Journal of Breeding 35: 1-9.

Singh K, Chatrath R (1997) Combining ability studies in bread wheat (*Triticum aestivum* L. Thell) under salt stress environments. Indian Journal of Genetics and Plant Breeding 57: 127-132.

Slavich PG, Read BJ, Cullis BR (1990) Yield response of barley germplasm to field variation in salinity quantified using the Em-38. Australian Journal of Experimental Agriculture 30: 551-556.

Stansfield WD (1991) Theory and problems of genetics. McGraw Hill Co: New York, USA.

Wyn Jones, R G Gorham T (1993) Salt tolerance. In: Johnson CB (Ed.) Physiological Processes. Limiting Plant Productivity, Butterworths, London, 271-292.

Yamaguchi T, Blumwald E (2005) Developing salt-tolerant crop plants: challenges and opportunities. Trends in Plant Science 10: 615-620.

Zhang Y, Kang MS (2005) DIALLEL-SAS05. Agronomy Journal 97: 1097-1106.