مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۲۹، شماره ۱، سال ۱۳۹۲

واکنش لاین‌های گندم نان (*Triticum aestivum* L.) به تنش شوری

Response of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Lines to Salinty Stress

سمیه ساردویی نسب[۱]، قاسم محمدی‌نژاد[۲]، علیرضازبرجدی[۳]، بابک ناخدا[۴]، محسن مردی[۵]، سید محمدتقی طباطبایی[۶]، غلامرضا شریفی[۷]، اشکبوس امینی[۸] و اسلام مجیدی هروان[۹]

۱ و۳- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه
۲ و ۷- استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه باهنر کرمان
۴، ۵ و ۹- به ترتیب استادیار، دانشیار و استاد، پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی، کرج
۶- مربی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یزد
۸- مربی، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۰/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۴/۲۹

چکیده

ساردوئی‌نسب، س.، محمدی‌نژاد، ق.، زبرجدی، ع. ر.، ناخدا، ب.، مردی، م.، طباطبائی، س. م. ت.، شریفی، غ. ر.، امینی، ا. و مجیدی هروان، ا. ۱۳۹۲. واکنش لاین‌های گندم نان (*Triticum aestivum* L.) به تنش شوری. **مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۲۹:** ۱۰۲ - ۸۱.

به منظور ارزیابی پتانسیل عملکرد دانه لاین‌های گندم نان در شرایط تنش شوری، مدل‌سازی عملکرد دانه در تنش شوری و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر جهت استفاده در برنامه‌های به‌نژادی، ۱۰۰ لاین گندم نان که شامل ژنوتیپ‌های حساس و متحمل به شوری بودند در قالب طرح لاتیس دوگانه در شرایط مزرعه‌ای شوری و بدون شوری در یزد و کرمان ارزیابی شدند. نتایج حاصل از تجزیه مرکب صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری را بین ژنوتیپ‌ها نشان داد. نتایج ضرایب همبستگی مشخص کرد که بین عملکرد و اکثر صفات مورد مطالعه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد ، تجزیه رگرسیون چندگانه به روش گام به گام نشان داد که در تنش شوری صفات تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله و تعداد روز تا پنجه زدن بیشترین عوامل مؤثر در عملکرد بودند. نتایج حاصل از بررسی ضرایب عاملی بیانگر اهمیت صفات عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و اجزای عملکرد در تنش شوری بود. تجزیه علیت بر اساس متغیرهای وارد شده در مرحله نهایی رگرسیون مرحله‌ای نشان داد که تعداد سنبله در مترمربع و وزن دانه در سنبله در شرایط تنش اثر مستقیم بالایی بر عملکرد داشتند. در نهایت با توجه به نتایج عملکرد به دست آمده از محیط‌های مختلف لاین‌های شماره ۲۶، ۴۸، ۵۱، ۵۴، ۵۵، ۵۹، ۶۰، ۶۶، ۶۷، ۶۹، ۷۳، ۷۵، ۸۷، ۸۹ و ۹۴ که دارای عملکرد بیشتری نسبت به ارقام شاهد پرمحصول متحمل به تنش ارگ، بم و کویر بودند، به عنوان برترین ژنوتیپ‌ها در شرایط مورد مطالعه تعیین و جهت بررسی‌های مولکولی، فیزیولوژیکی و سازگاری انتخاب شدند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه علیت، تحمل به شوری، گندم نان.

نویسنده مسئول: zebarjadi@razi.ac.ir تلفن: ۰۸۳۱۸۳۲۳۷۳۱

مقدمه

با افزایش تقاضای جمعیت جهان برای تولیدات گیاهی از جمله گندم همراه با کاهش زمین‌های قابل کشت به واسطه محدودیت منابع آب و خاک و تنش‌های غیر زنده از جمله شوری، نیاز به راه‌حل‌های فنی و زیستی برای فائق آمدن بر عوامل محدود کننده تولید محصولات گیاهی نظیر شوری، بیش از پیش روشن می‌شود. تنش شوری باعث کاهش رشد رویشی و زایشی و در نتیجه عملکرد گندم می‌شود، بنابراین به‌نژادگران باید همواره در اندیشه ایجاد ارقامی با پتاسیل عملکرد بالا و متحمل به تنش شوری باشند. با توجه به این‌که تقاضای جهانی برای گندم و سایر غلات پیوسته در حال افزایش است، تداوم افزایش تولید گندم به منظور تأمین غذا اهمیت زیادی دارد (Mohammad Doust Chamanabad *et al*., 2010).

بر اساس شواهد ومطالعات انجام شده سطح کل خاک‌های شور در ایران حدود ۲۵ میلیون هکتار تخمین زده شده است که شامل ۱۵ درصد سطح کل ایران، ۳۰ درصد دشت‌ها و ۵۰ درصداراضی کشت آبی است (Anonymous, 1995). توسعه ارقام با عملکرد دانه بالا، هدف اساسی اصلاح گندم نان است، با این وجود گزینش مستقیم آن از ارزش قابل اعتمادی برخوردار نبوده و از این رو سودمندی هر برنامه اصلاحی در گزینش بر اساس معیارهای مرتبط با عملکرد دانه و شناسایی کیفیت، مسیر و اندازه این ارتباط و اهمیت نسبی هر یک از این معیارها است (Sarmadnia and Kochaki, 1989). سرمدنیا (Sarmadnia, 1993) یک راه حل اساسی برای برطرف کردن یا کاهش دادن اثر شرایط محیطی ایجاد کننده تنش‌ها را یافتن ژنوتیپ‌هایی می‌داند که دارای مجموعه‌ای از صفات مطلوب با وراثت‌پذیری بالا باشند. یائو و فلاورز (Yeo and flowers, 1989) معتقدند که در مورد یک گونه معین آن چه حائز اهمیت است شناسایی ارقام متحمل به شوری است تا بتوان از آن‌ها برای کشت در مناطق شور یا بهره‌وری به منظور انتقال صفت به ارقام پرمحصول استفاده کرد. هوشمند و همکاران (Houshmand *et al*., 2005) نیز اصلاح نباتات را راه حل مناسبی برای کاهش اثر تنش شوری می‌دانند، زیرا می‌توان از طریق اصلاح ارقامی که قادر به رشد و تولید اقتصادی در شرایط شوری متوسط هستند بر اثر سوء تنش شوری فائق آمد. فقدان روش‌های قابل اعتماد برای غربال کردن در شرایط مزرعه‌ای را شاید بتوان بزرگ‌ترین مشکل در بهبود تحمل به شوری گیاهان زراعی دانست (Munns and James, 2003). ماس و هافمن (Maas and Hoffman, 1977) گیاهان زراعی را بر اساس مقاومت به شوری به چهار گروه مقاوم، نیمه مقاوم، نیمه حساس و حساس تقسیم‌بندی وگندم را گیاهی نیمه مقاوم قلمداد کردند. در یک بررسی واکنش ۹ رقم گندم در سطوح متفاوت شوری گزارش شد که

کاهش رشد بخش هوایی و ریشه در کلیه ارقام از روند مشابهی برخوردار بودند (Azmi and Alam, 1990). تنش شوری، از طریق تأثیر بر روی اجزای عملکرد، باعث کاهش عملکرد دانه گندم می‌شود. اثر مخرب تنش شوری، به دلیل کاهش پتانسیل اسمزی در محیط ریشه و تاثیر بر تعادل آبی گیاه و کاهش فشار آماس، در مراحل مختلف رشدی گندم نان توسط پژوهشگران زیادی گزارش شده است (Tester and Davenport, 2003؛ Munns, 2005). تنوع بالائی میان ارقام و لاین‌های گندم نان از نظر تحمل به تنش شوری گزارش شده است که دلالت بر وجود فرصت‌های زیادی در جهت افزایش تحمل به شوری در گندم نان از طریق انتخاب و اصلاح دارد (Inamullah *et al*., 2006). میزان تولید گندم نان با گسترش ژنوتیپ‌های گندم اصلاح شده‌ای که قادر به تولید عملکرد بیشتر در شرایط متنوع زراعی و انواع تنش‌های محیطی از جمله شوری باشند، افزایش می‌یابد اما تحمل به شوری یک صفت کمی و متاثر از ساز و کارهائی است که شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به شوری گندم نان را بسیار دشوار کرده و محدودیت‌هایی نیز در این زمینه وجود دارد (Genc, 2007). تنها راه مناسب برای بهبود و پایداری عملکرد گندم در محیط‌های شور، اصلاح آن به منظور تحمل به شوری است (Shannon, 1984).

هدف از این مطالعه شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل و حساس به تنش شوری در ۱۰۰ لاین گندم نان بود تا در برنامه‌های به‌نژادی آینده با بررسی و مقایسه الگوی بیان ژن‌های پاسخ‌دهنده به تنش شوری در متحمل‌ترین و حساس‌ترین ژنوتیپ‌های ارزیابی شده، ژن‌های دخیل در تحمل به تنش در این ژنوتیپ‌ها و پایه‌های فیزیولوژیکی واکنش آن‌ها به تنش مورد شناسایی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

تعداد ۱۰۰ لاین کرانه‌ای گندم، شامل ژنوتیپ‌های حساس و متحمل به شوری گندم نان (گزارش‌های نهائی طرح‌های تحقیقاتی بخش تحقیقاتی غلات، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج) به همراه ارقام گندم ارگ، بم و کویر به عنوان شاهد در یزد (۵۲ و ۵۸ درجه طول جغرافیایی، ۲۹ و ۳۵ درجه عرض جغرافیایی و ۱۲۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا) و کرمان (۵۳ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی و ۲۵ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۳۲ درجه عرض شمالی) در محیط‌های شور ($EC = ۱۰ dsm^{-1}$) و نرمال ($EC = ۴ dsm^{-1}$) با دو تکرار در قالب طرح لاتیس دوگانه (در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹) مورد ارزیابی قرار گرفتند. این ژنوتیپ‌ها از نظر خصوصیات مورفولوژیک، زراعی و پتانسیل تولید در مزرعه شور مورد بررسی قرار گرفتند. کرت‌های آزمایشی شامل چهار خط دو متری با فاصله ۳۰ سانتی‌متر بودند. آماده‌سازی زمین

شامل شخم، دیسک، فارور طبق روال آزمایش‌های گندم انجام شد. از ترکیبات کودی در اراضی آزمایشی بر اساس نتایج آزمون خاک در مناطق استفاده شد. کلیه عملیات کاشت و داشت بسته به نوع طرح تحقیقاتی (کاشت دستی یا با بذر کار، وجین یا استفاده از علف کشف، کود نیتروژن سرک ، آبیاری و غیره) انجام شد.

در یزد صفات مختلف فنوتیپی تعداد روز تا پنجه زدن، تعداد روز تا ساقه رفتن، تعداد روز تا سنبله رفتن، تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، تعداد روز تا ۱۰۰ درصد گلدهی، تعداد روز تا ۵۰ درصد رسیدگی، تعداد روز تا ۱۰۰ درصد رسیدگی، درجه تحمل به شوری (SES)، محتوای نسبی کلروفیل (Soil Plant Analysis Development: SPAD)، تعداد سنبله در متر مربع، تعداد پنجه بارور، تعداد پنجه غیربارور، تعداد کل پنجه‌ها، ارتفاع بوته، طول میانگره اول، طول پدانکل، طول سنبله بدون ریشک، طول سنبله با ریشک، طول ریشک، وزن سنبله، وزن دانه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه پر در سنبله، تعداد دانه چروکیده در سنبله، وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی، وزن هزاردانه، عملکرد اقتصادی، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت اندازه‌گیری شد. در کرمان عملکرد دانه لاین‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

تجزیه واریانس مرکب صفات بر اساس محیط شور و نرمال و همچنین به منظور قابلیت اطمینان بیشتر داده‌ها، تجزیه مرکب عملکرد دانه بر روی چهار محیط انجام شد. ضریب تنوع با استفاده از رابطه: ($\sqrt{S\bar{x}}/\bar{x}$) محاسبه شد که $S\bar{x}$:خطای معیار میانگین و $\bar{x}$: میانگین کل است. آمار توصیفی داده‌ها به دست آمد و ضرایب همبستگی ساده بین صفات محاسبه شد. برای برازش یک مدل توصیفی بین صفات تحت بررسی و عملکرد دانه از رگرسیون چندگانه خطی با روش گام به گام استفاده شد. به منظور تعیین سهم هر صفت در تنوع کل، حذف همبستگی بین متغیرهای مستقل، کاهش حجم داده‌ها و تفسیر بهتر روابط از تجزیه به عامل‌ها استفاده شد. تجزیه به عامل‌ها با استفاده از مؤلفه‌های اصلی و چرخش عامل‌ها به روش وریماکس انجام شد. در هر عامل اصلی و مستقل ضرایب عاملی بزرگتر از ۰/۵ به عنوان عامل معنی‌دار در نظر گرفته شدند. علامت ضرایب عاملی در داخل هر عامل مبین ارتباط موجود بین صفات است. در نهایت به منظور تعیین اثر مستقیم و غیر مستقیم صفات مهم مؤثر بر عملکرد دانه، تجزیه علیت عملکرد دانه با صفات مر تبط انجام شد. برای محاسبه اثر غیر مستقیم هر متغیر از طریق سایر متغیرهای موجود در سیستم، از رابطه $py_j \times r_{ij}$ استفاده شد که در آن r_{ij} ضریب همبستگی ساده بین متغیر i و متغیر j و py_j ضریب رگرسیونی جزئی استاندارد واسطه بین متغیر مستقل واسطه j و متغیر وابسته y است. برای محاسبه اثر باقیمانده از رابطه زیر استفاده شد:

$$R = \sqrt{1-(p1yr1y + p2yr2y + p3yr3y + \ldots}$$

py: اثر مستقیم x ، ry : همبستگی X با Y

برای انجام محاسبات آماری از نرم‌افزارهای آماری Excel، SPSS و SAS استفاده شد.

نتایج و بحث

شماره و شجره لاین‌های مورد بررسی در جدول ۱ نشان داده شده است.

نتایج تجزیه واریانس مرکب صفت عملکرد دانه در چهار محیط تنش و بدون تنش یزد و کرمان در جدول ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود اثر محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای صفت عملکرد دانه در چهار محیط تنش و عدم تنش بسیار معنی‌دار بود.

نتایج مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها برای صفت عملکرد دانه که با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد، نشان داد که لاین‌های شماره ۲۶، ۴۰، ۴۸، ۴۹، ۵۱، ۵۵، ۶۰، ۶۶، ۷۵، ۸۳، ۸۷، ۸۹ و۹۴ دارای عملکرد بیشتر با اختلاف معنی‌دار نسبت به شاهدهای پر محصول متحمل به تنش ارگ، بم و کویر و لاین‌های شماره ۳،۲، ۹، ۱۱، ۳۹،۴۳،۴۶، ۴۵، ۵۶ و ۵۸ دارای کمترین عملکرد بودند. کمترین عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ شماره ۲ (۲/۹۰ تن در هکتار) و بیشترین میزان عملکرد مربوط به ژنوتیپ شماره ۶۶ (۷/۶۲ تن در هکتار) بود. با توجه به معنی‌داری اثر متقابل، بایستی توصیه لاین‌ها در هر محیط جداگانه انجام شود (جدول ۳).

تجزیه مرکب صفات مورد مطالعه در دو محیط تنش و بدون تنش یزد

با توجه به این که در کرمان فقط عملکرد دانه برای ژنوتیپ‌ها اندازه‌گیری شده بود، برای سایر صفات بر اساس داده‌های نرمال و تنش یزد عمل شد (جدول ۴). نتایج حاصل از تجزیه مرکب صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری ($p<۰/۰۰۰۱$) را بین ژنوتیپ‌ها نشان داد که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی از نظر صفات اندازه‌گیری شده بود. وجود تنوع ژنتیکی مؤثر در تحمل به شوری برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به شوری با عملکرد بالا و درک بهتر سازوکارهای فیزیولوژیکی مرتبط با تحمل به تنش شوری در گندم می تواند بسیار مفید باشد. بالاترین ضریب تنوع مربوط به صفت تعداد دانه چروکیده (X۲۴) (۰/۴۹) و پایین‌ترین ضریب تنوع مربوط به صفات تعداد روز تا گلدهی (X۴ و X۵)، تعداد روز تا سنبله رفتن (X۳) و تعداد روز تا ۱۰۰ درصد رسیدگی (X۷) (۰/۰۲) بود. بالا بودن ضرایب پراکندگی نشان‌دهنده تنوع بالای لاین‌های مورد ارزیابی از نظر صفات مذکور است که بیانگر پتانسیل این صفات در برنامه‌های به‌نژادی است. اختلاف معنی‌داری بین محیط‌های مورد بررسی مشاهده و در مجموع کاهش معنی داری در شرایط تنش دیده شد.

اختلاف آماری معنی‌دار بین ارقام بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بالا بین مواد گیاهی مورد

جدول ۱- شماره و شجره لاین‌های گندم نان

Table 1. Name an`d pedigree of bread wheat lines

شماره لاین Line no.	شجره Pedigree	شماره لاین Line no.	شجره Pedigree
1	Cham4/Tam200//Del 483/3/Mirtos	26	TX62A4793/CB809/5/Gds/4/Anza/3/Pi/Nar//Hys/6/Passarinho/7/Alvand
2	Cham4/Tam200//Del 483/3/Mirtos	27	Marvdasht/3/Emu"s"/Tjb84-1543//1-27-7876/Cndr"s"
3	Cham4/Tam200//Del 483/3/Mirtos	28	Pishtaz/3/Emu"s"/Tjb84-1543//1-27-7876/Cndr"s"
4	Cham4/Tam200//Del 483/3/Mirtos	29	Pishtaz//Ald"s"/Snb"s"
5	Alamoot*2/Kavir	30	Pishtaz/4/Bloudan/3/Bb/7C*2//Y50E/3*Kal
6	Zarrin/Shiroodi/6/Zarrin/5/Omid/4/Bb/Kal//Ald/3/Y50E/Kal*3//Emu	31	Shiraz/5/Nvd/4/Omid//H7/4P839/3/Omid/Tdo
7	Zarrin/Shiroodi/3/zarrin//Ombu1/Alamo	32	4777//Fkn/Gb/3/Vee"s"/4/Buc"s"/5/1-66-44/6/Fertillo/Vee#5/7/Pishtaz
8	Zarrin*2/3/Alvand//Aldan"s"/IAS58,4072-48	33	Bloyka/7/T.Aest/5/Ti/4/La/3/Fr/Kad//Gb/6/F13471/crow"s"/8/Mahdavi
9	Alvand*2//Opata*2/Wulp	34	1-65-55/5/Pewee"s"/Azd/4/Anza/3/Pi/Nar//Hys/6/Cocoraque 75/7/Bloyka
10	Alvand*2//Opata*2/Wulp	35	MV17/Alvd//Chamran/3/Pishtaz
11	Alvand*2/4/Kal/Bb//Cj"s"/3/Hork"s"	369	Mrn/ Catbird/4/Alvand//Aldan"s"/Ias 58
12	Owl*2/Kavir	37	Kal/Bb//Cj "s"/3/Hork "s"/4/2*Alvd//Aldan/Ias 58
13	Owl*2/Kavir	38	Mv17/Shiraz
14	Owl*2/Shiroodi	39	DH2-390-1563 F3Gds/4/Anza/3/Pi//Hys/5/1-6/6/Tajan/ 7/ Milan/..
15	Owl/Shiroodi/3/Owl//Opata*2/Wulp	40	DH2-390-1563 F3Gds/4/Anza/3/Pi//Hys/5/1-6/6/Kauz*2/Opata//….
16	Owl/Shiroodi/3/Owl//Opata*2/Wulp	41	Kauz/Sorkhtokhm//Hys//Drc*2/7C/3/2*Rsh/4 /Bank"s"/Vee "s"
17	Owl/Kavir/3/Owl//Vee/Nac	42	Kauz/Sorkhtokhm//Hys//Drc*2/7C/3/2*Rsh/4 /Bank"s"/Vee "s"
18	Owl/Kavir/3/Owl//Vee/Nac	43	Kauz/Sorkhtokhm//Mahooti/ 3 /Bank"s"/Vee "s"
19	1-68-120/1-68-22//Mirtos/3/1-68-120/1-68-22	44	Marvdasht//Tui"s"/Star
20	Passarinho//Vee/Nac	45	Marvdasht//Tui"s"/Star
21	Passarinho//Vee/Nac	46	Bloudan/3/Bb/7C*2//Y50E/Kal*3/4/KRL.14
22	Guadalop/Falat	47	DH-line
23	494J6.LL/Roller//Mv17	48	Bloudan/3/Bb/7C*2//Y50E/Kal*3/4/Sholeh
24	Rsh/Tam200//Alvand	49	Azd//Tob/Chb/3/Emu"s"/Tjb84/4/Bloudan/3/Bb/7c*2//Y50E/Kal*3
25	Marvdasht/Owl	50	Guadalop/Falat

Table 1. Continued

ادامه جدول ۱

شماره لاین Line no.	شجره Pedigree	شماره لاین Line no.	شجره Pedigree
51	Alamoot//Opata*2/Wulp	76	DH-line
52	Alamoot/4/Bloudan/3/Bb/7c*2//Y50E/Kal*3	77	Cereal recearch collection , Accession no : 2591
53	Alamoot/4/Bloudan/3/Bb/7c*2//Y50E/Kal*3	78	Cereal recearch collection , Accession no :2592
54	Azd//Tob/Chb/3/Emu"s"/Tjb84/4/Alvand//Aldan"s"/IAS58,4072-48	79	Cereal recearch collection , Accession no :2594
55	1-72-92/Col.No.3617//Owl	80	Cereal recearch collection , Accession no :2605
56	Bow"s"/Vee"s"//1-60-3/7/T.Aest/5/Ti/4/La/3/Fr/Kad//Gb/6/F13471/crow"s"/8/Flt/Attila	81	Cereal recearch collection , Accession no :2607
57	Alvd//Aldan/Ias 58/3/2*Rsh	82	Cereal recearch collection , Accession no :2614
58	Alvd//Aldan/Ias 58/3/1-60-3/5/Kal/Bb//Cj "s"/3/Hork"s"/4/Alvd//Aldan/Ias58	83	Cereal recearch collection , Accession no :2695
59	DH2-390-1563 F3Gds/4/Anza/3/Pi//Hys/5/1-6/6/Tajan/ 7/ Milan/..	84	Cereal recearch collection , Accession no :2696
60	DH2-390-1563 F3Gds/4/Anza/3/Pi//Hys/5/1-6/6/Tajan/ 7/ Milan/..	85	Cereal recearch collection , Accession no :2764
61	DH2-390-1563 F3Gds/4/Anza/3/Pi//Hys/5/1-6/6/Tajan/ 7/ Milan/..	86	Cereal recearch collection , Accession no :2766
62	DH2-390-1563 F3Gds/4/Anza/3/Pi//Hys/5/1-6/6/Kauz*2/Opata//….	87	Cereal recearch collection , Accession no :2776
63	Kauz/Sorkhtokhm//Hys//Drc*2/7C/3/2*Rsh/4 /Bank"s"/Vee "s"	88	Cereal recearch collection , Accession no :2799
64	Kauz/Sorkhtokhm//Sakha 8/3 /Bank"s"/Vee "s"	89	Cereal recearch collection , Accession no :2812
65	Kauz/Sorkhtokhm//Sakha 8/3 /Bank"s"/Vee "s"	90	Cereal recearch collection , Accession no :2815
66	Kauz/Sorkhtokhm//Mahooti/3 /DH-209-1557 F3,Vee "s"/Nac//1-66-22	91	Cereal recearch collection , Accession no :2933
67	Kauz/Sorkhtokhm//Mahooti/3 /DH-209-1557 F3,Vee "s"/Nac//1-66-22	92	Cereal recearch collection , Accession no :2940
68	T.AestxTi(La(Frkal.xGb))=(1-66-22)/5/KRL.1-4)/6 /Bank "s"/Vee"s"	93	Cereal recearch collection , Accession no :2941
69	Pishtaz//Karchia	94	Cereal recearch collection , Accession no :2970
70	Pishtaz//Karchia	95	Cereal recearch collection , Accession no :2998
71	Pishtaz//Karchia	96	Cereal recearch collection , Accession no :3001
72	DH-line	97	Cereal recearch collection , Accession no :3102
73	DH-line	98	Arg (Check) ارگ (شاهد)
74	Cereal recearch collection , Accession no :3101	99	Bam (Check) بم (شاهد)
75	DH-line	100	Kavir (Check) کویر (شاهد)

جدول ۲ - تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه لاین‌های گندم نان در چهار مکان تنش و بدون تنش شوری

Table 2. Combined analysis of variance of grain yield of bread wheat lines in four stress and non-stress environments

S.O.V.	منابع تغییر	درجه آزادی df.	میانگین مربعات MS	F
Environment (Env)	محیط	3	1626.77	286.23**
Rep/Env	تکرار/ محیط	4	5.68	2.72*
Genotype (G)	ژنوتیپ	99	5.54	2.66**
G × Env	ژنوتیپ× محیط	296	5.28	2.53**
Eror	خطا	354	2.08	

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

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

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد دانه لاین‌های گندم نان در چهار محیط تنش و بدون تنش شوری

Table 3. Mean comparison of grain yield of bread wheat genotypes in four stress and non- stress environments

شماره ژنوتیپ Line no.	عملکرد دانه Grain yield (tha^{-1})	شماره ژنوتیپ Line no.	عملکرد دانه Grain yield (tha^{-1})	شماره ژنوتیپ Line no.	عملکرد دانه Grain yield (tha^{-1})	شماره ژنوتیپ Line no.	عملکرد دانه Grain yield (tha^{-1})
1	4.55k-r	26	7.15abc	51	6.58a-j	76	5.03f-q
2	2.90r	27	6.05a-m	52	5.22d-p	77	5.45b-p
3	4.5k-r	28	6.59a-j	53	6.97a-e	78	5.10e-q
4	5.29c-p	29	5.30c-p	54	5.29c-p	79	6.34a-l
5	5.27c-p	30	5.98a-m	55	7.03abcd	80	6.01a-m
6	4.70i-r	31	4.34l-r	56	3.25q-r	81	5.29c-p
7	5.63b-o	32	4.22l-r	57	4.50k-r	82	5.37c-p
8	5.51b-p	33	4.32l-r	58	4.40l-r	83	6.60a-i
9	4.55k-r	34	5.07e-q	59	5.07e-q	84	4.68j-r
10	4.81h-q	35	4.75I-r	60	7.05abcd	85	5.62b-o
11	4.52k-r	36	4.54k-r	61	5.50b-p	86	4.99f-q
12	5.43b-p	37	5.05f-q	62	4.57k-r	87	7.27ab
13	4.78i-q	38	5.67b-o	63	6.72a-h	88	5.21d-p
14	3.96n-r	39	4.57k-r	64	4.96f-q	89	6.85a-f
15	6.00a-m	40	6.74a-g	65	5.49b-p	90	4.91g-q
16	4.56k-r	41	4.84g-q	66	7.62a	91	4.71i-r
17	4.38l-r	42	5.50b-p	67	6.85a-f	92	5.24d-p
18	4.87g-q	43	4.50k-r	68	5.02f-q	93	3.77o-r
19	4.90g-q	44	4.81h-q	69	4.20l-r	94	6.10a-l
20	5.17d-p	45	3.67P-R	70	5.25c-p	95	4.90g-q
21	3.96n-r	46	3.76o-r	71	4.15m-r	96	5.83a-n
22	5.49b-p	47	5.22d-p	72	4.75i-r	97	4.61k-r
23	4.61k-r	48	6.09a-l	73	5.39b-p	98	4.59k-r
24	4.44k-r	49	7.01abcd	74	4.73i-r	99	5.63b-o
25	5f-q	50	5.33c-p	75	6.84a-f	100	5.07e-q

میانگین‌هائی که در هرستون دارای حروف مشترک هستند با هم اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different (P>0.05)

برای نام لاین‌ها به جدول ۱ مراجعه شود.

For name of lines see Table 1.

ارزیابی و احتمالاً مکانیسم‌های متفاوت بین آن‌ها در واکنش به تنش شوری است که می‌توانند در انتخاب ارقام مناسب و تولید جمعیت‌های در حال تفرق جهت مکان‌یابی ژنی مورد استفاده قرار گیرند. معنی‌داری اثر متقابل ژنوتیپ در محیط نیز بیانگر اختصاصی عمل کردن ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف است. نتایج مقایسه میانگین لاین‌ها در جدول ۵ آورده شده است. برای صفت عملکرد دانه لاین های شماره ۴۸، ۴۹، ۵۱، ۵۴، ۵۵، ۵۹، ۶۰، ۶۱، ۶۳، ۶۶، ۶۷، ۷۳، ۷۷، ۸۳، ۸۷، ۹۴ و ۹۶ دارای عملکرد بیشتری نسبت به شاهدهای مورد مطالعه (ارگ، بم و کویر) بودند و اختلاف آن‌ها نیز معنی‌دار بود، که در این میان بیشترین مقدار مربوط به لاین شماره ۶۶ (۶/۶۰ تن در هکتار) و کمترین عملکرد مربوط به لاین شماره ۵۶ (۲/۰۸۳ تن در هکتار) بود. از نظر صفت روز تا گلدهی، زودرس‌ترین لاین‌ها، شماره ۴۱، ۸۸، ۸۹، ۹۲ و ۹۵ بودند. دیررس‌ترین لاین، شماره ۷۱ بود که این ویژگی برای مناطق شور مناسب نیست. ناچیت و همکاران (Nachit *et al.*, 1991) در آزمایشی که روی ۲۱۰ لاین اصلاح شده در شرایط تنش خشکی انجام دادند دریافتند که در این شرایط عملکرد دانه همبستگی بالایی با زودرسی، تعداد پنجه بارور، طول پدانکل و تعداد دانه در سنبله دارد. ارقام زودرس به خاطر توسعه سریع‌تر اندام‌های رویشی و وارد شدن به مرحله زایشی امکان تولید عملکرد بیشتر را به خاطر استفاده بهینه از شرایط محیطی قبل از وقوع شدید تنش دارند (Roustaie and Sadeghi, 2001). علت کاهش معنی دار در ژنوتیپ های مختلف به ویژه حساس در شرایط شور را می توان ناشی از وجود میزان کافی از نمک های محلول در خاک های شور نسبت داد که سبب کاهش رشد اغلب گونه های گیاهی می‌شود (Flowers and Flowers, 2005). لاین شماره ۶۶ بیشترین مقدار را از نظر وزن هزار دانه نسبت به شاهدها داشت (۴۷/۶۲ گرم) و پس از آن لاین های شماره ۴۸، ۷۱، ۷۳ ، ۷۵، ۸۳، ۹۰ و ۹۳ نیز نسبت به بقیه لاین‌ها وزن هزار دانه بیشتری داشتند. کمترین میانگین مربوط به لاین شماره ۶۸ (۳۰/۵ گرم) بود. صفت تعداد سنبله در متر مربع نیز از صفات مهم در افزایش عملکرد گندم نان معرفی شده است (Dawari *et al.*, 1991) در این مطاله لاین‌های شماره ۴۰، ۵۵، ۶۷، ۸۰، ۸۲، ۸۳، ۸۴ ، ۸۶ ، ۸۷، ۸۹ و ۹۴ در آزمون مقایسه میانگین بیشترین میانگین را نسبت به شاهدها به خود اختصاص دادند و لاین شماره ۳۸ در این میان کمترین مقدار را داشت. از نظر تعداد دانه پر، بیشترین مقدار مربوط به لاین‌های شماره ۲۶، ۴۹، ۵۲، ۵۵، ۵۴، ۵۹، ۶۰، ۶۷، ۶۱، ۷۳، ۶۸، ۷۵ و ۸۹ بود که اختلاف معنی‌داری با شاهدها داشتند. با بررسی نتایج می‌توان چنین استنتاج کرد که دلیل تفاوت در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه می‌تواند به تفاوت در مکانیسم‌های فیزیولوژیکی مسئول تحمل به شوری در این ژنوتیپ‌ها مرتبط

جدول ۴ – تجزیه مرکب صفات مختلف لاین‌های گندم نان در دو شرایط تنش و بدون تنش شوری یزد

Table 4. Combined analysis of different traits of bread wheat lines in two salinity stress and non-stress conditions in Yazd

	MS														
S.O.V.	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15
Environment	1709.90^{ns}	592.10**	556.06**	623.20**	910.40**	163.10**	4199.90**	89.27^{ns}	3049.40^{ns}	26238. 8*	64.35*	179.66**	458.10**	734.06*	1992.50^{ns}
R/Environment	372.80**	69.20**	13.36**	59.78**	2.54^{ns}	10.26*	1.43^{ns}	9.33**	176.20**	59250.2**	1.71**	0.19^{ns}	1.54**	194.10**	114.70**
Genotype	9.72**	15.64**	12.39**	15.95**	21.21**	118.40**	58.50**	1.92**	36.77**	34530.5**	1.19**	2.09**	5.62**	645.90**	129.10**
Genotype × Environment	5.02**	3.68^{ns}	1.72**	2.47**	2.71**	11.28**	8.51**	0.57 ^{ns}	19.65**	9729.0^{ns}	0.59**	1.74**	2.95**	26.74**	7.48^{ns}
Error	1.41	3.52	1.10	1.043	0.90	3.38	1.77	0.56	10.87	9897.4	0.07	0.12	0.22	16.56	5.96
CV%	3.00	3.00	0.86	0.78	0.70	1.18	0.75	22.00	8.00	14.0	10.00	15.00	10.00	11.00	2.00
LSD 5%	1.65	-	1.46	1.42	1.32	2.56	1.85	-	4.59	-	0.37	0.48	0.65	5.66	-

S.O.V.	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X23	X24	X25	X26	X27	X28	X29	X30
Environment	2850.54**	6.63^{ns}	17.17^{ns}	30.90^{ns}	10.62^{ns}	6.42^{ns}	2687.03^{ns}	2067.80*	13.41^{ns}	1.540*	7.57^{ns}	1068.57*	629.06**	2660.27*	4002.55*
R/Environment	123.19**	10.76**	22.05**	2.72**	0.92**	0.42**	167.14**	75.75*	162.50**	0.038**	12.21**	41.09**	2.67^{ns}	28.79*	62.68^{ns}
Genotype	72.01**	2.14**	7.57**	6.20**	0.37**	0.22**	185.17**	68.60**	54.29**	0.009**	1.24*	46.05**	4.61**	28.15**	81.06**
Genotype × Environment	7.31*	0.48^{ns}	1.28*	0.59**	0.08^{ns}	0.06^{ns}	46.01*	33.13**	16.49**	0.009**	1.30**	5.09*	1.28^{ns}	9.15^{ns}	34.64*
Error	4.92	0.40	0.91	0.36	0.07	0.05	32.61	20.15	10.19	0.003	0.86	3.61	1.02	9.50	25.15
CV%	14.00	6.00	6.00	8.00	11.00	13.00	13.00	14.00	23.00	28.000	30.00	26.00	5.00	2.00	12.00
LSD 5%	3.08	-	1.32	1.32	-	-	7.95	6.25	4.44	0.070	1.29	2.64	-	-	6.98

ns و*و**: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

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

X1: Days to tillering; X2: Days to shooting; X3: Days to heading; X4: Days to 50% flowering; X5: Days to 100% flowering; X6: Days to 50% maturity; X7: Days to 100% maturity; X8: Score; X9: SPAD; X10: Number of spike m^{-2}, X11: Number of fertile tillers; X12: Number of non fertile tillers; X13: Number of total tillers; X14: Plant height; X15: Length of first internodes; X16: Length of peduncle; X17: Length of spike without awn; X18: Length of spike with awn; X19: Length of awn; X20: Spike weight; X21:Grain weight per spike; X22: Number of grain in spike; X23: Number of filled grain/spike; X24: Number of non filled grain; X25: Root dry weight; X26: Shoot dry weight, X27: 1000 grain weight; X28: Grain yield; X29: Biological yield; X30: Harvest index.

جدول ۵- ژنوتیپ های با عملکرد برتر نسبت به شاهدهای مورد مطالعه
Table 5. Genotypes with yield higher than the check cultivars

محیط شور Saline environment		محیط بدون شوری Non saline environment	
Line	Mean yield	Line	Mean yield
Kavir (Check)	3.25	Kavir (Check)	5.28
Arg (Check)	3.41	Arg (Check)	5.87
Bam (Check)	3.53	Bam (Check)	6.59
44	3.69	64	6.59
50	3.69	48	6.79
64	3.69	75	6.79
75	3.81	78	6.83
94	3.81	59	6.87
85	3.85	67	6.87
37	3.85	40	6.90
61	3.89	51	6.94
49	3.93	49	6.98
65	3.93	54	7.06
70	3.97	87	7.34
77	4.01	96	7.38
83	4.05	97	7.42
11	4.09	85	7.62
89	4.09	63	7.66
48	4.13	65	7.74
52	4.21	61	8.14
72	4.25	77	8.41
26	4.33	66	8.45
81	4.33	86	8.53
84	4.37	60	8.77
34	4.40		
96	4.40		
51	4.48		
73	4.52		
80	4.56		
78	4.68		
71	4.76		
66	4.76		
69	4.84		
54	4.88		
63	5.20		
59	5.36		
67	5.44		
55	5.83		

باشد . در نهایت با توجه به نتایج عملکرد به دست آمده از محیط‌های مختلف، لاین های شماره ۲۶، ۴۸، ۵۱، ۵۴ ،۵۵، ۵۹، ۶۰، ۶۶، ۶۷، ۶۹، ۷۳، ۷۵، ۸۷، ۸۹ و ۹۴ که دارای عملکرد بیشتری نسبت به شاهدهای پر محصول ارگ، بم و کویر بودند، همچنین لاین‌های ذکر شده از نظر صفات فنولوژیکی، تعداد پنجه، ارتفاع، اجزای عملکرد، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت میانگین بیشتری نسبت به سایر لاین‌های مورد بررسی نشان دادند. بنابراین این لاین‌ها به عنوان برترین ژنوتیپ‌ها در شرایط مورد مطالعه تعیین و جهت بررسی‌های مولکولی، فیزیولوژیکی و سازگاری انتخاب شدند.

همبستگی صفات فنوتیپی

تعداد سنبله در تنش شوری با اکثر صفات همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۶). ارتباط مثبت و معنی‌دار بین تعداد سنبله با عملکرد دانه توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Elhani *et al.*, 2007). محققان دیگر هم این صفت آن را از مهم‌ترین صفات، افزایش عملکرد دانسته و آن را به عنوان معیار مهم انتخاب، هم در شرایط خشک و هم مرطوب معرفی کرده‌اند (Li *et al.*, 2006). تعداد پنجه بارور با عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی‌دار و با تعداد سنبله در مترمربع همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری داشت. تعداد پنجه‌های بارور در بوته مهم‌ترین عامل تعیین کننده عملکرد در گندم است، بنابراین کاهش تعداد پنجه می‌تواند تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشته باشد (Francois *et al.*, 1994). به دلیل جذب کمتر نیتروژن توسط گیاه میزان باروری پنجه‌ها کاهش می‌یابد، در نتیجه تعداد سنبله در واحد سطح که یکی از اجزای مهم عملکرد است کم می‌شود. تعداد دانه در سنبله که به تعداد گلچه بارور و طول سنبله بستگی دارد و جزء دوم عملکرد دانه را شامل می‌شود، نیز در شرایط تنش کاهش می‌یابد (Ludlow *et al.*, 1990). تعداد دانه در سنبله با تعداد سنبله در مترمربع با صفات طول پدانکل و تعداد پنجه بارور همبستگی منفی با طول سنبله بدون ریشک و وزن دانه در سنبله همبستگی مثبت در شرایط تنش نشان داد. صفت وزن هزار دانه با تعداد دانه در سنبله از نظر آماری همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد و با سایر صفات دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری بود.

در بسیاری از برنامه‌های به‌نژادی، عملکرد دانه و ثبات عملکرد در شرایط مختلف محیطی به عنوان معیارهای اصلی انتخاب برای تحمل به تنش منظور می‌شود. زیاد بودن عملکرد در شرایط تنش می‌تواند ناشی از تحمل زیاد به تنش و یا ظرفیت تولید بالا و یا هر دو مکانیسم باشد (Fischer and Maurrer, 1978).

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، همبستگی عملکرد دانه با اکثر صفات به جز طول ریشک و وزن خشک اندام هوایی در محیط تنش مثبت و معنی‌دار بود، که نشان‌دهنده تاثیر پذیری

جدول ۶– همبستگی صفات مختلف لاین‌های گندم نان در پاسخ به تنش شوری

Table 6. Correlation coefficients of different traits of bread wheat lines in response to salinity stress

Traits	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11
X2	0.246*										
X3	-0.068 ns	0.292**									
X4	-0.102 ns	0.483**	0.369**								
X5	-0.026 ns	0.432**	0.315**	0.968**							
X6	-0.245*	0.404**	0.271**	0.818**	0.784**						
X7	0.085 ns	0.421**	0.290**	0.787**	0.848**	0.695**					
X8	0.197*	0.382**	0.166 ns	0.321**	0.313**	0.254*	0.302**				
X9	0.428**	0.421**	0.262**	0.266**	0.314**	-0.141ns	0.344**	0.274**			
X10	0.265**	0.221*	0.023 ns	0.372**	0.443**	0.324**	0.493**	0.063 ns	0.255*		
X11	0.439**	0.244*	-0.086 ns	0.204*	0.257**	0.153 ns	0.290**	0.032 ns	0.258**	0.851**	
X12	0.073 ns	0.306**	0.246*	0.509**	0.564**	0.405**	0.636**	0.164 ns	0.381**	0.732**	0.333**

ns و* و**: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

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

X1: Length of peduncle; X2: Length of spike without awn; X3: Length of awn; X4: Spike weight; X5: Grain weight per spike; X6: Number of grain in spike; X7: Number of filled grain/spike; X8: Shoot dry weight; X9: 1000 grain weight; X10: Grain yield; X11: Biological yield; X12: Harvest index.

عملکـرد از ایـن صـفات اسـت. فرنکـویز و همکاران (Francois *et al.*, 1994) نیز دریافتند کاهش عملکـرد گنـدم در اثـر تـنش شـوری در درجـه اول بـه خـاطر کـاهش تعـداد سـنبله‌هـای حاصل از پنجـه‌هـا اسـت، بـدین ترتیـب بـه نظـر می‌رسد تعـداد سـنبله در واحـد سـطح مـی‌توانـد نقش تعیین‌کننـده‌ای در عملکـرد دانـه گنـدم در شرایط تنش شوری داشته باشد.

تجزیه رگرسیون در تنش شوری

نتایج حاصل از رگرسیون مرحله‌ای بـه روش گام به گام برای عملکرد دانه به عنوان متغیر تابع و سـایر صـفات انـدازه‌گیـری شـده بـه عنـوان متغیرهـای مـستقل در جـدول ۷ نـشان داده شـده است. مدل نهـایی در محـیط تـنش دارای رابطـه زیر بود:

$y = -۰/۷۱۲ + ۰/۵۷۳ x۱ + ۰/۵۰۵ x۲ - ۰/۲۵ x۳ \quad R^2 = ٪۵۴$

به منظور تحلیل بهتر مدل، ضرایب رگرسیون اسـتاندارد شـده در مـدل قـرار داده شـد، بـدین منظور می‌توان توجیه کرد تغییرات عملکرد تـابع صفات تعداد سنبله در متـرمربـع (x۱)، وزن دانـه در سـنبله (x۲) و تعـداد روز تـا پنجـه زدن (x۳) است، به طوری که عملکـرد بـا تعـداد سـنبله در متر مربع و وزن دانه در سنبله همبستگی مثبت و با تعداد روز تا پنجه زدن همبستگی منفی داشـت و می‌توان بر اساس بزرگ بودن مقادیر ضـرایب رگرسیون استاندارد شده استنباط کرد که کـدام صفت اثر بیـشتری در توجیـه تغییـرات عملکـرد دارد. مقـدار R^2 مربـوط بـه مـدل مـذکور نـشان می‌دهد که تقریباً ۵۴ درصد از واریانس عملکرد مربـوط بـه سـه عامـل تعـداد روز تـا پنجـه زدن، تعـداد سـنبله در متـر مربـع و وزن دانـه در سـنبله است.

تحلیل عاملی صفات

نتایج حاصل از تجزیه به عامـل‌هـا در محـیط تنش نشان داد که عامـل اول حـدود ۳۸ درصـد، عامل دوم حـدود ۱۶ درصـد، عامـل سـوم ۱۰ و عامل چهارم ۰/۰۶ درصد از تنوع کل موجود در بین داده‌ها را توجیه کردند (جدول ۸). در عامـل اول تعداد روز تا پنجه زدن، تعـداد روز تـا سـاقه رفتن، تعـداد روز تـا سـنبله رفـتن، تعـداد روز تـا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی دارای بار عاملی مثبت و بزرگ بوده و مهم‌ترین نقش را در تبیین مؤلفه اول داشتند. نظر بـه ایـن‌کـه در عامـل اول خصوصیات رسیدگی گیاه بیشترین بار عاملی را به خود اختصاص دادند، ایـن عامـل را مـی‌تـوان عامـل خـصوصیات فنولـوژیکی گیـاه نامیـد. در عامل دوم وزن سنبله، وزن دانه در سـنبله، تعـداد دانه در سنبله، تعداد دانه پر در سـنبله و شـاخص برداشت دارای بار عـاملی مثبـت و بـزرگ بـوده چون در این عامل اجـزا عملکـرد گیـاه بیـشترین بار عاملی را به خود اختصاص دادند، ایـن عامـل را می‌توان عامـل اجـزای عملکـرد نامیـد. عامـل سوم که دارای بار عـاملی بـزرگ و مثبـت بـرای تعداد سـنبله در متـر مربـع، عملکـرد اقتـصادی و عملکـــرد بیولوژیـــک بـــود، عامـــل عملکـــرد نام‌گذاری شد. ارتفاع، طول میانگره اول و طـول

جدول ۷ – نتایج رگرسیون عملکرد دانه در محیط تنش به روش مرحله‌ای گام به گام

Table 7. Results of regression for seed yield in stress environment

Fixed variable	متغیر ثابت	ضریب رگرسیون استاندارد شده Beta	R^2 مدل Model R-Square	R^2 جزئی Partial R-Square	F
Intercept	عرض از مبدا	0.712-	-	-	0.28
Number spike/ m^2	تعداد سنبله در متر مربع	0.573	0.30	0.30	43.05**
Grain weight in spike	وزن دانه در سنبله	0.505	0.48	0.18	34.34**
Days to tillering	تعداد روز تا پنجه زدن	0.253-	0.54	0.05	11.84**

** : معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ .

** :Sinificant at the probability level of 1%.

جدول ۸ – تجزیه عاملی برای صفات مختلف در شرایط تنش

Table 8. Factor analysis for different traits in stress condition

Factors	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15
Factor 1	0.83	0.94	0.94	0.93	0.92	0.85	0.91	0.45	0.57	0.39	0.28	-0.02	0.14	0.38	0.32
Factor 2	0.13	0.11	0.19	0.18	0.17	0.15	0.19	-0.48	0.35	-0.04	-0.09	0.05	-0.02	-0.01	0.02
Factor3	-0.17	0.09	0.15	0.17	0.16	0.30	0.23	-0.20	0.29	0.67	0.08	0.07	0.10	0.34	0.24
Factor4	-0.01	-0.02	0.13	0.17	0.20	0.24	0.20	-0.19	-0.07	0.25	0.21	0.14	0.23	0.67	0.79
Factors	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X23	X24	X25	X26	X27	X28	X29	X30
Factor 1	0.18	0.70	0.63	0.38	0.30	0.25	0.24	0.25	0.08	0.18	0.24	0.52	0.09	0.20	0.20
Factor 2	-0.08	0.28	0.38	0.40	0.86	0.90	0.71	0.85	0.18	0.11	0.25	0.24	0.52	0.20	0.71
Factor 3	0.23	-0.06	-0.38	-0.46	-0.04	0.03	0.02	0.11	-0.09	0.01	-0.22	0.02	0.75	0.80	0.33
Factor4	0.84	0.26	0.19	0.10	-0.03	-0.00	-0.13	0.07	-0.26	0.02	0.40	0.24	0.13	0.31	-0.06

X1: Days to tillering; X2: Days to shooting; X3: Days to heading; X4: Days to 50% flowering; X5: Days to 100% flowering; X6: Days to 50% maturity; X7: Days to 100% maturity; X8: Score; X9: SPAD; X10: Number of spikem^{-2}, X11: Number of fertile tillers; X12: Number of non fertile tillers; X13: Number of total tillers; X14: Plant height; X15: Length of first internodes; X16: Length of peduncle; X17: Length of spike without awn; X18: Length of spike with awn; X19: Length of awn; X20: Spike weight; X21:Grain weight per spike; X22: Number of grain in spike; X23: Number of filled grain/spike; X24: Number of non filled grain; X25: Root dry weight; X26: Shoot dry weight, X27: 1000 grain weight; X28: Grain yield; X29: Biological yield; X30: Harvest index.

جدول ۹- مقادیر ویژه، درصد نسبی واریانس و درصد تجمعی واریانس عامل‌های استخراج شده در محیط تنش

Table 9. Eigen value, proportion and cumulative variance of extract factors in stress environment

Factors	Eigen value	Proportion	Cumulative
Factor 1	11.45	0.38	0.38
Factor 2	5.00	0.17	0.55
Factor 3	3.12	0.10	0.65
Factor 4	1.66	0.06	0.71

پدانکل در عامل چهارم بیشترین ضرایب عاملی را داشتند بنابراین عامل ارتفاع نامیده شد (جدول ۹).

با توجه به این که عامل‌ها از یک دیگر مستقل بوده و هر کدام جنبه‌های متفاوتی از داده‌ها را اندازه‌گیری می‌کنند، مسیرهای اصلاحی متفاوتی را پیش روی به‌نژادگران گیاهی قرار می‌دهند. با توجه به اهمیت هر کدام از این عوامل که به صورت درصدتغییرات داده‌ها بیان می‌شود، توجه به نژادگران به ویژگی‌هایی که در حوزه عامل اول قرار دارند تاثیر جدی‌تری بر افزایش عملکرد گیاه خواهد داشت. به طور کلی با توجه به نتایج به دست آمده از تحلیل عاملی می‌توان نتیجه گرفت که در اصلاح برای هر عامل باید به صفات مرتبط با آن عامل توجه کرد، زیرا ژن‌هایی که یک صفت را در یک عامل کنترل می‌کنند احتمال دارد که صفات معنی‌دار شده دیگر آن عامل را نیز تحت تاثیر خود داشته باشند، به بیان دیگر عامل یا ژنی که این صفات را کنترل می‌کند عامل یا ژن مشترک باشد و بدین منظور می‌توان از نتایج این قسمت در اصلاح نباتات به ویژه در انتخاب غیرمستقیم بهره گرفت. بدین ترتیب صفات مؤثر در هر عامل شناسایی و عوامل نیز بر اساس مؤثرترین صفات نامگذاری شدند، این روش بهبود ژنتیکی عوامل را به واسطه صفات مرتبط با آن‌ها امکان‌پذیر می‌سازد (Tadesse *et al*., 2001). با توجه به ضرایب متنوع و بردارهای ویژه می‌توان با گزینش ترکیبات متفاوتی از این صفات امکان بهبود عملکرد دانه گندم را فراهم آورد. در این تحقیق نهایتاً با استفاده از تجزیه و تحلیل ضرایب همبستگی و تجزیه عاملی مشخص شد که به منظور بهبود ژنتیکی پتانسیل عملکرد دانه گیاه تحت تنش شوری، افزایش صفات عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و اجزای عملکرد به ویژه عداد سنبله در مترمربع بهبود عملکرد ژنتیکی را در پی خواهد داشت. افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش باعث افزایش تحمل به تنش شده (Fernandez, 1992؛ Chowdhry *et al*., 1999). بنابراین می‌توان از صفاتی نظیر شاخص برداشت، تعداد دانه در سنبله و عملکرد بیولوژیک که همبستگی بالایی با عملکرد دانه داشته در جهت بهبود ژنتیکی

عملکرد و در نتیجه مقاومت به تنش شوری بهره جست. در غلات دانه ریز افزایش شاخص برداشت ممکن است باعث بهبود عملکرد در شرایط تنش شود بدون آن که نیاز گیاه به آب افزایش یابد. از طرفی اصلاح برای عملکرد بیولوژیک، کارایی استفاده گیاه از آب قابل دسترس را افزایش می دهد (Golparvar *et al.*, 2002). از جنبه‌های مشترک رگرسیون مرحله‌ای و تجزیه به عامل‌ها، کاهش تعداد صفات موجود در مدل است، به نحوی که صفات متأثر از صفات دیگر مورد بررسی قرار نمی گیرند. در محیط تنش صفات تعداد روز تا پنجه زدن، تعداد سنبله در مترمربع و وزن دانه در سنبله وارد مدل رگرسیونی شده اند که تعداد روز تا پنجه زدن در عامل اول، وزن دانه در سنبله در عامل دوم و تعداد سنبله در متر مربع در عامل سوم در تجزیه عامل‌ها دارای ضرایب بزرگی هستند. نقش تکمیل کنندگی رگرسیون مرحله‌ای و تجزیه عامل‌ها توسط سیاهسر و رضائی (Siahsar and Rezaie, 1999) در سویا نیز تشریح شده است.

تجزیه علیت صفات

در بررسی تجزیه علیت در محیط تنش ابتدا صفت عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته و تعداد روز تا پنجه زدن، تعداد سنبله در متر مربع و وزن دانه در سنبله به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. ضرایب مسیر مربوط به تجزیه علیت در جدول ۱۰ ارائه شده است.

تعداد سنبله در مترمربع دارای اثر مستقیم مثبتی معادل (۰/۵۷۳) بر عملکرد دانه بود. این اثر مستقیم به همراه اثر غیرمستقیم مثبت یا منفی این صفت از طریق صفات دیگر منجر به همبستگی مثبت و معنی‌دار تعداد سنبله در متر مربع با عملکرد دانه ($r = ۰/۵۵۲^{**}$) گردید. در بررسی افیونی و محلوجی (Afiuni and Mahlouji, 2006) هر چند تعداد دانه در سنبله دارای اثر مستقیمی معادل ۰/۳۶۲ بود ولی اثر منفی آن از طریق برخی صفات دیگر از جمله وزن هزاردانه باعث شد که همبستگی این صفت با عملکرد دانه غیرمعنی‌دار شود.

تعداد روز تا پنجه زدن اثر مستقیم منفی (۰/۲۵۳-) بر عملکرد دانه داشت و اثر غیر مستقیم آن از طریق تعداد سنبله در متر مربع و وزن دانه در سنبله مثبت و به ترتیب برابر با ۰۰/۰۸۱ و ۰/۱۶ بود . وزن دانه در سنبله اثر مستقیم مثبتی معادل ۰/۵۰۵ بر عملکرد دانه داشت و اثر غیر مستقیم مثبتی از طریق تعداد سنبله در متر مربع (۰/۰۲) و اثر غیر مستقیم منفی و ناچیزی از طریق تعداد روز تا پنجه زدن (۰/۰۸-) نشان داد. تعداد سنبله در متر مربع بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشت (جدول ۱۰). همبستگی نسبتاً بالای تعداد سنبله در مترمربع و عملکرد دانه عمدتاً مربوط به اثر مستقیم تعداد سنبله در مترمربع بوده و اثر غیر مستقیم این صفت از طریق صفات دیگر قابل توجه نیست. تعداد سنبله در متر مربع همچنین

جدول ۱۰- نتایج تجزیه ضرایب مسیر در محیط تنش
Table 10. Results of path analysis in stress environment

		اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم از طریق indirect effects Via:			
		Direct effects	Number spike /m^2	Grain weight in spike	Days to tillering	Effects collection
Traits	صفات					
Days to tillering	روز تا پنجه زدن	-0.253	0.081	0.16	-	-0.110
Number spike/ m^2	سنبله د ر مترمربع	0.573	-	0.02	-0.04	0.552
Grain weight in spike	وزن دانه در سنبله	0.505	0.020	-	-0.08	0.443
Residual	باقیمانده		0.629			

اثر غیر مستقیم مثبتی از طریق صفات دیگر بر عملکرد داشت. نتایج این آزمایش نشان داد که در بین اجزاء عملکرد، تعداد سنبله در متر مربع دارای بیشترین میزان همبستگی با عملکرد دانه بود، بنابراین می‌توان اظهار داشت که در بین اجزاء عملکرد عامل عمده در افزایش عملکرد دانه، تعداد سنبله در متر مربع بوده است.

دو صفت تعداد سنبله و وزن دانه در سنبله دارای اثر غیرمستقیم تقریباً برابری بر عملکرد دانه از طریق یک‌دیگر هستند (اثر غیرمستقیم تعداد سنبله از طریق وزن دانه در سنبله در سنبله ۰/۰۲ و اثر غیرمستقیم وزن دانه در سنبله از طریق تعداد سنبله ۰/۰۲)، که می‌توان به رابطه معکوس این دو صفت ناشی از رقابت برای استفاده از ذخیره محدود غذایی در طول دوره رشد ساقه و سنبله نسبت داد. وجود این چنین روابط معکوس می‌باید در گزینش همزمان تمامی اجزاء مد نظر قرار گیرد (Berdahl *et al*., 1972). دل بلانکو و همکاران (Del Blanco *et al*., 2001)، دافینگ و نایت (Dofing and Knight, 1992) گارسیا دل مورال و همکاران (Garcia Del Moral *et al*., 1991) نیز این چنین نتیجه‌ای را یافته‌اند که به نوعی بیانگر تصویر متفاوت و کامل‌تر تجزیه علیت در قیاس با همبستگی ساده در تبیین ارتباط عملکرد دانه با سایر صفات است. در نهایت تعداد سنبله در واحد سطح مهم‌ترین جزء از اجزء عملکرد شناخته شد، لذا گزینش آن با انتخاب تک بوته در نسل‌های در حال تفکیک می‌تواند بسیار مهم باشد. در مجموع تجزیه علیت در تبیین اثر اجزاء عملکرد و سایر صفات مهم بر عملکرد دانه که به وضوح در تجزیه همبستگی ساده صفات منعکس نیست بسیار کارآمد معرفی می‌شود.

به عنوان یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت از آن جائی‌که عملکرد هدف عمده‌ای در انتخاب گیاهان برای تحمل به شوری به شمار می‌رود و با توجه به وجود لاین‌هایی با میانگین عملکرد بالا در شرایط تنش شوری، می‌توان با شناسائی آن‌ها گام مؤثری در جهت بهبود

لاین‌های متحمل به شوری برداشت. انتخاب براساس عملکرد به دلیل وراثت‌پذیری پائین آن، مخصوصاً در شرایط تنش در مزرعه، ناکافی است، بنابراین می‌توان صفاتی را که دارای همبستگی بالا و معنی‌داری با عملکرد دانه در شرایط تنش شوری هستند در برنامه‌های به‌نژادی در اولویت قرار داد. بر این اساس لاین‌های شماره ۲۶، ۴۸، ۵۱، ۵۴، ۵۵، ۵۹، ۶۰، ۶۶، ۶۷، ۶۹، ۷۳، ۷۵، ۸۷، ۸۹ و ۹۴ که هم از نظر عملکرد و سایر صفات و هم از نظر مقاومت به شوری نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها برتری داشتند به عنوان ژنوتیپ‌های مناسب برای مناطق شور توصیه می‌شوند و صفاتی نظیر عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و تعداد سنبله در مترمربع مهم‌ترین عامل در بالا بردن عملکرد این لاین‌ها هستند. همچنین می‌توان با بررسی و مقایسه الگوی بیان ژن‌های پاسخ دهنده به تنش شوری در متحمل‌ترین و حساس‌ترین ژنوتیپ‌های ارزیابی شده، ژن‌های دخیل در تحمل به تنش در این ژنوتیپ‌ها و پایه‌های فیزیولوژیکی واکنش آن‌ها به تنش را مورد شناسایی قرار داد و با مطالعات نقشه‌یابی ژن به منابع جدید تحمل در این لاین‌ها دست یافت.

References

Afiuni, D., and Mahlouji, M. 2006. Correlation analysis of some agronomic traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under salinity stress. Seed and Plant 22 (2): 186-199.

Anonymous, 1995. Collection of Agricultural Information. Vol. 1. Agricultural, Research Education Extention Organization Publications, Tehran, Iran (in Persian).

Azmi, A. R., and Alam, S. M. 1990. Effect of salt stress on germination, growth, leaf anatomy and mineral element composition of wheat cultivars. Acta Physiologia Plantarum 12(3): 215-224.

Berdahl, J. D., Rasmusson, C., and Moss, D. N. 1972. Effect of leaf area on photosynthetic rate, light penetration and grain yield in barley. Crop Science 12: 177-180.

Chowdhry, M.A., Rasool, I., Khaliq, I., Mahmood, T., and Gilani, M. M. 1999. Genetics of some metric traits in spring wheat under normal and drought environment. Rachis 18(1): 34-39.

Dawari, N. H., and Luthra, O. P. 1991. Character association studies under high and low salinity stress environments in wheat (*Triticum aestivum* L.). Indian Journal of Agricultural Research 25: 515-518 .

Del Blanco, I. A., Rajaram, S., and Kronstad, W. E. 2001. Agronomic potential of synthetic hexaploid wheat-derived populations. Crop Science 41: 670-676.

Dofing, S. M., and Knight, C. W. 1992. Alternative model for analysis of small-grain yield. Crop Science 32: 487-489.

Elhani, S., Mortas, V. Y., Rharrabti, C. R., and Garcia Del Moral, L. F. 2007. Contribution of main stem and tillers to durum wheat *(Triticum turgidum* L. var. *durum)* grain yield and its components grown in Mediterranean environments. Field Crops Research 103: 25-35.

Fernandez, G.C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. pp. 257-270. In: Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other food Crops in Temperature and Water Stress. Taiwan, 13-16 August.

Fischer, R. A., and Maurrer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. Australian Journal of Agricultural Research 14: 742-754.

Flowers, T. J., and Flowers, S. A. 2005. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders. Agricultural Water Management 78: 15-24.

Francois, L. E., Grieve, M. C., Mass, V. E., and Scott, M. L. 1994. Time of salt stress affects growth and yield components of irrigated wheat. Agronomy Journal 86: 100-107.

Garcia Del Moral, L. F., Ramos, J. M., Garcia Del Moral, M. B., and Jimenez-Tejada, P. 1991. Ontogenetic approach to grain production in spring barley based on path coefficient analysis. Crop Science, 31: 1179-1185.

Genc, Y., Mcdonald, G. K., and Tester, M. 2007. Reassessment of tissue Na^+ concentration as a criterion for salinity tolerance in bread wheat. Plant Cell and Environment 30: 1486-1498.

Golparvar, A. R., Ghanadha, M. R., Zali, A. A., and Ahmadi, A. 2002. Evaluation of morphological traits as selection criteria in breeding of wheat. Iranian Journal of Crop Sciences 4(3): 202-205.

Houshmand, S., Arzani, A., Maibody, S. A. M., and Feizi, M. 2005. Evaluation of salt tolerant genotypes of durum wheat derived from *in vitro* and field experiments. Field Crops Research 91: 345-354.

Inamullah, H., Ahmad, F., Sirajuddin, M., Hassan, G., and Gul, R. 2006. Diallel

analysis of the inheritance pattern of agronomic traits of bread wheat. Pakistan Journal Botany 38(4): 1169-1175.

Li, W., Yan, Z. H., Wei, Y. M., Lan, X. J., and Zheng, Y. L. 2006. Evaluation of genotype × environment interactions in Chinese spring wheat by the AMMI model, correlation and path analysis. Journal of Agronomy and Crop Science 192: 221-227.

Ludlow, M. M., Santamaria, F. J., and Fukai, S. 1990. Contribution of osmotic adjustment to grain yield of *Sorghum biocolor* L. Moench. under water limited conditions. I. Water stress after anthesis. Australian Journal Agriculture Research 41: 67-78.

Maas, E. V., and Hoffman, G. J.1977. Crop salt tolerance current assessment. J. Irr. Drain. Dive. 103: 115-134.

Mohammad Doust Chamanabad, H., Nouri Ghanbalati, Gh., Asghari, A., and Nouri Ghanbalati, A. L. 2010. Wheat from Production to Consumption. Jihad-e-Daneshgahi of Ardebil Publications, Ardebil, Iran (in Persian).

Munns, R. 2005. Genes and salt tolerance: birnging them together. New Phytologist 167: 645-663.

Munns, R., and James, R. A. 2003. Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. Plant and Soil 253: 201-218.

Nachit, M. M., Ketata, H., and Acevedo, E. 1991. Selection for morphological triats for multiple abiotic stresses resitance in durum wheat. Phisology- Breeding of Winter Cereals for Stressed Mediterranean- Environments 30: 391-400.

Roustaie, M., and Sadeghi, A. 2001.Effective Factors in Decrease of Damages due to Drought in Wheat Production at Dryland Conditions. Publishments of Extension and Beneficiary Systems, Ministry of Jihad-e- Agriculture, Tehran, Iran (in Persian).

Sarmadnia, Gh. 1993. Importance of environment stress in agronomy. Proceedings of the 1st. Agronomy and Plant Breeding Congress. College of Agriculture, Tehran University, Karaj, Iran. 157-172 (in Persian).

Sarmadnia, Gh., and Kochaki, A. 1989. Field Crop Physiology. Jihad-e-Daneshgahi of Mashhad University Press, Mashhad, Iran (in Persian).

Shannon, M. C. 1984. Breeding, selection, and the genetics of salt tolerance. In: Staples, R. C., and Toennissem, G. H. (eds.) Salinity Tolerance in Plants: Strategies for Crop Improvement. Academic Press, New York, USA..

Siahsar, M., and Rezaie, A. 1999. Genetic and phenotype diversity and factor analysis assessment for morphological and phonological traits in soybean. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 3(3): 61-70 (in Persian).

Tadesse, W., and Bekele, E. 2001. Factor analysis of yield in grasspea (*Lathyrus sativus* L.). Lathyrus Lathyrism Newsletter 2: 416-421.

Tester, M., and Davenport, R. J. 2003. Na^+ transport and Na^+ tolerance in higher plants. Annual Botanica 91: 503–575.

Yeo, A. R., and Flowers, T. J. 1989. Selection for physiological characters-examples from breeding for salt tolerance. In: Jones, H.G., Flowers, T.J., and Jones, M.B. (eds.) Plants Under Stress. Cambridge University Press, Cambridge, UK.