"مجله علوم زراعی ایران"
جلد هفدهم، شماره ٤، زمستان ١٣٩٤

ارزیابی روابط عملکرد دانه و صفات فیزیولوژیک مرتبط با تحمل تنش شوری در ژنوتیپ‌های گندم نان (*Triticum aestivum* L.)

Evaluation of relationship between physiological and agronomic traits related to salinity tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes

اشکبوس امینی[1]، رضا امیرنیا[2] و حبیب الله قزوینی[3]

چکیده

امینی، ا.، ر. امیرنیا و ح. قزوینی. ١٣٩٤. ارزیابی روابط عملکرد دانه و صفات فیزیولوژیک مرتبط با تحمل تنش شوری در ژنوتیپ‌های گندم نان (*Triticum aestivum* L.). **مجله علوم زراعی ایران. ١٧(٤): ٣٤٨-٣٢٩.**

به منظور ارزیابی صفات فیزیولوژیک و زراعی موثر در تحمل به تنش شوری و ارتباط آنها با عملکرد دانه و همچنین بررسی اثر تنش شوری بر آنها، ٢٥ژنوتیپ گندم نان (شامل ارقام بومی وتجاری، لاین‌های امید بخش و شاهدهای ارگ، بم، افق و سیستان) در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با ٣ تکرار در دو آزمایش جداگانه در شرایط تنش شوری آب و خاک به مدت دو سال زراعی (٩٣-١٣٩١) در ایستگاه تحقیقاتی خراسان جنوبی- بیرجند مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس مرکب برای صفات مورد مطالعه در هر دو شرایط، اختلاف معنی‌داری را بین ژنوتیپ‌ها نشان داد. در شرایط تنش ژنوتیپ‌های ٢٥، ٢٢ و ٢٠ به ترتیب با میانگین عملکرد دانه ٥٥١٧، ٥٣٢٢ و٥٣١٧ کیلوگرم در هکتار و در شرایط بدون تنش ژنوتیپ‌های ١(شاهد سیستان)، ٢٠ و ٢٥ به ترتیب با میانگین عملکرد ٧٨٦٩، ٧٧٢٨ و ٧٧٠٦ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد دانه را داشتند. بیشترین میزان کاهش ناشی از تنش شوری به ترتیب در صفات نسبت پتاسیم به سدیم (برگ پرچم)، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، سطح برگ پرچم، طول پنالتیمت، طول پدانکل و ارتفاع بوته مشاهده گردید. در مقابل میانگین صفات دمای پوشش گیاهی و میزان یون سدیم (برگ پرچم) در شرایط تنش شوری، افزایش یافت. در شرایط تنش شوری عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه در شرایط غیرشور، نسبت پتاسیم به سدیم، محتوای کلروفیل (SPAD)، محتوای آب نسبی، شاخص برداشت، طول سنبله، طول پدانکل و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار و با میزان یون سدیم همبستگی منفی و معنی‌داری داشت. نتایج تجزیه رگرسیون نشان داد که در شرایط تنش شوری صفاتی مانند عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، نسبت پتاسیم به سدیم، میزان یون سدیم، طول سنبله و عرض برگ پرچم اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشته و سهم قابل توجهی از تغییرات عملکرد دانه را تبیین می‌کنند. با استفاده از تجزیه به عامل‌ها در شرایط تنش شوری، ٢١ متغیر در پنج عامل تعریف شدند که در مجموع ٨٠/٤٦ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه کردند. نتایج این آزمایش نشان داد که خصوصیاتی مانند عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، نسبت پتاسیم به سدیم، میزان یون سدیم، طول سنبله، محتوای کلروفیل، محتوای آب نسبی و وزن هزار دانه را می‌توان به عنوان معیارهایی برای انتخاب در جهت بهبود عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش شوری معرفی کرد. ژنوتیپ‌های ١٣، ٢٠، ٢١، ٢٢، ٢٣، ٢٤ و ٢٥ که غالباً در شجره خود یکی از ژنوتیپ‌های متحمل به شوری کارچیا، Sakha8 و٢٢-٦٦-١ را دارند، با داشتن عملکرد دانه بالا و خصوصیات مناسب فیزیولوژیک، به عنوان ژنوتیپ‌های برتر و مناسب برای شرایط شور شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، تجزیه به عامل‌ها، گندم نان، محتوای آب نسبی و نسبت پتاسیم به سدیم.

تاریخ دریافت: ١٣٩٤/٠٩/٠٥ تاریخ پذیرش: ١٣٩٤/١١/٢٦ این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد

١- دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه
٢- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: r.amirnia@urmia.ac.ir)
٣- دانشیار پژوهش موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

مقدمه

با توجه به افزایش پیوسته تقاضای جهانی برای گندم و سایر غلات، تداوم افزایش تولید گندم به منظور تأمین غذا اهمیت زیادی دارد (Mohammad Doust Chamanabad *et al.*, 2010). شوری یک تنش محیطی مهم است که یکی از علل عمده مهم کاهش بهره‌وری محصولات کشاورزی در جهان می‌باشد (Canama *et al.*, 2013). سالانه ۱۰ میلیون هکتار از زمین‌های کشاورزی جهان در اثر شوری حاصل از آبیاری و به دلیل شوری ثانویه ناشی از فعالیت‌های بشر از چرخه تولید خارج و به زمین‌های غیر قابل کاشت تبدیل می‌شوند (Pessarakli and Szabolcs, 2011). پراکندگی سطح اراضی شور در جهان یکنواخت نیست، قارهٔ استرالیا با حدود ۳۶۰ میلیون هکتار و قاره آسیا با حدود ۳۱۰ میلیون هکتار، بیشترین سطح اراضی شور را دارا هستند. درآسیا بعد از شوروی سابق، چین، هندوستان و پاکستان، بیشترین سطح خاک‌های شور به ایران تعلق دارد. شرایط خشک این کشورها به تشکیل خاک های شور کمک می‌کند (Anonymous, 2002). برآورد شده است که حدود ۲۰ درصد از اراضی کشور (حدود ۳۴ میلیون هکتار) تحت تاثیر شوری قرار دارد که ۸/۵ میلیون هکتار آن شدیداً تحت تاثیر شوری است (Cheraghi, *et al.*, 2009).تنش‌های محیطی مانند شوری منجر به کاهش رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شوند، بنابراین ارزیابی پاسخ گیاهان به تنش‌های محیطی اهمیت زیادی دارد. تنش شوری با تاثیر سوء بر فرآیند استقرار بوته، توزیع یون‌ها، فتوسنتز، قابلیت دسترسی گیاه به آب و اختلال در فرایندهای آنزیمی و بیوشیمیایی، در نهایت موجب کاهش رشد و عملکرد گیاهان زراعی از جمله گندم می‌شود (Okcu *et al.*, 2005). دیکسیت و دلی (Dixit and Deli, 2010) در آزمایشی بیان داشتند که ساقه و ریشه، عملکرد بیولوژیک، تعداد سنبلچه در بوته، تعداد سنبله در بوته، تعداد و وزن دانه و عملکرد دانه، مهم‌ترین صفاتی هستند که تاثیر پذیر بالایی از تنش شوری دارند. محدودیت رشد برگ‌ها درگندم در اثر تنش شوری موجب می‌شود که سطح برگ‌های گیاه کاهش و بخشی از بافت‌های برگی دچار آسیب گردد و در اثر کاهش رشد ساقه، تعداد برگ و بوته، فتوسنتز، ماده خشک و عملکرد دانه کاهش می‌یابد (Stephan and Wall, 1997). یکی از سازوکارهای تحمل شوری در غلات، کنترل ورود و خروج سدیم به داخل سلول است. در غلظت‌های زیاد نمک، گیاهان با ورود و خروج یون‌ها، میزان یون سدیم درون سیتوپلاسم را کاهش و با ثابت نگه داشتن غلظت یون پتاسیم، نسبت پتاسیم به سدیم را بالا نگه می دارند. صفات اخراج سدیم، تبعیض نسبت پتاسیم به سدیم و نگهداری یون ها در ساقه‌ها به عنوان صفات کلیدی موثر درتحمل به تنش شوری، جهت تفکیک گونه‌های متحمل از حساس گیاهی، شناخته شده‌اند (Colmer *et al.*, 2006 ؛ El-Hendawy *et al.*, 2009 ؛ Jamil *et al.*, 2011).

بر اساس نتایج پژوهش آزادی و همکاران (Azadi *et al.*, 2011)، غلظت یون سدیم در برگ‌ها، نسبت پتاسیم به سدیم، محتوای کلروفیل و محتوای آب نسبی، شاخص‌های مناسبی برای غربال ژنوتیپ‌های گندم برای تحمل تنش شوری محسوب می‌شوند. ساردویی نسب و همکاران (Sardouie Nasab *et al.*, 2013)، با استفاده از تجزیه و تحلیل ضرایب همبستگی و رگرسیونی و همچنین تجزیه عاملی نشان دادند که در شرایط تنش شوری، افزایش صفات عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت واجزای عملکرد به ویژه تعداد سنبله در متر مربع، بهبود عملکرد ژنتیکی را در پی خواهد داشت. در آزمایش صالحی و همکاران (Salehi *et al.*, 2014)، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه در شرایط شور با ارتفاع بوته، طول پدانکل، وزن سنبله، وزن دانه در

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.6.4]

سنبله، روز تا سنبله دهی و روز تا رسیدگی، دوره پر شدن دانه و عملکرد در شرایط غیرشور مشاهده شد. اکبرپور و همکاران (Akbarpour *et al.*, 2015) با ارزیابی ۳۳ ژنوتیپ گندم در دو شرایط عدم تنش و تنش شوری در مزرعه، همبستگی ژنتیکی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در هر دو شرایط محیطی گزارش نمودند و نشان دادند که صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت از تنوع ژنتیکی لازم برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی گندم برای تحمل شوری بر خوردار می‌باشند. هر چند که مهم‌ترین معیار انتخاب ژنوتیپ‌ها، عملکرد دانه است (Johnson *et al.*, 1992). با این‌حال تجارب نشان داده است که گزینش بر اساس عملکرد و صفات فیزیولوژیک موثر در تحمل به تنش، منجر به افزایش کارایی جذب و مصرف آب، تداوم دوره فتوسنتزی و استفاده بهینه از مواد فتوسنتزی می‌شود، بنابراین بهتر است گزینش و غربال کردن ژنوتیپ‌های حاصل از برنامه اصلاحی براساس صفات فیزیولوژیکی، عملکرد دانه وکل ماده خشک انجام پذیرد (Winter *et al.*, 1988). شناخت ویژگی‌های فیزیولوژیکی- زراعی مربوط به تحمل گیاه در مقابله با شوری در این ژنوتیپ‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و می‌تواند کمک موثری درگزینش و معرفی ارقام مناسب برای شرایط شور باشد. در نهایت افزایش کارایی فرایند معرفی ارقام متحمل، منجر به افزایش تولید در مناطق تحت تنش شوری خواهد شد.

هدف از این تحقیق ارزیابی ارتباط بین ویژگی‌های فیزیولوژیکی و زراعی با عملکرد دانه و تعیین صفات موثر در تحمل به تنش در ژنوتیپ های گندم نان جهت استفاده در برنامه‌های به نژادی و به زراعی گندم در شرایط تنش شوری است.

مواد وروش‌ها

به منظور بررسی روابط بین صفات مهم زراعی و فیزیولوژیکی و عملکرد دانه گندم، تعداد ۲۵ ژنوتیپ گندم نان (شامل ارقام بومی وتجاری، لاین‌های امید بخش و شاهدهای ارگ، بم، افق و سیستان) (جدول ۱) در مزرعه پژوهشی ایستگاه تحقیقاتی خراسان جنوبی (بیرجند) در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو سال زراعی (۹۳-۱۳۹۱) در دوآزمایش جداگانه در شرایط عدم تنش و تنش شوری مورد مقایسه قرار گرفتند. قبل از کاشت، جهت تعیین شوری خاک محل آزمایش، نمونه برداری انجام و میزان شوری خاک درشرایط تنش در سال اول و دوم به ترتیب ۱۲/۸و ۹/۸ و در شرایط بدون تنش ۳/۳ دسی زیمنس بر متر اندازه‌گیری شد. در شرایط تنش شوری، برای سبز شدن یکنواخت تا مرحله دو تا سه برگی و تا استقرارکامل گیاه، از آب معمولی با هدایت الکتریکی ۲/۱ دسی زیمنس بر متر و سپس در سال اول از آب با شوری ۱۰ و در سال دوم با شوری ۸/۸ دسی زیمنس بر متر برای آبیاری استفاده شد. ولی در شرایط بدون تنش، در هردو سال، آبیاری با آب معمولی (هدایت الکتریکی ۲/۱ دسی زیمنس بر متر) انجام گرفت. در آزمایش تنش شوری، در پایان رشد و بعد از برداشت محصول، از خاک محل آزمایش نمونه برداری مجدد انجام گرفت و میزان شوری خاک در سال اول و دوم به ترتیب به ۱۳/۶۹و ۱۰/۱۸ دسی زیمنس بر متر ثبت شد. در هر دو شرایط تاریخ کاشت در سال اول و دوم به ترتیب نهم و سوم آذر ماه بود. کاشت درکرت‌هایی با مساحت سه مترمربع شامل شش ردیف کاشت به طول ۲/۵ متر و فواصل ۲۰ سانتیمتر انجام شد. برداشت محصول با حذف نیم متر حاشیه (۲۵ سانتیمتر از هرطرف)، از مساحت ۲/۴ متر مربع انجام شد. بر اساس آزمون خاک، کود اوره، سولفات پتاسیم و فسفات دی‌آمونیوم قبل از کاشت به ترتیب به میزان ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به خاک داده شد و مابقی کود اوره در دو نوبت، هر نوبت ۱۰۰کیلوگرم، به صورت سرک در مراحل شروع

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.6.4]

ساقه رفتن (Zadoks30) و مرحله آبستنی (قبل از ظهور سنبله) (Zadoks45) به مصرف رسید. میزان بذر مصرفی در هرکرت براساس ۵۰۰ دانه در مترمربع در نظر گرفته شد. زمین سال قبل آیش با بافت لومی رسی شنی بود. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک و لولر در زمین آیش بود. علف‌های هرز در اواسط فروردین با دست وجین شدند. تعداد روز تا سنبله دهی (تعداد روز تا ۵۰ درصد ظهور سنبله‌های هر کرت) و رسیدگی (تعداد روز تا زرد شدن ۵۰ درصد سنبله‌های هر کرت)، طول سنبله، طول پدانکل (میانگره انتهایی)، پنالتیمیت (میانگره ماقبل آخر)، ارتفاع بوته، محتوای کلروفیل (در دو مرحله: سنبله دهی و ۱۶ روز بعد از سنبله دهی)، دمای پوشش گیاهی، محتوای آب نسبی برگ پرچم (RWC)، میزان یون‌های سدیم و پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم در برگ پرچم، طول، عرض و سطح برگ پرچم در طول فصل زراعی و تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت، پس از برداشت اندازه گیری شدند. اندازه گیری محتوای آب نسبی بر اساس روش ریتچی و همکاران (Ritchi *et al.*, 1990) در مرحله گرده افشانی روی تعداد پنج برگ پرچم که بطور تصادفی انتخاب شدند، با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$RWC(\%)=[(FW-DW)/(TW-DW)]\times 100 \quad (1)$$

FW = وزن تر برگ، DW= وزن خشک برگ (خشکاندن به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد) و TW = وزن آماس برگ بعد از ۴ ساعت قرار دادن در آب مقطر می‌باشند.

دمای پوشش گیاهی با استفاده از دماسنج مادون قرمز (Rayteck^{TM}, USA) در روزهای آفتابی و بدون باد در ساعت ۱۳- ۱۲ در مرحله گرده افشانی اندازه گیری شد (Smith *et al.*, 1986). محتوای کلروفیل در دو مرحله سنبله دهی و ۱۶ روز بعد از سنبله دهی با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر دستی (SPAD 502, Minolta, Japan) روی پنج برگ پرچم انجام گرفت. برای تعیین میزان یون‌های سدیم و پتاسیم، در مرحله گرده افشانی بطور جداگانه از هر آزمایش تعداد هشت برگ پرچم از بوته‌های مربوط به هر ژنوتیپ برداشت و پس از خشکاندن، با استفاده از روش نورسنجی شعله‌ای (فلیم فتومتری) اندازه‌گیری انجام شد. مساحت برگ پرچم با استفاده از رابطه پیشنهادی راوسون و همکاران (Rawson *et al.*, 1988) در مرحله گرده افشانی با اندازه‌گیری طول و عرض پنج برگ پرچم به صورت زیر محاسبه شد:

(۲) ۰/۷۵×عرض برگ×طول برگ =مساحت برگ پرچم

پس از گردآوری کلیه داده‌ها طی دو سال، تجزیهٔ واریانس مرکب، مقایسه میانگین‌ها، محاسبهٔ آماره‌های توصیفی و درصد تغییرات، محاسبهٔ ضرایب همبستگی فنوتیپی ساده بین صفات و به منظور تعیین صفات مؤثر بر عملکرد در شرایط شوری، تجزیه رگرسیون گام به گام و تجزیه به عامل‌ها با استفاده از مؤلفه‌های اصلی وچرخش عامل‌ها به روش وریماکس انجام شد. از عدد KMO وآزمون اسفریسیتی بارتلت برای بررسی کفایت مدل تجزیه به عامل‌ها استفاده شد (Cattell, 1965). برای محاسبات آماری از نرم افزارهای آماری SAS ver 9.1 و SPSS ver 16 استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیهٔ مرکب داده‌ها در شرایط بدون تنش نشان داد که بین ژنوتیپ‌های گندم برای کلیه صفات به جز دمای پوشش گیاهی تفاوت معنی‌داری وجود داشت و اثر سال بر صفات روز تا سنبله دهی،تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک، میزان سدیم، نسبت پتاسیم به سدیم، دمای پوشش گیاهی و عملکرد دانه نیز معنی‌دار بود. برهمکنش سال در ژنوتیپ برای صفات میزان یون سدیم و پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم،

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.6.4]

جدول۱ - نام/شجره ژنوتیپ‌های گندم نان مورد ارزیابی

Table 1. Name/Parentage of the bread wheat genotypes

شماره ژنوتیپ No. of Genotype	نام / شجره Name/Parentage
1	Sistan (Check)
2	Mahooti (Local cultivar)
3	Sorkhtokhm (Local cultivar)
4	Neishabour
5	Arg (Check)
6	Kavir
7	Bam (Check)
8	Roshan(Local cultivar)
9	Moghan3
10	Shiroodi
11	Ofogh (Check)
12	Sakha 8/Darab#2//1-66-22
13	1-66-22/3/Alvd//Aldan/Ias58
14	Desprez80/Rsh//1-66-22/Inia
15	1-66-22/Passarinho/3/Vee/Nac//1-66-22
16	Sissons/Pishtaz
17	W3918A/Jup//Gru90-201736/3/Moghan1/Falat
18	Mrn/Catbird
19	Gv/D630//Ald"s"/3/Azd/4/Rsh/5/Kauz/Stm
20	1-66-22/3/Kauz*2/Opata//Kauz
21	1-66-22/SNH.9
22	Atrak/3/Chen/Aeg.sq(Taus)//BCN CMBW98, Y5554
23	Kauz*2/Opata//Kauz/3/Sakha 8/4/TAM 200
24	Pishtaz/Karchia
25	Pishtaz/Karchia

شاخص برداشت،دمای پوشش گیاهی و عملکرد دانه معنی‌دار بود. تجزیهٔ واریانس مرکب در شرایط تنش شوری نشان داد که بین ژنوتیپ‌های گندم از لحاظ کلیه صفات مورد بررسی اختلاف معنی‌داری وجود داشت. تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های گندم نشان دهنده وجود تنوع ژنتیکی بالا بین مواد گیاهی مورد بررسی و احتمال وجود سازوکارهای متفاوت بین آنها در واکنش به تنش شوری است. وجود تنوع ژنتیکی در صفات مرتبط با تحمل به شوری برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل با عملکرد بالا و درک بهتر سازوکارهای فیزیولوژیکی مرتبط با تحمل به تنش شوری درگندم می‌تواند موثر باشد. اثر سال برای صفات روز تا سنبله‌دهی، طول پنالتیمت، دمای پوشش گیاهی، محتوای آب نسبی برگ پرچم، میزان یون‌های سدیم و پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم، طول و عرض برگ پرچم، ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و عملکرد دانه معنی‌دار بود. برهمکنش سال در ژنوتیپ روی صفات عملکرد بیولوژیک، میزان یون‌های سدیم و پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم، طول پدانکل و عملکرد دانه معنی‌دار بود. معنی‌دار بودن برهمکنش نیز نشان دهنده پاسخ متفاوت ژنوتیپ‌ها درمحیط‌های مختلف بود. صالحی و ارزانی (Salehi and Arzani, 2012) نیز نشان دادند که تنش شوری تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه، مساحت برگ پرچم، محتوای آب نسبی و طول پدانکل داشته و برهمکنش ژنوتیپ و شوری برای این صفات نیز معنی‌دار بود. مقایسه میانگین عملکرد دانه در شرایط تنش نشان داد که ژنوتیپ‌های ۱۳ ، ۱۹ ، ۲۰ ، ۲۱ ، ۲۲ ،

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.6.4]

۲۳ ، ۲۴ و ۲۵ عملکـرد بیشـتری نسـبت بـه شـاهدهای متحمل (افق، ارگ، بم و سیستان) داشتند و این لاین‌هـا در شرایط بدون تنش نیـز از عملکـرد بـالایی برخـوردار بودند (جداول ۲ و ۳). در شرایط بـدون تـنش عملکـرد دانه بالاتر به ترتیب مربوط به رقم سیستان و ژنوتیپ‌های ۱۲ ، ۱۳ ، ۲۰ ، ۲۲ ، و ۲۵ بود (جدول ۲). ژنوتیـپ‌هـای ۱۶ و ۱۷ و ارقـام مغـان۳ و شـیرودی در هـر دو شـرایط تنش و بدون تنش با اختلاف معنی‌دار، عملکرد کمتری نسبت بـه ارقـام شـاهد داشـتند کـه البتـه ایـن تفـاوت در شرایط تنش چشمگیرتر بود. ارقام بومی روشن، ماهوتی و سرخ تخم هرچنـد در شـرایط تـنش از عملکـرد نسـبتا خـوبی برخـوردار بودنـد، ولـی در شـرایط بـدون تـنش عملکرد کمتری از ارقام و لاین‌های متحمـل بـه شـوری داشتند که این تفاوت احتمالاً بـه دلیـل پتانسـیل محـدود ارقام بومی در شرایط بهینه مـی‌باشـد. بـالاترین عملکـرد بیولوژیـک در هـر دو شـرایط محیطـی مربـوط بـه ارقام بومی ماهوتی و روشن بـود. ایـن ارقـام از شـاخص برداشت کمتری نیز در هر دو شرایط برخـوردار بودنـد. کمتـرین عملکـرد بیولوژیـک در شـرایط تـنش مربوط به ژنوتیـپ‌هـای ۱۵ ، ۱۶ و ۱۷ و ارقـام مغـان۳ و شیرودی بود. ژنوتیـپ‌هـای بـا عملکـرد دانـه بـالا یطـور نسـبی از عملکـرد بیولوژیـک و شـاخص برداشـت بالاتری نیز برخـوردار بودنـد (جـداول ۲ و ۳). بیشـترین تعداد دانه در سنبله در هر دو شرایط تنش وبـدون تـنش مربوط به رقم افق بود و ژنوتیـپ‌هـای ۱۳ و۱۷ از تعـداد دانه در سنبله کمتری در هر دو شرایط برخوردار بودنـد. لایـن ۱۳ در هـر دو شـرایط بـالاترین وزن هزاردانـه را داشت. ژنوتیپ‌های ۱۳ ، ۲۰ ، ۲۱ ، ۲۲ ، ۲۳ و ۲۵ و رقم روشن به دلیل دارا بودن وزن هزاردانه بیشتر، از عملکرد دانـه بیشـتری برخـوردار بودنـد، درحالیکـه ارقـام افـق وکویر و ژنوتیـپ‌هـای ۱۲و ۱۵ از تعـداد دانـه در سـنبله بیشتر در هردو شرایط برخوردار بودند. در ژنوتیپ‌هـایی مانند ۲۴ ، عملکرد دانه بالاتر بطور نسبی ناشـی از بیشـتر بودن هـر دو جـزء عملکـرد بـود. ارقـام بـومی مـاهوتی، روشن و سرخ تخم و ژنوتیپ ۱۴ از ارتفاع بوته بیشـتری در هر دو شرایط تنش و بـدون تـنش برخـوردار بودنـد. کمترین ارتفاع بوته در شرایط تنش مربـوط بـه ژنوتیـپ ۱۶ بـود. رقـم شـیرودی و ژنوتیـپ ۱۵ از ارتفـاع بوتـه کمتـری در هـر دو شـرایط برخـوردار بودنـد. ژنوتیـپ‌هـای۱۴ ،۱۶و مـاهوتی از تعـداد روز تـا ظهـور سـنبله بیشـتری در مقایسـه بـا سـایر ژنوتیـپ‌هـا برخـوردار بودنـد و کمتـرین تعـداد روز تـا ظهـور سنبله مربوط بـه رقـم شـیرودی در هـر دو شـرایط بـود. لایـن‌هـای ۱۴ ، ۱۶ و ۲۱ دیـررس و ارقـام شـیرودی و مغان۳ زودرس‌ترین ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط محیطی بودند (جداول ۲ و ۳). بالاترین نسبت پتاسیم بـه سـدیم در شرایط تنش، مربوط بـه ژنوتیـپ‌هـای ۴ و ۲۵ بـود و بیشترین عملکـرد دانـه در شـرایط تـنش نیـز مربـوط بـه ژنوتیـپ ۲۵ بـود، ایـن ژنوتیـپ از محتـوای آب نسـبی بالاتری نیز برخوردار بود. کمترین مقدار نسبت پتاسیم به سدیم، مربوط به ژنوتیـپ‌هـای ۱۵ ، ۱۶ و ۱۷ و ارقـام مغان۳ و شیرودی بود. این ژنوتیپ‌هـا عملکـرد کمتـری نیـز داشـتند. ژنوتیـپ‌هـای ۷ ، ۱۳ ، ۲۰ ، ۲۱ ، ۲۲ ، ۲۳ و ۲۵ از محتـوای آب نسـبی بـالاتری برخـوردار بـوده و عملکرد دانه بیشتری نیز داشتند.

به طور کلی ژنوتیـپ‌هـای ۱۳ ، ۲۰ ، ۲۱ ، ۲۲ ، ۲۳ ، ۲۴ و ۲۵ با داشتن عملکرد بالا و برتری نسبت به شاهدها از خصوصیات مناسب (عملکـرد بیولوژیـک و شـاخص برداشت بـالا، محتـوای آب نسـبی و محتـوای کلروفیـل بیشتر و نسبت پتاسیم بـه سـدیم بـالاتر و محتـوای کمتـر یون سدیم در بـرگ پـرچم) نیـز برخـوردار بودنـد و بـه عنـوان ژنوتیـپ‌هـای متحمـل و برتـر از شـاهدها (افـق، ارگ، بم و سیستان شناسایی شدند (جدول‌هـای ۲ و ۳). محاسبهٔ آماره‌های توصیفی نشان داد که در شرایط تنش شوری بیشـترین میـزان تنـوع مربـوط بـه صـفات نسـبت پتاسـیم بـه سـدیم، میـزان سـدیم، سـطح بـرگ پـرچم، عملکـرد دانـه و محتـوای کلروفیـل (۱۶ روز بعـد از سنبله‌دهی)، عملکرد بیولوژیک، میـزان پتاسـیم و تعـداد

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.6.4]

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه و صفات فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط بدون تنش (۹۳- ۱۳۹۲ و ۹۲- ۱۳۹۱)

Table 2. Mean compasison of grain yield and physiological characteristics of bread wheat genotypes in normal condition (2012 and 2013)

No.	DHE	DMA	$SPAD_1$	$SPAD_2$	PLH	LPed	LPen	Spikl	LFL	WFL	FLA	NSSP	TKW	CT	Na^+	K^+	K^+/Na^+	RWC	BY	HI	YLD_N
1	148.1	191.8	50.7	50.0	93.8	42.8	20.5	9.4	18.1	1.38	18.7	48.7	45.8	23.8	0.120	1.81	17.57	91.9	18083	43.6	7869
2	152.9	194.0	52.1	50.0	105.1	40.9	23.9	8.1	16.5	1.35	16.7	43.6	44.9	23.5	0.121	1.65	13.83	87.7	18772	33.0	6192
3	146.0	190.8	46.0	40.2	98.3	40.4	25.8	8.0	16.4	1.38	16.9	47.2	41.4	23.6	0.049	1.74	38.10	81.3	17844	37.2	6639
4	148.3	191.6	53.2	51.0	89.5	40.9	19.9	8.2	16.2	1.30	15.8	43.6	42.5	22.9	0.081	1.78	23.00	90.0	18122	40.8	7397
5	148.0	192.8	50.7	48.5	91.7	41.2	20.8	9.4	16.4	1.20	14.8	47.7	44.7	23.0	0.061	1.65	28.02	91.1	16806	43.8	7400
6	149.1	192.8	49.7	45.0	92.8	38.0	19.9	9.4	16.2	1.34	16.3	49.5	34.4	22.9	0.081	2.07	26.90	89.5	17606	40.1	7075
7	148.6	192.1	51.2	50.0	90.5	41.4	21.1	9.0	17.5	1.24	16.3	43.2	42.8	24.4	0.112	2.08	19.34	86.2	16317	43.0	7122
8	149.5	191.8	54.1	54.3	104.5	44.6	26.2	8.8	16.2	1.37	16.6	42.3	46.7	23.9	0.103	2.22	21.97	84.5	18883	31.8	6013
9	146.5	187.8	52.1	47.7	89.2	36.6	17.6	9.2	18.1	1.14	15.5	55.8	39.4	24.3	0.171	2.08	12.94	90.5	13978	43.2	6241
10	143.9	186.1	54.7	49.5	77.5	32.4	17.5	8.8	16.8	1.34	16.9	44.6	41.7	23.2	0.048	1.63	37.07	85.1	13600	44.4	6218
11	151.2	193.8	49.3	49.8	88.2	34.0	19.5	9.6	17.7	1.40	18.6	59.7	37.9	23.3	0.067	1.77	28.20	89.6	17817	40.1	7397
12	149.6	194.8	52.5	51.6	89.0	41.9	19.6	9.1	17.1	1.40	17.9	49.5	45.0	23.3	0.071	1.77	25.81	88.4	18217	41.1	7575
13	146.4	191.1	55.1	51.5	90.6	42.0	21.2	10.0	18.4	1.28	17.6	40.3	48.8	23.6	0.071	1.94	28.60	89.7	18128	41.9	7608
14	153.3	195.8	52.9	51.4	94.2	41.0	20.6	10.4	16.4	1.58	19.5	44.0	39.5	23.5	0.101	2.40	24.91	88.5	17972	40.2	7233
15	148.6	193.1	51.2	49.2	82.7	32.1	21.1	9.0	15.6	1.27	14.9	53.2	34.6	23.8	0.071	1.65	24.16	85.5	15128	44.2	6692
16	151.9	194.1	54.2	50.2	90.0	29.6	19.6	8.5	16.1	1.34	16.2	43.6	42.4	23.2	0.072	1.61	23.43	88.8	13744	43.2	5911
17	147.3	191.5	53.5	51.2	87.3	34.9	17.3	9.5	16.3	1.14	14.0	39.5	42.7	22.8	0.071	1.53	21.91	88.3	14378	47.1	6768
18	149.6	192.8	51.3	49.0	91.5	42.7	20.2	9.4	16.8	1.37	17.4	46.8	45.7	22.9	0.071	2.07	30.05	92.8	16611	43.2	7172
19	148.0	194.0	54.1	51.2	92.2	42.1	19.9	9.8	17.3	1.42	18.5	44.4	45.1	23.5	0.081	2.12	26.85	89.5	16694	43.8	7178
20	148.3	193.6	54.4	52.6	92.7	40.3	22.5	9.4	17.2	1.22	15.8	42.7	44.5	23.4	0.065	2.34	36.76	87.0	17867	43.6	7728
21	148.6	194.1	53.3	51.2	93.0	41.8	21.0	9.6	17.1	1.32	17.0	46.3	48.2	23.8	0.066	2.10	32.49	85.3	17139	42.0	7327
22	149.6	193.8	53.5	52.0	89.4	40.1	19.6	9.1	17.2	1.35	17.4	42.3	46.4	23.5	0.082	2.41	29.95	93.0	16939	45.2	7617
23	150.3	194.0	52.9	50.6	89.5	40.1	19.6	8.6	16.9	1.23	15.5	46.5	47.0	23.5	0.063	2.62	42.89	89.6	16456	42.5	7000
24	149.3	193.5	53.2	49.5	92.5	40.9	22.3	8.5	17.8	1.28	17.1	48.5	48.1	23.1	0.061	1.94	32.39	90.4	18039	39.4	7111
25	148.6	193.1	54.9	52.0	90.9	38.0	19.8	9.1	17.5	1.30	17.0	43.3	45.6	23.1	0.085	1.96	23.44	86.3	17750	43.0	7706
Mean	148.9	192.6	52.4	49.9	91.5	39.2	20.7	9.1	17.0	1.32	16.8	46.3	43.4	23.4	0.082	1.96	26.82	88.4	16916	41.6	7048
LSD5%	1.405	1.511	3.099	2.069	5.167	3.038	2.781	0.971	0.895	0.114	1.893	4.695	2.604	0.989	0.034	1.718	10.71	3.9	0.628	4.154	0.646

روز تا سنبله دهی(DHE:Days to Heading)؛ روز تا رسیدگی(DMA:Days to maturity)؛ محتوای کلروفیل(سنبله دهی)($SPAD_1$:SPAD-heading)؛ محتوای کلروفیل(۱۶ روز بعد از سنبله دهی)($SPAD_2$:SPAD in 16 days after heading)؛ ارتفاع بوته (PLH:Plant height-cm)؛ طول پدانکل(L.Ped:Length of peduncle-cm)؛ طول پنالتیمت(L.Pen:Length of penultimate-cm)؛ طول سنبله(L.Sp.:Length of spike-cm)؛ طول برگ پرچم(LFL:Length of flag leaf-cm)؛ عرض برگ پرچم (WFL:Width of flag leaf-cm)؛ سطح برگ پرچم($FLA:Flag leaf area-cm^2$)؛ تعداد دانه در سنبله($Nssp:No.\ seed\ spike^{-1}$)؛ وزن هزاردانه(Tkw:1000 kernel weight-g)؛ دمای پوشش گیاهی(CT:Canopy temp.-°C)؛ سدیم(%-Na^+)؛ پتاسیم(%-K^+)؛ نسبت پتاسیم به سدیم(K^+/Na^+)؛ محتوای آب نسبی(RWC-%)؛ عملکرد بیولوژیک ($BY:Biological\ yield-kg.ha^{-1}$)؛ شاخص برداشت(HI-%)؛ عملکرد دانه در شرایط بدون تنش(Yld_N:Grain yield in non-stress condition-$kg.ha^{-1}$)

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.6.4]

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد دانه و صفات فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط تنش شوری (۹۳- ۱۳۹۲ و ۹۲- ۱۳۹۱)

Table 3. Mean compaison of grain yield and physiological characteristics of bread wheat genotypes in salinity stress condition (2012 and 2013)

No.	DHE	DMA	$SPAD_1$	$SPAD_2$	PLH	LPed	LPen	Spikl	LFL	WFL	FLA	NSSP	TKW	CT	Na^+	K^+	K^+/Na^+	RWC	BY	HI	YLD_S
1	144.7	187.3	51.8	46.7	79.1	32.6	17.0	8.7	13.5	1.11	11.3	42.9	44.2	32.1	0.139	1.57	12.37	85.7	12412	38.2	4763
2	150.5	192.8	54.1	48.5	86.5	31.1	16.3	7.2	15.9	1.17	13.9	42.3	40.7	32.3	0.169	1.58	9.98	80.6	14249	32.5	4619
3	141.3	188.8	41.7	33.2	83.6	30.5	18.2	6.7	14.1	1.03	10.8	44.8	40.1	31.9	0.126	1.36	12.26	75.3	12675	35.6	4562
4	144.2	188.3	50.4	48.4	74.7	30.6	15.0	7.6	14.2	1.21	12.9	40.4	39.8	32.1	0.119	2.08	18.40	85.4	11746	40.0	4732
5	145.5	189.2	50.4	47.1	71.0	32.6	16.3	7.9	13.6	1.13	11.4	45.5	40.8	32.1	0.121	1.88	16.10	85.4	12730	38.7	4962
6	145.0	189.3	46.8	40.1	79.8	34.8	15.6	9.1	16.3	1.28	15.6	47.6	31.4	32.3	0.134	1.69	12.49	82.2	12236	37.4	4635
7	143.8	188.3	52.0	49.4	78.1	32.7	17.3	8.1	13.6	1.05	10.7	41.6	42.2	32.0	0.122	1.78	15.89	87.7	11552	40.0	4833
8	146.8	190.3	55.1	54.2	90.9	39.8	16.8	7.9	15.3	1.39	15.9	41.3	44.4	31.9	0.113	1.59	14.80	80.9	14637	31.8	4663
9	144.2	186.5	47.1	35.9	79.8	27.3	15.7	7.9	15.5	1.19	13.8	50.3	35.7	33.0	0.219	1.76	8.13	82.6	10230	33.9	3416
10	137.0	185.3	49.1	34.9	74.2	30.3	17.4	7.4	14.4	1.23	13.3	39.0	38.7	33.8	0.275	1.93	7.27	79.1	10509	33.6	3433
11	148.0	190.3	47.2	45.8	74.3	27.8	14.8	8.4	12.9	1.16	11.2	56.9	36.8	32.3	0.156	1.67	11.03	84.8	12487	40.0	5008
12	145.0	189.3	49.9	47.5	76.9	32.2	14.9	8.1	15.9	1.11	13.2	48.1	41.2	32.5	0.137	1.69	13.69	83.8	13285	35.5	4788
13	142.5	187.8	54.0	49.8	80.5	32.8	18.6	8.4	16.7	1.03	12.9	37.6	45.7	32.7	0.150	1.83	12.96	86.8	13280	40.0	5309
14	150.2	192.5	50.6	45.9	81.5	32.9	16.4	8.6	15.7	1.31	15.5	42.9	35.1	32.8	0.130	1.64	13.53	84.2	10999	41.2	4568
15	145.3	188.0	47.8	44.5	67.0	27.0	16.1	7.0	13.6	1.05	10.7	50.5	31.8	32.9	0.188	1.65	9.17	82.4	9937	44.0	4417
16	149.2	190.2	49.6	42.5	60.0	28.1	14.4	6.4	12.4	1.34	12.4	40.7	40.3	33.2	0.262	1.61	6.71	78.2	9691	30.9	2986
17	140.7	187.3	48.9	43.8	76.4	31.2	15.6	7.4	11.7	0.99	8.6	35.8	39.6	33.2	0.190	1.49	8.32	82.7	10167	35.0	3612
18	145.5	189.5	50.5	46.7	80.5	33.8	15.9	8.0	15.4	1.27	14.6	43.3	43.9	33.0	0.185	1.84	10.15	84.6	12606	39.4	4993
19	144.7	189.7	55.8	49.2	77.0	32.5	15.5	8.2	14.3	1.16	12.5	42.9	42.1	33.1	0.184	1.94	10.97	84.5	12978	38.4	5011
20	144.5	189.2	53.3	49.0	80.2	33.0	17.9	7.5	14.5	1.14	12.4	41.0	42.3	33.3	0.171	1.59	14.47	83.6	12755	41.3	5317
21	145.2	192.3	53.1	50.7	76.3	34.7	16.5	8.3	16.2	1.23	15.0	44.1	44.8	32.9	0.185	2.07	12.79	83.0	13964	38.1	5314
22	145.7	189.3	55.1	51.1	76.9	32.9	15.5	9.3	14.1	1.07	11.3	40.1	44.4	32.9	0.172	1.94	12.89	86.7	12423	42.5	5322
23	146.3	189.0	52.0	48.6	77.8	34.2	16.6	9.1	16.6	1.18	14.7	42.2	45.0	33.3	0.178	2.03	12.06	86.1	12392	41.1	5106
24	146.0	190.0	53.1	48.9	81.2	35.9	17.1	10.1	16.4	1.19	14.6	45.1	45.0	32.7	0.163	1.95	15.70	85.7	13295	35.6	5312
25	144.5	188.7	55.3	51.5	76.1	32.5	16.3	8.2	17.1	1.20	14.4	40.2	41.4	33.7	0.171	2.00	18.00	86.3	13317	39.6	5517
Mean	145.0	189.2	51.0	46.2	77.6	32.1	16.3	8.1	14.8	1.17	13.0	43.5	40.7	32.7	0.166	1.77	12.40	83.5	12262	37.8	4688
LSD5%	1.256	1.424	3.775	5.326	3.44	3.695	1.722	1.081	1.157	0.928	1.611	7.005	3.693	1.116	0.077	0.332	6.287	2.344	1.553	4.780	0.648

روز تا سنبله دهی(DHE:Days to Heading)؛روز تا رسیدگی(DMA:Days to maturity)؛ محتوای کلروفیل(سنبله دهی)(SPAD$_1$:SPAD-heading)؛ محتوای کلروفیل(۱۶ روز بعد از سنبله دهی)(SPAD$_2$:SPAD in 16 days after heading)؛ ارتفاع بوته (PLH:Plant height-cm)؛ طول پدانکل(L.Ped:Length of peduncle-cm)؛ طول پنالتیمت(L.Pen:Length of penultimate-cm)؛ طول سنبله(L.Sp.:Length of spike-cm)؛ طول برگ پرچم(LFL:Length of flag leaf-cm)؛ عرض برگ پرچم (WFL:Width of flag leaf-cm)؛ سطح برگ پرچم(FLA:Flag leaf area-cm^2)؛ تعداد دانه در سنبله(Nssp:No. seed spike^{-1})؛ وزن هزاردانه(Tkw:1000 kernel weight-g)؛ دمای پوشش گیاهی(CT:Canopy temp.-˚C)؛ سدیم(%-Na^+)؛ پتاسیم(%-K^+)؛ نسبت پتاسیم به سدیم(K^+/Na^+)؛ محتوای آب نسبی(%-RWC)؛ عملکرد بیولوژیک (BY:Biological yield-kg.ha^{-1})؛ شاخص برداشت(%-HI)؛ عملکرد دانه در شرایط تنش(Yld_S:Grain yield in stress condition-kg.ha^{-1})

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.6.4]

دانه در سنبله بود. در شرایط بدون تنش، بیشترین میزان ضریب تنوع مربوط به صفات میزان سدیم، نسبت پتاسیم به سدیم، طول پنالتیمت، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه بود. در هر دو شرایط، صفات تعداد روز تا رسیدگی و سنبله‌دهی، دمای پوشش گیاهی و محتوای آب نسبی از ضریب تنوع کمتری برخوردار بودند (جدول ۴). آقایی سربرزه و امینی (Aghaee Sarbarze and Amini, 2011) نیز گزارش کردند که در ارقام اصلاح شده گندم دو صفت روز تا رسیدگی و روز تا سنبله‌دهی از تنوع کمی برخوردار هستند. این موضوع بیانگر این نکته است که در طول زمان، گزینش برای این صفات بیشتر بوده و تنوع ژنتیکی را برای این صفات کاهش داده است.

میزان تغییرات (کاهش) صفات مورد بررسی در شرایط تنش شوری نسبت به شرایط بدون تنش نشان داد که تنش شوری باعث کاهش مقادیر کلیه صفات رویشی و زایشی (به جز میزان یون سدیم و دمای پوشش گیاهی) ژنوتیپ‌های گندم شد، ولی میانگین میزان یون سدیم و دمای پوشش گیاهی در شرایط تنش بیشتر از شرایط بدون تنش بود و در اثر شوری، مقادیر این شاخص‌ها بر خلاف سایر صفات افزایش یافت (جدول ۴). بر اساس نتایج آزمایش فرهودی (Farhoudi, 2014) تنش شوری باعث کاهش وزن خشک گیاهچه، محتوای کلروفیل، محتوای پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم شد، در حالیکه میزان سدیم و محتوای کربوهیدرات های محلول برگ در اثر شوری افزایش یافتند. در بین صفات مورد بررسی بیشترین میزان کاهش به ترتیب مربوط به نسبت پتاسیم به سدیم (۱۱۶ درصد)، عملکرد دانه (۵۰/۳۴ درصد)، عملکرد بیولوژیک (۳۷/۹۵ درصد)، سطح برگ (۲۹/۳ درصد)، طول پنالتیمت (۲۶/۶۷ درصد)، طول پدانکل (۲۱/۹۹ درصد)، ارتفاع بوته (۱۷/۸۴ درصد) و کمترین میزان کاهش مربوط به تعداد روز تا رسیدگی (۱/۸۲ درصد)، تعداد روز تا سنبله‌دهی (۲/۶۵ درصد) و محتوای کلروفیل در مرحله سنبله‌دهی (۲/۸ درصد) بود (جدول ۴). در آزمایش صالحی و ارزانی (Salehi and Arzani , 2012) نیز تنش شوری تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه، مساحت برگ پرچم، محتوای آب نسبی و طول پدانکل داشت. در جمعیت گندم مورد بررسی در شرایط شوری توسط سادات نوری و همکاران (Sadat Noori *et al.*,2006) نیز کاهش قابل توجهی در وزن کل بوته، ارتفاع بوته، طول سنبله، طول دوره رشد و تسریع در ظهور سنبله و رسیدگی در شرایط تنش شوری گزارش شد. نکته حائز اهمیت این است که میزان کاهش محتوای کلروفیل در مرحله سنبله‌دهی ($SPAD_1$) در اثر تنش شوری، ۲/۸ درصد، ولی در مرحله ۱۶ روز بعد از سنبله‌دهی ($SPAD_2$) ۸/۱۸ درصد بود. میزان کاهش میانگین محتوای کلروفیل در فاصله سنبله‌دهی تا ۱۶ روز بعد از سنبله‌دهی (اختلاف $SPAD_1$ با $SPAD_2$) در شرایط بدون تنش، ۲/۴۸ واحد بود، ولی میزان کاهش این صفت در همان فاصله در شرایط تنش شوری، ۴/۸۳ واحد بود (جدول ۴)، بنابراین در هر دو شرایط با افزایش سن برگ، محتوای کلروفیل کاهش یافته، ولی شدت کاهش در شرایط تنش شوری بیشتر بوده است. این موضوع توسط پسرکلی(Pessarakli, 2010) نیز گزارش شده است. نامبرده بیان نمود که در شرایط بدون تنش و تنش شوری با افزایش سن برگ، محتوای کلروفیل برگ و گیاه کاهش می‌یابد، ولی در شرایط تنش شوری، به دلیل تجمع یون‌های سدیم و کلر، شدت پیر شدن برگ‌ها سریع‌تر و بیشتر بوده و تسریع پیری برگ در ژنوتیپ‌های حساس بیشتر است.

عملکرد بیولوژیک ($r=0.49^{**}$)، طول سنبله ($r=0.47^{*}$)، طول پدانکل ($r= 0.44^{*}$) و طول برگ پرچم ($r=0.45^{*}$) داشت. البته همبستگی عملکرد دانه با شاخص برداشت و نسبت پتاسیم به سدیم، محتوای کلروفیل، سطح برگ محتوای کلروفیل در گیاهانی که در شرایط شوری قرار می‌گیرند، معمولاً کاهش

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.6.4]

جدول ۴- آماره‌های توصیفی و میزان تغییرات صفات گیاهی ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط بدون تنش و تنش شوری (۹۳- ۱۳۹۲ و ۹۲- ۱۳۹۱)

Table 4. Descriptive statistics and variation rate for plant characteristics of bread wheat genotypes in normal and salinity stress condition (2012 and 2013)

		بدون تنش Normal condition				تنش شوری Salinity stress condition				
Plant characteristics	صفات گیاهی	کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean	ضریب تنوع CV (%)	کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean	ضریب تنوع CV (%)	تغییرات Variation (%)
Days to heading	روز تا سنبله‌دهی	143.9	153.3	148.9	1.41	137.0	150.5	145.0	1.97	2.65
Days to maturity	روز تا رسیدگی	186.1	195.8	192.6	1.08	185.3	192.8	189.1	0.92	1.82
Plant height(cm)	ارتفاع بوته	77.5	105.0	91.5	6.09	60.0	90.9	77.6	7.71	17.84
Grain.spike^{-1}	دانه در سنبله	39.5	59.7	46.3	10.16	35.8	56.9	43.5	10.41	6.39
1000 grain weight(g)	وزن هزار دانه	34.4	48.8	43.4	8.94	31.4	45.7	40.7	9.78	6.73
Length of peduncle(cm)	طول پدانکل	29.6	44.6	39.2	9.77	27.0	39.8	32.1	8.77	21.99
Length of penultimate(cm)	طول پنالتیمت	17.3	26.2	20.7	10.55	14.4	18.6	16.3	6.55	26.67
$SPAD_1$ (Heading)	محتوای کلروفیل(سنبله دهی)	46.0	55.1	52.4	3.99	41.7	55.8	51.0	6.54	2.80
$SPAD_2$(16 days after heading)	محتوای کلروفیل(۱۶روز بعد سنبله‌دهی)	40.2	54.3	49.9	5.44	33.2	54.2	46.2	11.42	8.18
Length of flag leaf(cm)	طول برگ پرچم	15.6	18.4	17.0	4.26	11.7	17.1	14.8	9.71	14.56
Width of flag leaf(cm)	عرض برگ پرچم	1.14	1.58	1.32	7.20	0.99	1.39	1.17	8.72	12.82
Flag leaf area(cm^2)	سطح برگ پرچم	14.0	19.5	16.8	7.86	8.69	15.9	13.0	14.42	29.23
Canopy temp.(˚C)	دمای پوشش گیاهی	22.8	24.4	23.4	1.78	31.9	33.8	32.77	1.68	- 28.38
Length of spike(cm)	طول سنبله	8.08	10.4	9.16	6.44	6.45	10.1	8.11	10.18	12.95
Na^+ (%)	سدیم برگ پرچم	0.048	0.171	0.082	32.93	0.113	0.275	0.166	24.70	- 50.60
K^+(%)	پتاسیم برگ پرچم	1.53	2.62	1.96	14.82	1.36	2.08	1.77	10.90	10.84
K^+/Na^+	نسبت پتاسیم به سدیم	12.94	42.89	26.82	27.22	6.71	18.40	12.40	25.33	116.29
Relative water content(%)	محتوای آب نسبی	81.33	93.01	88.46	3.14	75.37	87.71	83.58	3.52	5.84
Harvest index(%)	شاخص برداشت	31.84	47.11	41.69	8.35	30.96	44	37.81	9.19	10.26
Biological yield(kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک	13600	18883	16916	9.31	9691	14637	12262	11.06	37.95
Grain yield(kg.ha^{-1})	عملکرد دانه	5911	7869	7048	8.10	2986	5517	4688	14.16	50.34

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.6.4]

می‌یابد. گیاهان متحمل که عملکرد زیادی دارند، می‌توانند کاهش محتوای کلروفیل را تعدیل کنند (Gholizadeh *et al.*, 2014).

به منظور بررسی ارتباط صفات فیزیولوژیک و زراعی اندازه‌گیری شده با عملکرد دانه به منظور تعیین صفات موثر و مرتبط با شوری و مقایسهٔ آنها در شرایط تنش و بدون تنش، ضرایب همبستگی فنوتیپی ساده بین صفات با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شدند (جدول ۵). ضرایب همبستگی بین صفات در شرایط تنش شوری نشان دادکه عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه در شرایط بدون تنش ($r=0.75^{**}$)، عملکرد بیولوژیک ($r=0.75^{**}$)، نسبت پتاسیم به سدیم ($r=0.72^{**}$)، محتوای کلروفیل ۱۶ روز بعد از سنبله‌دهی ($SPAD_2$) ($r=0.68^{**}$)، محتوای کلروفیل در مرحله سنبله‌دهی ($SPAD_1$) ($r=0.50^{**}$)، محتوای آب نسبی ($r=0.62^{**}$)، شاخص برداشت ($r=0.61^{**}$)، طول سنبله ($r=0.58^{**}$)، طول پدانکل ($r= 0.52^{**}$)، طول برگ پرچم ($r=0.49^{**}$) و وزن هزار دانه ($r=0.46^{*}$) و همبستگی منفی و معنی‌داری با میزان یون سدیم برگ پرچم ($r=-0.58^{**}$) داشت (جدول ۵). همبستگی عملکرد دانه با دمای پوشش گیاهی نیز منفی ولی غیرمعنی‌دار بود، این موضوع نشان می‌دهد که علیرغم مهم بودن دمای پوشش گیاهی به عنوان یک شاخص گزینش در شرایط تنش خشکی، در شرایط تنش شوری از اهمیت کمتری برخوردار است. بنابراین به نظر می‌رسد که به منظور بهبود ژنتیکی عملکرد دانهٔ گیاه در شرایط تنش شوری، می‌توان از افزایش صفات عملکرد بیولوژیک، نسبت پتاسیم به سدیم، محتوای کلروفیل، محتوای آب نسبی، شاخص برداشت، طول پدانکل، طول برگ و وزن هزار دانه وکاهش میزان یون سدیم در گیاه گندم استفاده کرد. ضرایب همبستگی عملکرد بیولوژیک با صفات مزبور تا حدودی مشابه عملکرد دانه بود، البته عملکرد بیولوژیک علاوه بر صفات یاد شده، با ارتفاع بوته و تعداد روز تا رسیدگی وسطح برگ نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت، اما همبستگی آن با محتوای آب نسبی و طول سنبله مثبت ولی غیرمعنی‌دار بود. همبستگی شاخص برداشت فقط با محتوای آب نسبی معنی‌دار و با سایر صفات معنی‌دار نبود (جدول ۵). در غلظت‌های بالای نمک، گیاهان با استفاده از ورود و خروج یون‌ها، میزان یون سدیم درون سیتوپلاسم را کاهش داده و با ثابت نگه داشتن غلظت پتاسیم، نسبت پتاسیم به سدیم را بالا نگه می‌دارند. این سازوکار به حدی در مقابله با اثرات سوء تنش شوری موثر است که نسبت پتاسیم به سدیم (معیار تبعیض) در گیاهان از جمله غلات به عنوان یکی از خصوصیات مهم جهت تفکیک گونه‌های متحمل از حساس گزارش شده است (El-Hendawy, *et al.*,2009). در آزمایشات دیگر نیز از صفات اخراج سدیم، تبعیض پتاسیم به سدیم و انباشته کردن یون‌ها درساقه‌ها، به عنوان صفات کلیدی که موجب القای تحمل به شوری در غلات می‌شوند،گزارش شده است (Colmer *et al.*, 2006 ؛ Jamil *et al*., 2011).

همانطور که اشاره شد عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با نسبت پتاسیم به سدیم و همبستگی منفی و معنی‌داری با میزان یون سدیم داشت که این موضوع دلالت بر همخوانی نتایج این آزمایش با گزارشات فوق و به عبارتی وجود سازوکار معیار تبعیض در ژنوتیپ‌های گندم مورد مطالعه و ظرفیت این ژنوتیپ‌ها برای بالا نگه داشتن نسبت پتاسیم به سدیم است. بر اساس گزارش قلی زاده و همکاران (Gholizadeh *et al.*, 2014)، در شرایط تنش شوری همبستگی محتوای کلروفیل برگ با عملکرد دانه مثبت بود و گزینش ژنوتیپ‌های با محتوای کلروفیل زیاد در شرایط تنش شوری می‌تواند منجر به گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا شود.

نتایج همبستگی در شرایط بدون تنش نیز نشان داد که عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات و وزن هزار دانه مثبت و غیر معنی‌دار و با دمای پوشش

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.6.4]

گیاهی و محتوای سدیم منفی و غیرمعنی‌دار بود (نتایج همبستگی شرایط بدون تنش ارائه نشده است). اکبرپور و همکاران (Akbarpour *et al.*, 2015) نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با زیست توده و شاخص برداشت در شرایط عدم تنش و تنش شوری گزارش کردند.

برای ارزیابی دقیق‌تر اثر صفات و تعیین صفات تاثیر گذار بر عملکرد دانه، از روش رگرسیون گام به گام استفاده شد. نتایج رگرسیون عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته با سایر صفات به عنوان متغیرهای مستقل در شرایط تنش شوری در جدول ۶ نشان داده شده است. به منظور تحلیل بهتر مدل، ضرایب رگرسیون استاندارد شده در مدل قرار داده شد. بر اساس مقادیر این ضرایب می‌توان استنباط کرد که کدام صفت اثر بیشتری در توجیه تغییرات عملکرد دارد. در شرایط تنش شوری، از میان ۲۰ متغیر مستقل تحت بررسی، شش متغیر مستقل عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، طول سنبله، نسبت پتاسیم به سدیم، میزان یون سدیم و عرض برگ پرچم، مهم‌ترین صفات تأثیرگذار بر تغییرات عملکرد دانه شناخته شدند. نتایج مربوط به شرایط تنش نشان داد که عملکرد بیولوژیک به تنهایی۵۴ درصد و همراه با صفات طول سنبله، نسبت پتاسیم به سدیم، میزان یون سدیم و عرض برگ پرچم در مجموع حدود ۹۸ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند (جدول ۶). در مرحله بعد تجزیه رگرسیونی برای عملکرد دانه با حذف عملکرد بیولوژیک از متغیرهای مستقل انجام شد. نتایج نشان دادکه صفات نسبت پتاسیم به سدیم، شاخص برداشت، وزن هزار دانه، طول برگ پرچم و تعداد دانه در سنبله وارد مدل شده و درکل حدود ۸۳/۵ درصد (۸۳/۵ درصد= R^2 تصحیح شده) واریانس عملکرد دانه را توجیه نمودند. در مرحله آخر با حذف صفات عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت از متغیرهای مستقل، تجزیه رگرسیونی برای عملکرد دانه در شرایط تنش شوری انجام شد. نتایج نشان داد که نسبت پتاسیم به سدیم اولین صفتی بود که وارد معادله رگرسیونی شد و به تنهایی ۴۹ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه نمود. بعد از آن محتوای کلروفیل ($SPAD_2$) وارد معادله شد که در کل این دو صفت وارد شده در مدل، حدود ۵۹ درصد (۵۸/۹ درصد=R^2 تصحیح شده) از تغییرات عملکرد را توجیه کردند. نتایج تجزیه رگرسیونی با نتایج همبستگی مطابقت داشت، بطوریکه صفات عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، نسبت پتاسیم به سدیم، محتوای کلروفیل، طول برگ پرچم، طول سنبله، میزان یون سدیم و وزن هزار دانه که در تجزیه رگرسیونی با ضرایب معنی‌دار وارد مدل شدند، دارای همبستگی معنی‌داری با عملکرد دانه نیز بودند (جدول‌های ۵ و ۶). نتایج تجزیهٔ رگرسیون گام به گام در شرایط بدون تنش نیز نشان داد که عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و تعداد دانه در سنبله وارد معادله شدند که در کل ۹۸ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کردند (جدول ۷). این نتایج نشان دهنده وجود رابطهٔ قوی بین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و تعداد دانه در سنبله در شرایط بدون تنش است. قادری و همکاران (Ghaderi *et al.*, 2010) نیز در آزمایش خود در خصوص شاخص برداشت، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند.

برای انجام تجزیه به عامل‌ها در هر دو شرایط مقدار عددی KMO و آزمون اسفریسیتی برای بررسی کفایت مدل تجزیه محاسبه گردید. در شرایط بدون تنش مقدارKMO (KMO=0.167) نشان دهنده ناکافی بودن همبستگی متغیرهای اولیه و عدم کفایت مدل تجزیه به عامل‌ها بود و برای این شرایط تجزیه به عامل‌ها انجام نگرفت (Cattell, 1965). در شرایط تنش شوری مقدار عددی KMO (KMO=0.5) و نیز معنی‌دار بودن آزمون اسفریسیتی بارتلت (χ^2= ۵۶۴/۲۱** و d.f= ۲۱۰) بیانگرکفایت مدل تجزیه به عامل‌ها بود بنابراین در شرایط تنش شوری ۲۱ صفت اندازه‌گیری شده، برای

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.6.4]

جدول ۵- ضرایب همبستگی ساده بین صفات گیاهی ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط تنش شوری (درجه آزادی=۲۳)

Table 5. Simple correlation coefficients between plant characteristics of wheat genotypes in salinity stress condition (d.f=23)

Plant characteristics	BY	HI	Nssp	Tkw	PLH	DMA	DHE	LPed	LPen	Spad1	Spad2	LFL	WFL	FLA	CT	L.Sp.	Na^+	K^+	K^+/Na^+	RWC	YLD_N
Yld_S	0.75**	0.61**	0.05ns	0.46*	0.36ns	0.35ns	0.18ns	0.52**	0.29ns	0.50**	0.68**	0.49**	-0.17ns	0.20ns	-0.19ns	0.58**	-0.59**	0.38ns	0.72**	0.62**	0.75**
By	1	-0.03ns	-0.02ns	0.58**	0.63**	0.49**	0.22ns	0.68**	0.28ns	0.51**	0.59**	0.56**	0.15ns	0.41*	-0.35ns	0.36ns	-.52**	0.17ns	0.54**	0.19ns	0.32ns
HI		1	0.13ns	-0.05ns	-0.15ns	-0.01ns	0.04ns	-0.05ns	0.11ns	0.13ns	0.33ns	0.06ns	-0.37ns	-0.18ns	0.07ns	0.34ns	-0.31ns	0.32ns	0.37ns	0.64**	0.72**
Nssp			1	-0.51**	-0.12ns	0.15ns	0.31ns	-0.35ns	-0.33ns	-0.47*	-0.24ns	-0.003ns	0.04ns	0.04ns	-0.28ns	0.11ns	-0.13ns	-0.13ns	-0.01ns	-0.04ns	0.02ns
Tkw				1	0.28ns	0.1ns	-0.05ns	0.54**	0.34ns	0.63**	0.57**	0.21ns	-0.08ns	0.07ns	-0.01ns	0.26ns	-0.09ns	0.33ns	0.31ns	0.32ns	0.27ns
PLH					1	0.21ns	0.02ns	0.61**	0.48*	0.21ns	0.18ns	0.49**	0.08ns	0.4*	-0.35ns	0.31ns	-0.50**	-0.19ns	0.29ns	0.02ns	0.08ns
DMA						1	0.81**	0.32ns	-0.19ns	0.29ns	0.45*	0.27ns	0.4*	0.42*	-0.22ns	0.12ns	-0.28ns	-0.04ns	0.19ns	-0.03ns	0.01ns
DHE							1	0.08ns	-0.41*	0.26ns	0.43*	0.15ns	0.44*	0.35ns	-0.24ns	0.15ns	-0.22ns	-0.09ns	0.1ns	0.13ns	-0.04ns
L.Ped								1	0.33ns	0.53**	0.56**	0.48*	0.33ns	0.54**	-0.21ns	0.54**	-0.46*	0.2ns	0.51**	0.24ns	0.18ns
L.Pen									1	0.09ns	-0.04ns	0.28ns	-0.28ns	0.03ns	-0.08ns	0.05ns	-0.19ns	-0.11ns	0.21ns	-0.04ns	0.1ns
Spad1										1	0.85**	0.34ns	0.16ns	0.29ns	0.2ns	0.37ns	-0.05ns	0.48*	0.37ns	0.55**	0.28ns
Spad2											1	0.25ns	0.08ns	0.19ns	-0.11ns	0.4*	-0.4*	0.37ns	0.57**	0.66**	0.45*
LFL												1	0.3ns	0.81**	0.14ns	0.48*	-0.16ns	0.42*	0.35ns	0.22ns	0.17ns
WFL													1	0.79**	0.11ns	0.05ns	0.15ns	0.17*	-0.007ns	-0.22ns	-0.36ns
FLA														1	0.12ns	0.37ns	-0.03ns	0.35ns	0.20ns	-0.003ns	-0.12ns
CT															1	-0.05ns	0.79**	0.35ns	-0.38ns	0.000ns	-0.05 ns
L.Sp.																1	-0.32ns	0.47*	0.4*	0.67**	0.51**
Na^+																	1	0.14	-0.75**	-0.35ns	-0.46*
K^+																		1	0.35ns	0.56**	0.31ns
K^+/Na^+																			1	0.54**	0.60**
RWC																				1	0.73**

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

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

روز تا سنبله دهی(DHE:Days to Heading)؛روز تا رسیدگی(DMA:Days to maturity)؛ محتوای کلروفیل(سنبله دهی)(SPAD$_1$:SPAD-heading)؛ محتوای کلروفیل(۱۶ روز بعد از سنبله دهی)(SPAD$_2$:SPAD in 16 days after heading)؛ ارتفاع بوته (PLH:Plant height-cm)؛ طول پدانکل(L.Ped:Length of peduncle-cm)؛ طول پنالتیمیت(L.Pen:Length of penultimate-cm)؛ طول سنبله(L.Sp.:Length of spike-cm)؛ طول برگ پرچم(LFL:Length of flag leaf-cm)؛ عرض برگ پرچم (WFL:Width of flag leaf-cm)؛ سطح برگ پرچم(FLA:Flag leaf area-cm^2)؛ تعداد دانه در سنبله(Nssp:No. seed spike^{-1})؛ وزن هزاردانه(Tkw:1000 kernel weight-g)؛ دمای پوشش گیاهی(CT:Canopy temp.-˚C)؛ سدیم(Na$^+$-%)؛ پتاسیم(K$^+$-%)؛ نسبت پتاسیم به سدیم(K$^+$/Na$^+$)؛ محتوای آب نسبی(RWC-%)؛ عملکرد بیولوژیک (BY:Biological yield-kg.ha^{-1})؛ شاخص برداشت(HI-%)؛ عملکرد دانه در شرایط تنش(Yld$_S$:Grain yield in stress condition-kg.ha^{-1}) عملکرد دانه در شرایط بدون تنش (Yld$_N$:Grain yield in non-stress condition-kg.ha^{-1})

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.6.4]

جدول ۶- نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان با سایر صفات در شرایط تنش شوری

Table 6. Stepwise regression analysis of grain yield with other characteristics of bread wheat genotypes in salinity stress condition

Fixed variabels	متغیر ثابت	ضرایب رگرسیون استاندارد نشده (B)	ضرایب رگرسیون استاندارد شده (Beta)	R^2 تصحیح شده مدل Adjusted R^2	R^2 تصحیح شده جزیی Partial adjusted R^2
Intercept	عرض از مبدا	-4.382	-	-	-
Biological yield	عملکرد بیولوژیک	0.338	0.689 **	0.539	0.539
Harvest index	شاخص برداشت	0.102	0.532 **	0.954	0.415
Length of spike	طول سنبله	0.092	0.114 **	0.964	0.01
K^+/Na^+	نسبت پتاسیم به سدیم	0.043	0.201**	0.971	0.007
Na^+ content	غلظت یون سدیم	2.118	0.132 **	0.975	0.004
Width of flag leaf	عرض برگ پرچم	-0.466	-0.072 *	0.979	0.004

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

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۷- نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان با سایر صفات در شرایط بدون تنش

Table 7. Stepwise regression analysis of grain yield with other characteristics of bread wheat genotypes in normal condition

Fixed variabels	متغیر ثابت	ضرایب رگرسیون استاندارد نشده (B)	ضرایب رگرسیون استاندارد شده (Beta)	R^2 تصحیح شده مدل Adjusted R^2	R^2 تصحیح شده جزیی Partial Adjusted R^2
Intercept	عرض از مبدا	- 8.376		-	-
Biological yield	عملکرد بیولوژیک	0.429	1.184 **	0.207	0.207
Harvest index	شاخص برداشت	0.181	1.104 **	0.969	0.415
No. seed.spike^{-1}	تعداد دانه درسنبله	0.013	0.111 **	0.982	0.01

**: Significant at 1% probability level

**: معنی دار در سطح احتمال یک درصد

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.6.4]

تجزیه به عامل‌ها مورد استفاده قرار گرفتند و پس از تجزیه به عامل‌ها، پنج عامل مشخص شد. این عامل‌ها درمجموع ۸۰/۴۶ درصد از تنوع کل داده‌ها را توجیه کردند (جدول ۸). سهم عامل‌های اول تا پنجم به ترتیب ۳۳/۰۱، ۱۴/۴۸، ۱۳/۰۶، ۱۱/۸۵و ۸/۰۶ درصد برآورد شد. در عامل اول محتوای آب نسبی، شاخص برداشت، عملکرد دانه، نسبت پتاسیم به سدیم، طول سنبله، میزان یون پتاسیم و محتوای کلروفیل ($SPAD_2$) دارای بار عاملی مثبت و بزرگ بوده و مهم‌ترین نقش را در تبیین مؤلفه اول داشتند و آن را می‌توان عامل مؤثر بر عملکرد دانه نامید (جدول ۹). ضرایب بزرگ و مثبت صفات مذکور و عملکرد دانه در عامل اول نشان دهندهٔ ارتباط قوی و مثبت بین این صفات در شرایط تنش شوری است. بنابراین به نظر می‌رسد که گزینش بر اساس افزایش عامل اول، منجر به افزایش عملکرد ژنوتیپ‌ها خواهد شد. عامل دوم که ۱۴/۴۵درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه کرد، دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک و ضرایب منفی و بزرگ برای یون سدیم و دمای پوشش گیاهی بود. این عامل را می‌توان عامل ساختارپوشش گیاهی یا سایه انداز گیاه نامید. درعامل سوم سطح برگ، طول و عرض برگ و طول پدانکل دارای بار عاملی مثبت و بزرگ بوده و چون در این عامل بیشترین بار عاملی مربوط به خصوصیات برگ گیاه بودند، این عامل را می‌توان عامل خصوصیات برگ نامید. در عامل چهارم وزن هزار دانه و محتوای کلروفیل دارای ضرایب بزرگ و مثبت و تعداد دانه در سنبله، با بار عاملی منفی و بزرگ بودند. چون در این عامل اجزای عملکرد بیشترین بار عاملی را داشتند، این عامل را می‌توان عامل اجزای عملکرد نامید. در عامل پنجم تعداد روز تا رسیدگی و تعداد روز تا سنبله‌دهی، با عاملی مثبت و بزرگ و طول پنالتیمت با ضریب منفی قرار گرفتند. نظر به این که در این عامل خصوصیات رسیدگی گیاه بیشترین بار عاملی را به خود اختصاص دادند، عامل پنجم را می‌توان عامل خصوصیات فنولوژیکی گیاه نامید (جدول ۹). صادق قول مقدم و همکاران (Sadegh Ghol Moghadam *et al*., 2011) عملکرد دانه سنبله، بیوماس، شاخص برداشت و تعداد سنبلچه بارور را در عامل اول با عنوان عامل موثر بر عملکرد و تولید محصول نام گذاری کردند. نتایج به دست آمده از تجزیهٔ به عامل‌ها با نتایج بسیاری از محققین همخوانی داشت (Aghaee Sarbarzeh and Sardoie Nasab *et al.,* 2011؛ Azadi *et al.,* 2011؛ Amini, 2013).

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 امکان پذیر می‌سازد

جدول ۸- مقادیر ویژه، درصد نسبی و درصد تجمعی واریانس عامل‌های استخراج شده ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط تنش شوری

Table 8. Eigen value, proportion and cumulative variance of extract factors of bread wheat genotypes in salinity stress condition

عامل Component	مقادیر ویژه Eigen value	درصد واریانس Variance (%)	واریانس تجمعی Cumulative variance (%)
Factor1	6.931	33.01	33.01
Factor2	3.41	14.48	47.49
Factor3	2.743	13.06	60.55
Factor4	2.488	11.85	72.4
Factor5	1.693	8.06	80.46

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.6.4]

(Tadesse and Bekele, 2001). 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 نمی‌گیرند. عامل‌ها از یکدیگر مستقل بوده و هرکدام جنبه‌های متفاوتی از داده‌ها را اندازه‌گیری می‌کنند.

جدول ۹- ماتریس بار عاملی صفات گیاهی ژنوتیپ‌های گندم نان در پنج عامل اصلی حاصل از تجزیه به عامل‌ها در شرایط تنش شوری

Table 9. Component matrix and factor load of plant characteristics of bread wheat genotypes in five factors obtained from factor analysis under salinity stress condition

Component عامل	YLD	BY	HI	Nssp	TKW	PLH	DMA	DHE	L.Ped	L.Pen	$SPAD_1$
Factor1	0.729	0.19	0.823	0.148	0.157	-0.096	-0.019	0.062	0.139	-0.026	0.367
Factor2	0.459	0.59	0.047	0.165	0.136	0.647	0.314	0.174	0.418	0.374	-0.075
Factor3	0.216	0.434	-0.203	0.047	0.08	0.508	0.265	0.129	0.547	0.185	0.202
Factor4	0.283	0.449	-0.139	-0.781	0.842	0.220	0.143	-0.032	0.547	0.277	0.799
Factor5	0.045	0.139	-0.065	0.297	-0.091	-0.199	0.765	0.901	0.012	-0.673	0.245
Component عامل	$SPAD_2$	LFL	WFL	FLA	CT	L.Sp	K^+/Na^+	RWC	Na^+	K^+	
Factor1	0.531	0.281	-0.271	0.006	0.05	0.66	0.577	0.849	-0.343	0.643	
Factor2	0.210	0.097	-0.2	-0.026	-0.849	0.133	0.510	0.015	-0.882	-0.435	
Factor3	0.042	0.858	0.646	0.949	0.163	0.439	0.159	-0.047	0.0003	0.34	
Factor4	0.645	0.09	0.013	0.046	0.145	0.061	0.235	0.226	0.019	0.231	
Factor5	0.435	-0.058	0.505	0.257	0.167	0.005	0.026	0.059	-0.088	-0.008	

Extraction Method: Principal Component Analysis

روز تا سنبله دهی(DHE:Days to Heading)؛روز تا رسیدگی(DMA:Days to maturity)؛ محتوای کلروفیل(سنبله دهی)(SPAD$_1$:SPAD-heading)؛ محتوای کلروفیل(۱۶ روز بعد از سنبله دهی)(SPAD$_2$:SPAD in 16 days after heading)؛ ارتفاع بوته (PLH:Plant height-cm)؛ طول پدانکل(L.Ped:Length of peduncle-cm)؛ طول پنالتیمت(L.Pen:Length of penultimate-cm)؛ طول سنبله(L.Sp.:Length of spike-cm)؛ طول برگ پرچم(LFL:Length of flag leaf-cm)؛ عرض برگ پرچم (WFL:Width of flag leaf-cm)؛ سطح برگ پرچم(FLA:Flag leaf area-cm^2)؛ تعداد دانه در سنبله(Nssp:No. seed spike^{-1})؛ وزن هزاردانه(Tkw:1000 kernel weight-g)؛ دمای پوشش گیاهی(CT:Canopy temp.-°C)؛ سدیم(Na^+-%)؛ پتاسیم(K^+-%)؛ نسبت پتاسیم به سدیم(K^+/Na^+)؛ محتوای آب نسبی(RWC-%)؛ عملکرد بیولوژیک (BY:Biological yield-kg.ha^{-1})؛ شاخص برداشت (HI-%)؛ عملکرد دانه (YLD:Grain yield-kg.ha^{-1})

با توجه به اهمیت هرکدام از این عوامل که به صورت درصد تغییرات داده‌ها بیان می‌شود، توجه به نژادگران به ویژگی‌هایی که در حوزه عامل اول قرار دارند تاثیر جدی‌تری بر افزایش عملکرد گیاه خواهد داشت، زیرا ضرایب بزرگ و مثبت صفات جای گرفته در عامل اول نشان دهندهٔ ارتباط قوی و مثبت بین آنها در شرایط تنش شوری بوده و حاکی از آنست که گزینش بر اساس افزایش عامل اول، منجر به افزایش عملکرد در ژنوتیپ ها خواهد شد. نتایج ضرایب همبستگی، نیز موید نتایج تجزیه به عامل‌ها است (جدول ۵). گزینش بر اساس عملکرد به دلیل وراثت پذیری پائین آن، مخصوصاً در شرایط تنش، ناکافی است، بنابر این می‌توان صفاتی را که دارای همبستگی بالا با عملکرد دانه در شرایط تنش شوری هستند، در برنامه‌های به نژادی در اولویت قرار داد. در این تحقیق ژنوتیپ‌های ۱۳ ، ۲۰ ، ۲۱ ، ۲۲ ، ۲۳ ، ۲۴ و ۲۵ دارای بیشترین عملکرد دانه بوده و از نظر عملکرد و سایر صفات مرتبط (عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت بالا، محتوای آب نسبی و میزان کلرفیل و نسبت پتاسیم به سدیم بالا و محتوای کمتر سدیم و تحمل به شوری) نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها و شاهدها (افق، ارگ، بم و سیستان) برتر بوده و به عنوان ژنوتیپ‌های مناسب برای مناطق شور قابل توصیه هستند. ژنوتیپ‌های ۲۴ و ۲۵ از دورگ‌های کارچیا (رقم متحمل به شوری با

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.6.4]

منشاء هندوستان) با رقم پیشتاز می باشند. در شجره ژنوتیپ‌های ۱۳، ۲۰ و ۲۱، لاین ۲۲-۶۶-۱ (لاین متحمل به شوری با منشاء ایران) وجود دارد. ژنوتیپ ۲۳ نیز در شجره خود ژنوتیپ Sakha8 (رقم متحمل به شوری با منشاء مصر) دارد. نتایج کلی تحقیق حاضر نشان داد که افزایش در صفات عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، نسبت پتاسیم به سدیم، طول سنبله، محتوای کلروفیل، محتوای آب نسبی و اجزای عملکرد به ویژه وزن هزار دانه و کاهش میزان یون سدیم، بهبود ژنتیکی پتانسیل عملکرد دانه را در پی داشته و می‌توانند برای افزایش عملکرد در شرایط تنش شوری در ژنوتیپ‌های گندم نان استفاده شوند.

References منابع مورد استفاده

Aghaee Sarbarzeh, M. and A. Amini. 2013. Evaluation of agronomic characteristics of synthetic wheat genotypes. Seed Plant Improv. J. 29-1(4): 25-44. (In Persian with English abstract).

Aghaee Sarbarzeh, M. and A. Amini. 2011. Genetic variability for agronomic traits in bread wheat genotype collection of Iran. Seed Plant Improv. J. 27-1(4): 581-599. (In Persian with English abstract).

Akbarpour, O. A., H. Dehghani, M. J. Rousta and A. Amini. 2015. Evaluation of some properties of Iranian wheat genotypes in normal and salt-stressed conditions using Restricted Maximum Likelihood (REML). Iran. J. Crop Res. 46(1): 57-69. (In Persian with English abstract).

Anonymous. 2002. International Cooperation Highlands Regional Program. Available on: URL:http//www.icarda.cgiar.org.

Azadi, A., E. Majidi Hervan, S. A. Mohammadi, F. Moradi, B. Nakhoda, M. Vahabzadeh and M. Mardi . 2011. Screening of recombinant inbred lines for salinity tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) Afric. J. Biotechnol. Vol. 10(60): 12875-12881.

Canama, T., X. Li, J. Holowachukb, M. Yu, J. Xia, R. Mandal, R. Krishnamurthy, S. Bouatra, I. Sinelnikov, B. Yu, L. Grenkow, D. S. Wishart, H. Steppuhn, K. C. Falk, T. J. Dumonceaux and M. Y. Gruber. 2013. Differential metabolite profiles and salinity tolerance between two genetically related brown-seeded and yellow-seeded *Brassica carinata* lines. Plant Sci. 198: 17-26.

Cattell, R. B. 1965. A biometrics invited paper.Factor analysis: an introduction to essentials. 1. The purpose and underlying models. Biometrics, 21: 190-215.

Cheraghi, S. A., M. Y. Hashemi Nejhad and M. H. Rahimian. 2009. An Overview of the Salinity Problem in Iran: Assessment and Monitoring Technology. In: Advances in the assessment and monitoring of salinization and status of biosaline agriculture Reports of expert consultation held in Dubai, United Arab Emirates, 26–29 November 2007. World Soil Resources Reports No. 104. FAO, Rome, Italy.

Colmer, T. D., T. J. Flowers and R. Munns .2006. Use of wild relatives to improve salt tolerance in wheat. J. Exp. Bot. 57: 1059-1078.

Dixit, P. N. and C. Deli. 2010. Impact of spatially variable soil salinity on crop physiological properties, soil water content and yield of wheat in a semi arid environment. Aust. J. Agric. Engin. 1, 93-100.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.6.4]

El-Hendawy, S. E., Y. Ruan, Y. Hu and U. Schmidhalter . 2009. A comparison of screening criteria for salt tolerance in wheat under field and controlled environmental conditions. J. Agron. Crop Sci. 195, 356-367.

Farhoudi, R. 2014. Investigation the salinity tension effect on growth and physiological characteristics of nine wheat cultivars at vegetative growth stage. Crop Physiol. J. 5(20): 71-86. (In Persian with English abstract).

Ghaderi, M. G., H. Zeinali Khanghah, A. H. Hosseinzadeh, AR. Taleei and MR. Naghavi . 2010. Evaluation of relationships between grain yield, yield components and the other characteristics associated with grain yield in bread wheat using multivariate statistical analysis. Iran. J. Crops Res. 7, 572-582. (In Persian with English abstract).

Gholizadeh , A., H. Dehghani and J. Dorak. 2014. Interrelationships between chlorophyll content and seed yield in bread wheat under saline conditions. Iran. J. Crops Res. 45(4): 625-638. (In Persian with English abstract).

Jamil, A., S. Riaz, M. Ashraf and M .R. Foolad. 2011. Gene expression profiling of plants under salt stress. Critical Rev. Plant Sci. 30, 435-458.

Johnson, R. C., R. E.Witters and D. M. Sanches.1992. Daily pattern of apparent photosynthesis and evapotranspiration in developing winter wheat. Agron. J. 73: 414-418.

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

Okcu, G., M. D. Kaya and M. Atak. 2005. Effect of salt and drought stress on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum*). Turk. J. Agric. 29: 137-243.

Pessarakli, M. and I. Szabolcs. 2011. Soil Salinity and Sodicity as Particular Plant/Crop Stress Factors. In: M. Pessarakli (Ed.), Handbook of Plant and Crop Stress. (3rd Ed.), Revised and Expanded. Taylor and Francis, Florida, USA.

Pessarakli, M. 2010. Handbook of Plant and Crop Stress (3rd Ed.). CRC Press.

Rawson. H. M., R. A. Richards and R. Munns. 1988. An examination of selection criteria for salt-tolerance in wheat, barley and triticale genotypes. Aust. J. Agric. Res. 39: 759-772.

Ritchi, S. W., H. T. Naguyen and A. S. Holiday. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Sci. 30: 105-111.

Sadat Noori, S. A., A. Roustaei and B. Foghi. 2006. Variability of salt tolerance for eleven traits bread wheat in different saline conditions. Agron. J. 5(1): 131-136.

Sadegh Ghol Moghadam, R., M. Khodarahmi and G. Ahmadi. 2011. Study of genetic diversity and factor analysis for grain yield and other morphological traits under drought stress condition. Agron. Plant Breed. 7(1): 133-147.

Salehi, M., M. Kalateh Arabi and S. A. Mosavat. 2014. Evaluation of genetic variation in spring bread wheat

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.6.4]

genotypes to salinity in the north of golestan province. Seed Plant Improv. J. 30-1(2): 25-44. (In Persian with English abstract)

Salehi, M. and A. Arzani. 2012. Effect of salinity stress on morpho-physiological traits of triticale lines**.** Iran. J. Crop Sci. 13(4): 697-711**. (**In Persian with English abstract**).**

Sardoie Nasab, S., Gh. Mohammadinezhad, A. Zebarjadi, B. Nakhoda, A. Amini and I. Majidi Hervan. 2013. Response of bread wheat lines to salinity stress. Seed Plant Improv. J. 29-1(1): 81-102. (In Persian with English abstract).

Smith, R. C. G., H. D. Barrs and J. L. Steiner. 1986. Alternative models for predicting the foliage-air temperature difference of well irrigated wheat under variable meteorological conditions. Irrig. Sci. 7: 225-236.

Stephan, H. and K. G. Wall. 1997. Grain yield from spring sown Canadian wheat's in saline rooting media. Can. J. Plant Sci. 77: 63-68.

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

Winter, S. R., J. T. Musick and K. B. Porter. 1988. Evaluation of screening techniques for breeding drought–resistance winter wheat. Crop Sci. 28: 512 – 516.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.6.4]

Evaluation of relationship between physiological and agronomic traits related to salinity tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes

Amini, A.,[1] R. Amirnia[2] and H. Gazvini[3]

ABSTRACT

Amini, A., R. Amirnia and H. Gazvini. 2016. Evaluation of relationship between physiological and agronomic traits related to salinity tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes**. Iranian Journal of Crop Sciences. 17(4): 329- 348. (In Persian).**

Effects of salinity on morpho-physiological traits of twenty-five hexaploid wheat genotypes (landraces, commercial cultivars, promising breeding lines, and Arg, Bam, Ofogh and Sistan as checks), were studied. Bread wheat genotypes were evaluated in randomized complete block design with three replications in each of the environmental conditions (saline and non-saline conditions) at the research filed station of Birjand, Iran in 2012-2014 cropping seasons. Combined analysis variance revealed significant differences among grnotypes for the studied traits. In saline condition, the maximum grain yield (5517, 5322, 5317 $kg.ha^{-1}$) obtained in genotypes No. 25, 22 and 20, respectively and in non saline condition the maximum grain yield (7869, 7728 and 7706 $kg.ha^{-1}$) obtained in genotypes No. 1 (Sistan), 20 an 25, respectively. Results showed salinity led to decreased K^+/Na^+ ratio of flag leaf, grain yield, biological yield, flag leaf area, length of penultimate, length of peduncle, plant height and increased Na^+ content of flag leaf and canopy temperature as compared with non-stress condintion. In saline condition, grain yield was significantly and positively correlated with grain yield in non-stress, biological yield (BY), K^+/Na^+ ratio, chlorophyll content (SPAD), relative water content (RWC), harvest index (HI), length of spike, length of peduncle, thousand grain weight (TGW), while it was negatively correlated with Na^+ content of flag leaf. Stepwise regression analysis in saline condition showed BY, HI, K^+/Na^+ ratio, Na^+ content of flag leaf, length of spike and width of flag leaf justified the majority of grain yield variation and can be used for indirect selection of grain yield. Factors analysis identified five factors which explained 80.46% of the total variation. On the basis of these results, it is concluded that criteria such as BY, HI, K^+/Na^+ ratio, Na^+ content of flag leaf, length of spike, chlorophyll content, RWC and TGW could be considered as effective criteria for selecting to improve grain yield in the national wheat breeding programs for tolerance to salinity stress. Genotypes No. 25, 22, 20, 21, 24, 13 and 23 were determined as more tolerant genotypes even more than check cultivars. These genotypes have salt tolerant parents shuch as: Karchia, Sakha8 and 1-66-22 in their pedigrees.

Keywords: Bread wheatand, Factor analysis, K^+/Na^+ ratio, Relative water content and Salinity stress.

Received: November, 2015 Accepted: Feberuary, 2016

1. PhD Student, Urmia University, Urmia, Iran
2. Associate Prof., Urmia University, Urmia, Iran (Corresponding author) (Email: r.amirnia@urmia.ac.ir)
3. Associate Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.6.4]