

## مقایسه عملکرد، غلظت سدیم و پتاسیم و بررسی شاخص های تنش در ارقام و لاین های امیدبخش گندم تحت تنش شوری

محمدحسین صابری<sup>۱</sup>، الیاس آرزمجو<sup>۲\*</sup>، اشکبوس امینی<sup>۳</sup>

۱. و ۲. به ترتیب عضو هیئت علمی و دکتری زراعت، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان

خراسان جنوبی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بیرجند، ایران

۳. عضو هیئت علمی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۲/۰۴

### چکیده

تنش شوری در بسیاری از نقاط جهان خطری جدی برای رشد گیاهان و تولید محصولات زراعی به شمار می رود. به منظور بررسی اثر تنش شوری بر عملکرد، اجزای عملکرد، صفات مورفولوژیک، جذب عناصر غذایی سدیم و پتاسیم و همچنین شاخص های تحمل و حساسیت به تنش در هشت رقم و لاین امیدبخش گندم، دو آزمایش مجزا در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط تنش و نرمال در مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان جنوبی طی سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ به اجرا درآمد. در این آزمایش تعداد چهار لاین امیدبخش MS-88-8، MS-88-16، MS-88-17 و MS-87-8 همراه با چهار رقم متحمل به شوری افق، ارگ، بم و کوبر مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که شوری موجب کاهش معنی دار تمامی صفات مورفولوژیک گردید و در این میان بیشترین تأثیر را بر ارتفاع بوته داشت. شوری بر تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، سدیم، پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی اثر معنی داری نداشت. زیست توده و عملکرد دانه در شرایط تنش، به ترتیب ۳۸/۲ و ۴۴/۵ درصد نسبت به شرایط نرمال کاهش نشان دادند. لاین MS-87-8 و رقم افق به ترتیب با عملکرد دانه ۴/۰۲ و ۳/۷۲ تن در هکتار از بقیه شاهد ها برتر و در سطح شاهد ارگ بودند. بهترین شاخص ها نیز برای گزینش ارقام متحمل به شوری، شاخص های STI، HARM و GMP بودند که بر اساس آن ها، رقم ارگ و پس از آن لاین MS-87-8 متحمل شناسایی شدند.

کلمات کلیدی: پراکنش سه بعدی، سطح برگ پرچم، شاخص برداشت، غلظت عناصر غذایی

### مقدمه

با این مشکل، شناسایی و انتخاب ارقام متحمل برای کشت در مناطق شور بسیار ضروری به نظر می رسد (Amirani et al., 2016)؛ بنابراین توسعه تحمل به تنش شوری یکی از مهم ترین راهبردها برای افزایش عملکرد در محیط های شور است. به اعتقاد اشرف و همکاران (Ashraf et al., 2008) تحمل به تنش شوری یک مسئله بسیار پیچیده است و در دو سطح کل گیاه و سطح یاخته، گیاه را با فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی در مراحل مختلف رشد و نمو درگیر می نماید. شوری باعث افزایش جذب یون های سدیم و کلر شده و میزان جذب یون های منیزیم، کلسیم و پتاسیم را کاهش می دهد و

گندم مهم ترین گیاه زراعی است که حدود ۲۰ درصد از اراضی جهان به کشت آن اختصاص دارد و بر اساس گزارش سازمان خواربار و کشاورزی جهانی ملل متحد، سطح زیر کشت گندم در دنیا بیش از ۲۱۵ میلیون هکتار و تولید آن بالغ بر ۶۷۵ میلیون تن است (FAO, 2010). شوری در بسیاری از مناطق دنیا به ویژه مناطق خشک و نیمه خشک، یکی از موانع اصلی تولید محصولات زراعی است و اراضی شور دنیا در اثر فعالیت های بی رویه کشاورزی پیوسته در حال گسترش هستند (Canama et al., 2013)؛ بنابراین، امکان تولید بالقوه محصولات کشاورزی در این شرایط وجود ندارد. برای مقابله

مطالعه رنجبر و روستا (Ranjbar and Rosta, 2010) شاخص STI می‌تواند به‌عنوان یک شاخص مؤثر در گزینش ژنوتیپ‌های گندم در شرایط شور مدنظر قرار گیرد. حاجی‌زاده و همکاران (Hajizad et al., 2011) در گزارش خود در ارزیابی تحمل به شوری در ۲۰ ژنوتیپ گندم نان، شاخص‌های STI، MP، GMP و HARM را به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها جهت تعیین میزان تحمل به شوری شناسایی نمودند. اسدی و همکاران (Asadi et al., 2012) نیز ۳۲۴ لاین گندم را در شرایط تنش و بدون تنش مطالعه و ضمن بررسی شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش، شاخص‌های STI و GMP را به‌عنوان مهم‌ترین شاخص‌های تحمل به شوری جهت شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل در گندم نان معرفی کردند.

با توجه به اهمیت بارز گندم در تغذیه انسان که همه‌ساله تقاضای جهانی برای تولید آن افزایش پیدا می‌کند و محدودیت منابع تولید، لزوم شناسایی ارقام و لاین‌های متحمل ضروری است. هدف از این تحقیق، تعیین صفات مؤثر در عملکرد دانه، بهترین شاخص‌ها برای گزینش ارقام متحمل و معرفی بهترین لاین یا لاین‌ها در مقایسه با ارقام شاهد در شرایط تنش شوری بوده است.

#### مواد و روش‌ها

در این آزمایش تعداد چهار لاین امیدبخش MS-88-8، MS-88-16، MS-88-17 و MS-87-8 (حاصل از آزمایش‌های به‌نژادی مقدماتی و پیشرفته گندم آبی در اقلیم معتدل) همراه با ارقام متحمل به شوری افق، ارگ، بم و کویر مورد بررسی قرار گرفتند. مشخصات ارقام و لاین‌های مورد استفاده در جدول ۱ ارائه شده است. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در دو مزرعه امیرآباد (شرایط تنش) با هدایت الکتریکی آب آبیاری ۸/۹۳ دسی‌زیمنس بر متر و مزرعه محمدیه (شرایط نرمال) با هدایت الکتریکی آب آبیاری ۳/۴۹ دسی‌زیمنس بر متر اجرا گردید. زمین انتخابی برای هر دو محل آزمایش در سال قبل آیش بود. نتایج تجزیه خاک محل‌های اجرای آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است.

کاشت با دستگاه خطی کار مخصوص آزمایش‌های غلات در ۱۲ ردیف به فاصله ۲۰ سانتی‌متر و به طول ۶ متر انجام شد. میزان بذر بر اساس ۵۰۰ دانه در مترمربع و وزن هزار دانه محاسبه گردید. کود مورد نیاز بر اساس نتایج آزمون خاک در شرایط تنش و قبل از کاشت به میزان ۱۰۰ کیلوگرم اوره،

در نتیجه تعادل یونی درون بافت گیاه به هم می‌خورد (Rontein et al., 2002). هوشمند و همکاران (Houshmand et al., 2005) اصلاح نباتات را راه حل مناسبی برای کاهش اثرات تنش شوری می‌دانند زیرا می‌توان از طریق اصلاح ارقامی که قادر به رشد و تولید اقتصادی در شرایط شوری متوسط هستند، بر اثرات سوء تنش شوری فائق آمد. تنوع بالایی 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 اصلاح‌شده‌ای که قادر به تولید عملکرد بیشتر در شرایط متنوع زراعی و انواع تنش‌های محیطی از جمله شوری باشند، افزایش می‌یابد (Gencet al., 2007).

شاخص‌های متفاوتی برای بررسی پایداری ارقام و ژنوتیپ‌ها در شرایط مختلف تنش وجود دارد. روزیلی و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1987) شاخص تحمل (TOL) و میانگین بهره‌وری (MP) را معرفی نمودند؛ مقدار بالای TOL نشانه حساسیت ژنوتیپ به تنش بوده و انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس مقادیر کم TOL صورت می‌گیرد. شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) بر خلاف MP به مقادیر نسبتاً زیاد عملکرد در دو شرایط تنش و نرمال حساسیت ندارد و در مقایسه با MP دارای اثر آریبی به سمت بالا نیست (Fernandez, 1992). فیشر و مائورر (Fischer and Maurer, 1978) شاخص حساسیت به خشکی (SSI) را ارائه نمودند که مستقل از اثر پتانسیل عملکرد است؛ هر چه شاخص حساسیت به خشکی (SSI) یک رقم کمتر باشد، مقاومت آن به تنش بیشتر است. فرناندز (Fernandez, 1992) شاخص تحمل به تنش (STI) را ارائه نمود که موجب انتخاب ارقام متحمل با عملکرد بالا می‌شود و هرچه مقدار آن زیاد باشد، تحمل بیشتر رقم را نسبت به تنش نشان می‌دهد. میانگین هارمونیک (HARM) نیز توسط فرناندز (Fernandez, 1992) ارائه گردیده است. گودرزی و پاک‌نیت (Goudarzi and Pakniyat, 2008) گزارش کردند که عملکرد دانه در گندم به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم تحمل به تنش شوری مورد استفاده قرار می‌گیرد. سی‌وسه-مرده و همکاران (Sio-se Mardeh et al., 2006) گزارش دادند که ارقام دارای YSI بالاتر، حداقل عملکرد را در شرایط غیر تنش و بالاترین عملکرد را در شرایط تنش دارند. بر اساس

جدول ۱. شجره و مشخصات ارقام و لاین‌های گندم مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Pedigrees and characteristics of bread wheat cultivars and lines of experiment

شماره No.	لاین و رقم Line and Cultivar	شجره Pedigree
1	MS-88-8	1-66-22/passarinho/3/Vee/Nac//1-66-22
2	MS-88-16	Alborz/5/K62909/4/Cno//K58/To b/3/Wa/5/Chen...
3	MS-88-17	Kauz*2/Opata//Kauz/3/Sakha8/4/Kauz/Srkhtn
4	MS-87-8	1-66-22-3/Alvd//Aldan/Las

۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات‌تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به خاک اضافه شد و دو مرحله کود سرک اوره هر یک به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در تاریخ‌های ۹۱/۱/۲۵ و ۹۱/۲/۱۰ به خاک اضافه گردید. میزان کود در شرایط نرمال قبل از کاشت به میزان ۱۰۰ کیلوگرم اوره، ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات‌تریپل و ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و دو نوبت کود سرک در تاریخ‌های ۹۰/۱۲/۲۵ و ۹۱/۱/۹ هر یک به میزان ۱۰۰ کیلوگرم استفاده گردید. وجین در دو نوبت به صورت دستی و در مراحل ساقه‌روی و سنبله‌دهی انجام شد.

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل‌های اجرای آزمایش

Table 2. Physico-chemical traits of soil at experiment sites

Experiment condition	شرایط آزمایش	شن (%) Sand	سیلت (%) Silt	رس (%) Clay	بافت خاک Soil Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (ds.m <sup>-1</sup> )
Stress (Amirabad)	تنش (امیرآباد)	60.9	18	21.1	لومی‌رسی‌شنی	8.2	13.69
Normal (Mohammadie)	نرمال (محمدیه)	38	42	20	لومی	8	4.79

جدول ۳. شاخص‌های تنش مورد استفاده در آزمایش

Table 3. Stress indices used in the experiment

Index name	عنوان شاخص	اختصار Abbr.	معادله Equation	منبع Reference
Stress Index	شاخص تنش	SI	$1 - (Ys / Yp)$	Fischer and Maurer, 1978
Stress Susceptibility Index	شاخص حساسیت به تنش	SSI	$(1 - (Ysi / Ypi)) / SI$	Fischer and Maurer, 1978)
Tolerance index	شاخص تحمل	TOL	$Ypi - Ysi$	Rosielle and Hamblin, 1984
Stress Tolerance index	شاخص تحمل به تنش	STI	$(Ypi \times Ysi) / (Yp)^2$	Fernandez, 1992
Mean Productivity	میانگین بهره‌وری	MP	$(Ypi + Ysi) / 2$	Rosielle and Hamblin, 1984
Geometric Mean Productivity	میانگین هندسی بهره‌وری	GMP	$(Ypi \times Ysi)^{0.5}$	Fernandez, 1992
Harmonic Mean	میانگین هارمونیک	HM	$(2 \times (Ypi \times Ysi)) / (Ypi + Ysi)$	Fernandez, 1992

کل کرت با رعایت اثر حاشیه برداشت و پس از خشک شدن توزین گردید و سپس بوجاری و عملکرد دانه آن به دست آمد و شاخص برداشت محاسبه گردید. غلظت سدیم و پتاسیم کل اندام هوایی با استفاده از دستگاه فلیومتومتر اندازه‌گیری شده و نسبت‌های سدیم به پتاسیم کل اندام هوایی محاسبه گردید. شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش نیز مطابق جدول ۳ محاسبه شدند. در جدول مذکور،  $Yp$  و  $Ys$  به ترتیب میانگین عملکرد کلیه ارقام و لاین‌ها در شرایط تنش و نرمال و  $Ypi$

قبل از برداشت، تعداد ۵ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و ارتفاع گیاه، طول سنبله، طول پدانکل، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله و وزن هزار دانه بر روی آن‌ها اندازه‌گیری شد و برای محاسبه سطح برگ پرچم در زمان ظهور سنبله از فرمول مقابل استفاده گردید (Farouk, 2011):

$$FLA^1 = L \times W \times 0.7 \quad [1]$$

که در آن،  $FLA$  = سطح برگ پرچم،  $L$  = طول برگ پرچم و  $W$  = عرض برگ پرچم می‌باشند. برای اندازه‌گیری زیست‌توده،

<sup>1</sup> Flag leaf area

۲۰/۵ سانتی‌مترمربع، بالاتر از سایر لاین‌ها و در سطح ارقام ارگ و کویر بودند (جدول ۵). طول پدانکل در لاین MS-87-8 با ۳۳/۴ سانتی‌متر بیشتر از سایر لاین‌ها و در سطح شاهد ارگ بود. بیشترین و کمترین ارتفاع بوته نیز به ترتیب با میانگین‌های ۷۸ و ۶۷/۳ سانتی‌متر مربوط به لاین‌های MS-87-8 و MS-88-17 بود (جدول ۵). از آنجائی که ارقام جدید به حداکثر شاخص برداشت خود نزدیک شده‌اند، بنابراین برای افزایش عملکرد بالقوه باید میزان ماده خشک تولیدی را افزایش داد؛ با انتخاب بوته‌های با ارتفاع در حد مطلوب که موجب توزیع بهتر نور در داخل کانوپی می‌شود، می‌توان به ماده خشک بیشتری رسید (Kafi et al., 2005). در این آزمایش بین سطح برگ پرچم، طول سنبله، طول پدانکل و ارتفاع بوته با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح یک درصد (با  $r$  به ترتیب ۰/۵، ۰/۵۲، ۰/۷۰ و ۰/۸۸) وجود داشت (جدول ۶). وجود ذخایر بیشتر اسیمیلات‌ها در ساقه ژنوتیپ‌های پابلند و مصرف آن‌ها در دوران پر شدن دانه در شرایط تنش مؤثر است. نقدی‌پور و همکاران (Naghdipor et al., 2011) و لایلا و الخطیب (Leilah and Al-Khateeb, 2005) در بررسی روابط صفات گندم، بین عملکرد دانه با ارتفاع بوته تحت تنش خشکی همبستگی مثبت و معنی‌داری گزارش نمودند.

#### اجزای عملکرد دانه

نتایج نشان داد که شوری بر تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه اثر معنی‌داری نداشت؛ تفاوت بین ارقام و لاین‌های مورد بررسی به لحاظ تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه معنی‌دار بود؛ برهمکنش رقم در شوری نیز بر هیچ‌یک از این صفات معنی‌دار نبود (جدول ۴). با اینکه اثر شوری بر اجزای عملکرد غیر معنی‌دار بود اما نتایج نشان داد وزن هزار دانه در شرایط نرمال (۳۹/۳ گرم) بیشتر از شرایط تنش (۳۵/۱ گرم) بود (جدول ۵). کاهش وزن هزار دانه ممکن است به یکی از دو دلیل کاهش در میزان مواد فتوسنتزی واردشده به سنبله‌ها به دلیل اختصاص بخشی از مواد فتوسنتزی تولیدشده برای تعدیل فشار اسمزی موردنیاز گیاه، کاهش شدت فتوسنتز، کاهش شدت رشد در اثر افزایش پتانسیل اسمزی و یا کاهش طول دوره پر شدن دانه‌ها باشد. سایر محققین نیز گزارش کرده‌اند که شوری باعث کاهش تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه می‌شود (Colmer et al., 2006; El-Hendawy et al., 2011; Dura et al., 2005).

Ysi نیز میانگین عملکرد هر یک از آن‌ها در این دو شرایط است. پس از تعیین عملکرد دانه در هر دو شرایط، شاخص‌های MP، GMP، TOL، HARM، STI و SSI محاسبه شدند و با استفاده از نرم‌افزار SAS، همبستگی بین آن‌ها با عملکرد دانه بررسی و با استفاده از نرم‌افزار STATISTICA، نمودار پراکنش سه‌بعدی هر یک از ارقام و لاین‌ها ترسیم گردید. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها (بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد) با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد.

#### نتایج و بحث

##### صفات مورفولوژیک

شوری اثر معنی‌داری بر سطح برگ پرچم، طول سنبله، طول پدانکل و ارتفاع بوته داشت؛ ارقام و لاین‌ها تنها از نظر طول پدانکل و ارتفاع بوته در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند که نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی در بین ارقام و لاین‌های مورد بررسی است. برهمکنش شوری و رقم بر هیچ‌یک از صفات مورفولوژیک معنی‌دار نبود (جدول ۴). شوری موجب کاهش معنی‌دار تمامی صفات مورفولوژیک مورد بررسی گردید و کاهش ۲۲ درصدی سطح برگ پرچمی، ۹/۷ درصدی طول سنبله، ۱۳/۸ درصدی طول پدانکل و ۱۸/۴ درصدی ارتفاع بوته نسبت به شرایط نرمال را به دنبال داشت (جدول ۵). شوری از طریق افزایش فشار اسمزی محلول خاک منجر به کاهش جذب آب و در نتیجه کاهش تقسیم سلولی، طویل شدن و تمایز سلولی می‌گردد لذا با افزایش شوری، سطح برگ پرچم، طول سنبله‌ها، طول پدانکل و ارتفاع کاهش یافته است. سادات نوری و همکاران (Sadat Noori et al., 2006) نیز کاهش قابل توجهی در طول سنبله در تیمار شوری گزارش نمودند. کاهش طول پدانکل نیز به اثر مخرب و محدودکننده شوری بر رشد اندام‌های هوایی، مخصوصاً ساقه برمی‌گردد (Dura et al., 2011). فاروق (Farouk, 2011) گزارش داد شوری باعث کاهش سطح برگ پرچم و عملکرد دانه می‌گردد. تنش شوری از طریق کاهش تکثیر سلولی و کاهش مدت تجمع ماده خشک باعث کوتاه شدن میانگره‌ها نیز شده و ارتفاع بوته و در نتیجه وزن خشک برگ و اندام هوایی را کاهش می‌دهد (Dura et al., 2011).

با اینکه ارقام و لاین‌ها از نظر سطح برگ پرچم باهم اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۴) ولی لاین MS-87-8 و رقم افق با دارا بودن سطح برگ پرچم به ترتیب ۲۱/۹ و

افق با میانگین ۷۰/۱، بیشترین تعداد دانه در سنبله را دارا بود و تفاوت معنی‌داری با رقم کویر (۶۳/۰۳ دانه در سنبله) نداشت و این دو در گروه آماری برتر قرار گرفتند. از لحاظ وزن هزار دانه بین اکثر ارقام و لاین‌ها تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت (جدول ۴). لاین MS-88-16 با میانگین ۴۱/۲ گرم دارای بیشترین وزن هزار دانه بود که تفاوت آن با شاهد های ارگ و بم و لاین‌های MS-88-8 و MS-87-8 معنی‌دار نبود و کمترین وزن هزار دانه نیز با میانگین ۳۴/۲ گرم به رقم کویر اختصاص داشت. بالاتر بودن عملکرد دانه

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات مورد ارزیابی لاین‌های امیدبخش گندم در دو شرایط تنش و نرمال در سال زراعی ۹۰-۹۱  
Table 4. Combine analysis of variance for evaluated traits in wheat elite lines under stress and normal conditions, during 2011-2012 growing season

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	سطح		طول پدانکل Peduncle length	ارتفاع بوته Plant height	تعداد دانه در سنبله No. grain per spike	وزن هزار دانه Thousand grain weight
		برگ پرچمی Flag leaf area	طول سنبله Spike length				
شوری Salinity	1	269.40**	12.79**	254.66**	2725.9**	39.24 <sup>ns</sup>	213.21 <sup>ns</sup>
اشتباه (اصلی) (Error (a	4	7.58	0.46	1.72	85.4	24.31	54.61
لاین Line	7	14.43 <sup>ns</sup>	0.24 <sup>ns</sup>	30.04**	91.9**	194.30**	72.96**
لاین×شوری Salinity×Line	7	20.42 <sup>ns</sup>	0.25 <sup>ns</sup>	3.96 <sup>ns</sup>	33.5 <sup>ns</sup>	26.28 <sup>ns</sup>	4.71 <sup>ns</sup>
اشتباه (فرعی) (Error (b	28	9.56	0.56	6.53	20.9	44.50	6.67
کل Total	47	17.26	0.72	14.52	96.4	62.27	24.73
ضریب تغییرات CV (%)	-	15.46	7.42	8.21	6.15	11.39	6.94

Table 4. Continued

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	زیست توده Biological Yield	عملکرد دانه Grain Yield	شاخص برداشت Harvest Index	سدیم Na <sup>+</sup>	پتاسیم K <sup>+</sup>	نسبت سدیم به پتاسیم
							Na <sup>+</sup> /K <sup>+</sup>
شوری Salinity	1	244.0*	55.47*	168.6 <sup>ns</sup>	5.54 <sup>ns</sup>	2.39 <sup>ns</sup>	0.012 <sup>ns</sup>
اشتباه (اصلی) (Error (a	4	14.4	4.06	56.79	42.00	8.56	0.079
لاین Line	7	4.4*	1.09**	28.21 <sup>ns</sup>	6.48 <sup>ns</sup>	1.05 <sup>ns</sup>	0.098 <sup>ns</sup>
لاین×شوری Salinity×Line	7	1.3 <sup>ns</sup>	0.19 <sup>ns</sup>	11.80 <sup>ns</sup>	4.27 <sup>ns</sup>	0.99 <sup>ns</sup>	0.035 <sup>ns</sup>
اشتباه (فرعی) (Error (b	28	1.6	0.24	27.01	6.23	1.02	0.109
کل Total	47	8.2	1.86	30.47	9.00	1.69	0.012
ضریب تغییرات CV (%)	-	13.38	12.95	13.36	21.60	15.90	18.16

ns عدم معنی‌داری، \* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns: not significant; \*and \*\* significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۵. نتایج مقایسه میانگین برای صفات مورد ارزیابی لاین‌های امیدبخش گندم در دو شرایط تنش و نرمال در سال زراعی ۹۰-۹۱  
Table 5. Means comparison for evaluated traits in elite lines of wheat under stress and normal conditions, during 2011-2012 growing season

Treatment	تیمار	سطح برگ پرچمی Flag leaf area (cm <sup>2</sup> )	طول سنبله Spike length (cm)	طول پدانکل Peduncle length (cm)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد دانه در سنبله No. grain per spike	وزن هزار دانه Thousand grain weight (gr)
Condition	شرایط						
Normal	نرمال	22.4 <sup>a</sup>	10.6 <sup>a</sup>	33.4 <sup>a</sup>	81.8 <sup>a</sup>	57.6 <sup>a</sup>	39.3 <sup>a</sup>
Stress	تنش	17.6 <sup>b</sup>	9.5 <sup>b</sup>	28.8 <sup>b</sup>	66.7 <sup>b</sup>	59.4 <sup>a</sup>	35.1 <sup>a</sup>
Line	لاین						
Arg		19.9 <sup>ab</sup>	10.2 <sup>a</sup>	34.3 <sup>a</sup>	79.3 <sup>a</sup>	56.5 <sup>bc</sup>	40.1 <sup>a</sup>
Bam		18.8 <sup>ab</sup>	10.1 <sup>a</sup>	32.4 <sup>ab</sup>	76.8 <sup>abc</sup>	52.6 <sup>c</sup>	38.7 <sup>a</sup>
Kavir		22.1 <sup>a</sup>	10.0 <sup>a</sup>	31.1 <sup>a-d</sup>	73.6 <sup>abc</sup>	63.0 <sup>ab</sup>	34.1 <sup>c</sup>
Ofogh		20.5 <sup>ab</sup>	10.1 <sup>a</sup>	28.8 <sup>cd</sup>	72.8 <sup>bcd</sup>	70.1 <sup>a</sup>	30.9 <sup>d</sup>
MS-88-8		19.1 <sup>ab</sup>	10.0 <sup>a</sup>	28.1 <sup>d</sup>	71.2 <sup>cd</sup>	59.0 <sup>bc</sup>	38.1 <sup>ab</sup>
MS-88-16		17.5 <sup>b</sup>	9.7 <sup>a</sup>	31.6 <sup>abc</sup>	75.2 <sup>abc</sup>	53.3 <sup>c</sup>	41.2 <sup>a</sup>
MS-88-17		20.3 <sup>ab</sup>	9.9 <sup>a</sup>	29.2 <sup>bcd</sup>	67.3 <sup>d</sup>	57.0 <sup>bc</sup>	35.1 <sup>bc</sup>
MS-87-8		21.9 <sup>a</sup>	10.4 <sup>a</sup>	33.4 <sup>a</sup>	78.0 <sup>ab</sup>	56.8 <sup>bc</sup>	39.3 <sup>a</sup>

Table 5. Continued

جدول ۵. ادامه

Treatment	تیمار	زیست توده Biological Yield (ton/ha)	عملکرد دانه Grain Yield (ton/ha)	شاخص برداشت Harvest Index%	سدیم Na <sup>+</sup> mg.g <sup>-1</sup> Dry ) (matter)	پتاسیم K <sup>+</sup> (mg.g <sup>-1</sup> (Dry matter)	نسبت سدیم به پتاسیم Na <sup>+</sup> /K <sup>+</sup>
Condition	شرایط						
Normal	نرمال	11.8 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	40.8 <sup>a</sup>	11.2 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	1.83 <sup>a</sup>
Stress	تنش	7.3 <sup>b</sup>	2.7 <sup>b</sup>	37.0 <sup>a</sup>	11.9 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	1.80 <sup>a</sup>
Line	لاین						
Arg		11.1 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	40.7 <sup>a</sup>	11.9 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	1.83 <sup>a</sup>
Bam		9.2 <sup>bc</sup>	3.8 <sup>b</sup>	40.1 <sup>a</sup>	9.9 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	1.60 <sup>a</sup>
Kavir		9.3 <sup>bc</sup>	3.7 <sup>b</sup>	40.1 <sup>a</sup>	12.6 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	1.98 <sup>a</sup>
Ofogh		10.4 <sup>ab</sup>	3.7 <sup>b</sup>	35.0 <sup>a</sup>	12.4 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	1.96 <sup>a</sup>
MS-88-8		9.1 <sup>bc</sup>	3.6 <sup>bc</sup>	39.7 <sup>a</sup>	12.3 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	1.76 <sup>a</sup>
MS-88-16		9.2 <sup>bc</sup>	3.6 <sup>bc</sup>	38.4 <sup>a</sup>	11.8 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	1.75 <sup>a</sup>
MS-88-17		8.4 <sup>c</sup>	3.1 <sup>c</sup>	36.3 <sup>a</sup>	11.6 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	1.91 <sup>a</sup>
MS-87-8		9.9 <sup>abc</sup>	4.0 <sup>ab</sup>	40.8 <sup>a</sup>	10.0 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	1.75 <sup>a</sup>

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری را نشان نمی‌دهند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% probability level (Duncan's multiple range test)

همبستگی بین وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله نیز منفی و معنی‌دار در سطح ۱ درصد بود ( $r = -0.51$ ). رابطه عکس بین تعداد دانه در سنبله و وزن دانه پیش از این نیز گزارش شده است (Ranjbar and Rousta, 2010).

رقم افق به دلیل داشتن تعداد دانه در سنبله بیشتر و لاین MS-87-8 به دلیل داشتن وزن هزار دانه بیشتر است (جدول ۵). بین عملکرد دانه و وزن هزار دانه نیز رابطه مثبت و معنی‌دار در سطح ۱ درصد ( $r = 0.58$ ) وجود داشت (جدول ۶).

**غلظت سدیم و پتاسیم**

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر شوری و لاین بر غلظت سدیم، پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم کل اندام هوایی معنی‌دار نبود (جدول ۴). غلظت سدیم و پتاسیم در شرایط تنش به ترتیب حدود ۵/۹ و ۷/۶ درصد بیشتر از شرایط نرمال بود که البته این افزایش به لحاظ آماری معنی‌دار نبود؛ بالا رفتن غلظت سدیم در اندام هوایی دامنه‌ای از مشکلات اسمزی و متابولیک گیاه را موجب شده و سمیت احتمالی ناشی از تجمع بیش‌ازحد این یون در اندام گیاهی و کاهش تولید ماده خشک گیاه را به دنبال دارد (Tester and Davenport, 2003). برهمکنش شوری و لاین نیز بر غلظت سدیم و پتاسیم و نسبت آن‌ها معنی‌دار نبود؛ به عبارت دیگر، واکنش ارقام و لاین‌ها در رابطه با تأثیر شوری بر غلظت این عناصر در گیاه مشابه بود؛ با توجه به این‌که پائین بودن نسبت سدیم به پتاسیم در گیاه تحت تنش شوری به‌عنوان یکی از معیارهای مهم برای تحمل به شوری به شمار می‌رود بنابراین می‌توان گفت که رقم بم و لاین‌های MS-87-8، MS-88-16 و MS-88-8 از تحمل بیشتری به شوری برخوردارند. ارقام متحمل به تنش شوری در شرایط تنش دارای توانایی جذب بیشتر پتاسیم بوده و در نتیجه نسبت سدیم به پتاسیم در برگ‌ها کم‌تر است. پوستینی و سی‌وسه‌مرده (Poustini and Sio-Semardeh, 2007) نیز در گزارش‌های خود به این نکته اشاره و تأیید کردند که میزان پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم در اندام گیاه رشد یافته تحت شرایط تنش شوری می‌تواند به‌عنوان شاخص تحمل به شوری گیاه مدنظر قرار گیرد.

**عملکرد دانه و زیست‌توده**

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر شوری بر عملکرد دانه و زیست‌توده گندم معنی‌دار بود (جدول ۴). ارقام و لاین‌های مورد بررسی نیز از نظر عملکرد دانه در سطح ۱ درصد و از نظر زیست‌توده در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند. اثر متقابل رقم در شوری نیز بر هیچ‌یک از این صفات معنی‌دار نبود (جدول ۴). زیست‌توده و عملکرد دانه در شرایط تنش (به ترتیب با میانگین‌های ۷/۳۰ و ۲/۶۸ تن در هکتار)، به ترتیب به میزان ۳۸/۲ و ۴۴/۵ درصد نسبت به شرایط نرمال (به ترتیب با میانگین‌های ۱۱/۸۲ و ۴/۸۳ تن در هکتار) کاهش پیدا کرد (جدول ۵). با توجه به اینکه گیاهان بخش عمده‌ای از دوره رشد خود را در معرض شوری

گذرانده‌اند و میزان یون‌های سمی کلر و سدیم به‌طور طبیعی در برگ‌ها با افزایش شوری افزایش می‌یابد، بنابراین می‌توان کاهش عملکرد را به تجمع زیاد یون‌ها در داخل گیاه نسبت داد (Kafi and Stewart, 1998). گیاهان برای مقابله با شوری انرژی زیادی صرف ساختن ترکیباتی از قبیل گلاسیسین‌بتائین، سوربیتول، پرولین و مانیتول جهت تنظیم اسمزی می‌کنند که باعث کاهش کارایی ریشه در تأمین عناصر غذایی و آب برای سایر اندام‌ها می‌شود و رشد اندام‌های هوایی کاهش یافته و در نتیجه تنش شوری باعث کاهش اندام-زائی و تولید ماده خشک می‌گردد (Kafi and Stewart, 1998). در بین ارقام و لاین‌های مورد بررسی، رقم ارگ با میانگین زیست‌توده ۱۱/۱ و عملکرد دانه ۴/۵۷ تن در هکتار دارای بیشترین مقادیر در بین سایر ارقام و لاین‌ها بود که تفاوت معنی‌داری به لحاظ زیست‌توده و عملکرد دانه با لاین MS-87-8 به ترتیب با ۹/۹ و ۴ تن در هکتار و به لحاظ زیست‌توده با رقم افق نداشت (جدول ۵). بین عملکرد دانه با زیست‌توده و شاخص برداشت نیز رابطه مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد (به ترتیب با  $r=0/95$  و  $r=0/55$ ) وجود داشت (جدول ۶). همبستگی بالای زیست‌توده با عملکرد دانه بیان‌کننده تأثیر زیاد آن بر عملکرد دانه است. گزارش شده که در شرایط تنش شوری، بیشترین همبستگی بین زیست‌توده و شاخص برداشت با عملکرد دانه وجود داشته است (Shamsi and Kobraee, 2013). سایر محققین نیز تأثیر بالا و مثبت زیست‌توده بر عملکرد دانه را گزارش کرده‌اند (Singh and Diwivedi, 2002; Munir et al., 2003). کولاکو و هریسون (Collaku and Harrison, 2002) نیز در گندم رابطه مثبت و معنی‌داری را بین شاخص برداشت و عملکرد دانه گزارش کردند که این نتیجه حاکی از آن است که با افزایش عملکرد دانه، نسبت عملکرد دانه به زیست‌توده افزایش یافته است.

**شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش شوری**

نتایج حاصل از ضرایب همبستگی ساده بین شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش و عملکرد دانه در دو شرایط تنش و نرمال در جدول ۸ ارائه شده است. بین شاخص SSI و عملکرد دانه در شرایط تنش همبستگی منفی ( $r=-0/73^*$ ) مشاهده گردید و همبستگی بین شاخص TOL و عملکرد دانه در هر دو شرایط نیز معنی‌دار نبود (جدول ۸). همبستگی بین

شاخص‌های تحمل به تنش و عملکرد دانه نیز حاکی از همبستگی بالای آن‌ها با عملکرد دانه در هر دو شرایط بوده و در این میان، شاخص HARM دارای بیشترین همبستگی با عملکرد دانه در شرایط تنش شوری و پس از آن نیز شاخص‌های STI و GMP (هر دو با  $r=0/95$ ) همبستگی بالاتری با عملکرد دانه در این شرایط داشتند (جدول ۸). بر اساس تمامی این شاخص‌ها، ابتدا رقم ارگ و پس از آن لاین MS-87-8 تحمل بالاتری به شرایط تنش در مقایسه با دیگر ارقام و لاین‌ها داشتند (جدول ۷).

جدول ۶. نتایج همبستگی ساده صفات مورد اندازه‌گیری ارقام و لاین‌های امیدبخش گندم در دو شرایط تنش و نرمال

Table 6. Simple correlation among the traits in wheat elite lines and cultivars under stress and normal conditions

Traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 سطح برگ پرچمی Flag leaf area	1.00								
2 طول سنبله Spike length	0.61**	1.00							
3 طول پدانکل Peduncle length	0.54**	0.56**	1.00						
4 ارتفاع Plant height	0.44**	0.51**	0.74**	1.00					
5 تعداد دانه در سنبله No. Grain per spike	0.08 <sup>ns</sup>	0.15 <sup>ns</sup>	-0.28 <sup>ns</sup>	-0.10 <sup>ns</sup>	1.00				
6 وزن هزار دانه 1000 grain weight	0.10 <sup>ns</sup>	0.22 <sup>ns</sup>	0.52**	0.57**	-0.51**	1.00			
7 زیست توده Biological Yield	0.54**	0.54**	0.68**	0.83**	0.07 <sup>ns</sup>	0.45**	1.00		
8 عملکرد دانه Grain Yield	0.50**	0.52**	0.70**	0.88**	-0.02 <sup>ns</sup>	0.58**	0.95**	1.00	
9 شاخص برداشت Harvest Index	0.11 <sup>ns</sup>	0.19 <sup>ns</sup>	0.37**	0.45**	-0.21 <sup>ns</sup>	0.56**	0.28 <sup>ns</sup>	0.55**	1.00

NS عدم معنی‌داری، \* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و یک درصد است.

Ns: not significant; \* and \*\* significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۷. میانگین عملکرد دانه ارقام و لاین‌های گندم در شرایط تنش (Ys) و نرمال (Yp) و شاخص‌های تنش

Table 7. Grain yield average for wheat elite lines and cultivars under stress (Ys) and normal (Yp) conditions and stress indices

لاین Line	Ys	Yp	TOL	SSI	STI	MP	GMP	HARM
Arg	3.495	5.653	2.158	0.859	0.844	4.574	4.445	4.319
Bam	2.452	5.072	2.620	1.162	0.531	3.762	3.526	3.306
Kavir	2.543	4.903	2.360	1.083	0.533	3.723	3.531	3.349
MS-88-8	2.674	4.498	1.824	0.913	0.514	3.586	3.468	3.354
MS-88-16	2.811	4.405	1.594	0.814	0.529	3.608	3.519	3.432
MS-88-17	2.008	4.134	2.127	1.158	0.355	3.071	2.881	2.703
MS-84-13	2.760	4.720	1.960	0.935	0.556	3.740	3.609	3.483
MS-87-8	2.765	5.322	2.557	1.081	0.629	4.043	3.836	3.639
میانگین	2.688	4.838	2.150	1.000	0.556	3.763	2.641	3.456

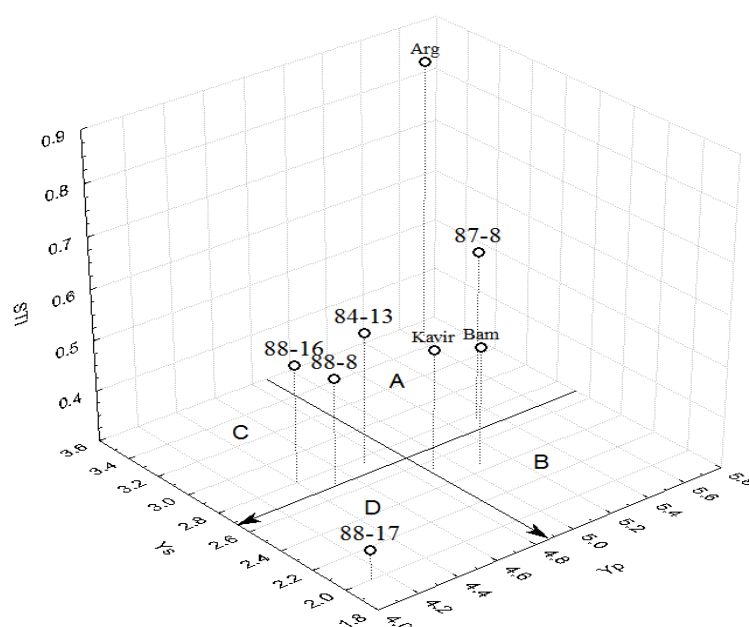


جدول ۸. همبستگی بین شاخص‌های تحمل و حساسیت و عملکرد دانه در تنش (Ys) و نرمال (Yp)

Table 8. Correlation between tolerance and sensitivity indices and grain yield under stress (Ys) and normal (Yp) conditions

	Ys	Yp	TOL	SSI	STI	MP	GMP	HARM
Ys	1.00							
Yp	0.72*	1.00						
TOL	-0.16 <sup>ns</sup>	0.57 <sup>ns</sup>	1.00					
SSI	-0.73*	-0.05 <sup>ns</sup>	0.78*	1.00				
STI	0.95**	0.89**	0.14 <sup>ns</sup>	-0.48 <sup>ns</sup>	1.00			
MP	0.91**	0.94**	0.26 <sup>ns</sup>	-0.39 <sup>ns</sup>	0.99**	1.00		
GMP	0.95**	0.89**	0.15 <sup>ns</sup>	-0.49 <sup>ns</sup>	1.00**	0.99**	1.00	
HARM	0.98**	0.84**	0.04 <sup>ns</sup>	-0.58 <sup>ns</sup>	0.99**	0.98**	0.99**	1.00

\* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و یک درصد و ns عدم معنی‌داری می باشد.

\* and \*\* are significant at  $\alpha=0.05$  and  $\alpha=0.01$ , respectively and ns is non-significant

شکل ۱. نمودار پراکنش سه بعدی ارقام و لاین‌های گندم بر اساس عملکرد دانه در شرایط تنش (Ys) و نرمال (Yp) و شاخص STI

Fig. 1. 3D plot of wheat cultivars and lines scattering on the basis of grain yield under stress (Ys) and normal (Yp) conditions and STI index

به‌طور کلی، شاخص‌هایی که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای همبستگی بالایی با عملکرد باشند، به‌عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی می‌شوند (Ahamadi et al., 2000). دهداری و همکاران (Dehdari et al., 2006) نیز در بررسی ۶ رقم گندم، از شاخص STI به‌عنوان مهم‌ترین شاخص تحمل به شوری برای شناسایی ارقام دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش استفاده کرد. کنفی-لسکوکلاویه و همکاران (Kanafi Laskoukelayeh et al., 2015) نیز دو شاخص HARM و GMP را برای گزینش ارقام متحمل گندم در شرایط تنش شوری مناسب‌تر دانستند. بر اساس واکنش ارقام به شرایط محیطی با تنش یا بدون تنش می‌توان آن‌ها را در چهار گروه دسته‌بندی کرد (Fernandez, 1992): A: ارقامی که در هر دو محیط از نظر عملکرد برتری نسبی داشته و عملکرد بالایی تولید می‌کنند. B: ارقامی که در شرایط بدون تنش عملکرد نسبی بالاتری دارند. C: ارقامی که در شرایط تنش عملکرد نسبی بالاتری

به‌طور کلی، شاخص‌هایی که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای همبستگی بالایی با عملکرد باشند، به‌عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی می‌شوند (Ahamadi et al., 2000). دهداری و همکاران (Dehdari et al., 2006) نیز در بررسی ۶ رقم گندم، از شاخص STI به‌عنوان مهم‌ترین شاخص تحمل به شوری برای شناسایی ارقام دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش استفاده کرد. کنفی-لسکوکلاویه و همکاران (Kanafi Laskoukelayeh et al., 2015) نیز دو شاخص HARM و GMP را برای گزینش ارقام متحمل گندم در شرایط تنش شوری مناسب‌تر دانستند. بر اساس واکنش ارقام به شرایط محیطی با تنش یا بدون تنش می‌توان آن‌ها را در چهار گروه دسته‌بندی کرد (Fernandez, 1992): A: ارقامی که در هر دو محیط از نظر عملکرد برتری نسبی داشته و عملکرد بالایی تولید می‌کنند. B: ارقامی که در شرایط بدون تنش عملکرد نسبی بالاتری دارند. C: ارقامی که در شرایط تنش عملکرد نسبی بالاتری

### نتیجه‌گیری کلی

نتایج این آزمایش نشان داد شوری باعث کاهش معنی‌دار سطح برگ‌پرچمی، طول سنبله، طول پدانکل، ارتفاع بوته، عملکرد دانه و زیست‌توده ارقام و لاین‌های امیدبخش گندم گردید. در این بین، رقم ارگ و پس از آن لاین MS-87-8 دارای بیشترین عملکرد دانه بوده و مناسب شرایط تنش شوری شناسایی گردیدند که می‌توان از آن‌ها جهت کشت در شرایط تنش و همچنین برای اصلاح ارقام با پتانسیل عملکرد بالا استفاده نمود.

D: ارقامی که در شرایط مطلوب و تنش عملکرد کمی دارند؛ بنابراین، پس از شناسایی بهترین شاخص‌های کمی تحمل به تنش شوری، از نمودار سه‌بعدی به‌منظور گزینش ارقام و لاین‌های متحمل به شوری و با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش، استفاده شد. بر اساس نمودارهای سه‌بعدی عملکرد دانه در شرایط نرمال (Yp) و شور (Ys) و شاخص STI، همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، رقم ارگ و لاین MS-87-8 در نمودار سه‌بعدی در گروه A قرار گرفتند؛ به عبارتی هم متحمل به تنش شوری هستند و هم محصول آن‌ها در محیط تنش و نرمال بالاست.

### منابع

- Ahamadi, G., Zienali-Khaneghah, H., Rostamy, M.A., Chogan, R., 2000. The study of drought tolerance indices and biplot method in eight corn hybrids. *Iranian Journal of Agricultural Science*. 31(3), 513-523. [In Persian with English summary].
- Amini, A., Amirnia, R., Gazvini, H., 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 with English summary].
- Asadi, M., Mohammadi-Nejad, G., Golkar, P., Naghavi, H., Nakhoda, B., 2012. Assessment of salinity tolerance of different promising lines of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Advances in Applied Science Research*. 3(2), 1117-1121.
- Ashraf, M., Athar, H.R., Harris, P.J.C., Kwon, T.R., 2008. Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. *Advances in Agronomy*. 97, 45-110.
- Ashraf, M., Harris, P.J.C., 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science*. 166, 3-16.
- Canama, T., Li, X., Holowachukb, J., Yu, M., Xia, J., Mandal, R., Krishnamurthy, R., 2013. Differential metabolite profiles and salinity tolerance between two genetically related brown seeded and yellow-seeded *Brassica carinata* lines. *Plant Science*. 198, 17-26.
- Collaku, A., Harrison, S.A., 2002. Losses in wheat due to water logging. *Crop Science*. 42, 444-450.
- Colmer, T.D., Flowers, T.J., Munns, R., 2006. Use of wild relatives to improve salt tolerance in wheat. *Journal of Experimental Botany*. 57, 1059-1078.
- Dehdari, A., Rezai, A. and Mirmohamadi Maibody, S. A. M. 2006. Nuclear and cytoplasmic inheritance of salt tolerance in bread wheat plants based on ion contents and biological yield. *Iranian Agricultural Research*. 24(2) and 25(1), 15-26. [In Persian with English summary].
- Dura, S.A.M., Duwayri, M.A., Nachit, M.M., 2011. Effects of Different Salinity Levels on Growth, Yield and Physiology on Durum Wheat (*Triticum turgidum* var. durum). *Jordan Journal of Agricultural Science*. 7(3), 528-527.
- El-Hendawy, S.E., Hu, Y., Yakout, G.M., Awad, A.M., Hafiz, S.E., Schmidhalter, U., 2005. Evaluating salt tolerance of wheat genotypes using multiple parameters. *European Journal of Agronomy*. 22, 243-253.
- FAO, 2010. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Quarterly Bulletin of Statistics*. Rome, Italy. Available online as <http://www.FAO.org/docrep/013/i2050e.pdf>.
- Farouk, S., 2011. Osmotic adjustment in wheat flag leaf in relation to flag leaf area and grain yield per plant. *Journal of stress physiology and Biochemistry*. 7(2), 117-138
- Fernandez, G.C.J., 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Kuo, C.G. (ed.), *Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in*

- Temperature and Water Stress, Publication, Tainan, Taiwan.
- Fischer, R.A., Maurer, R., 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. Part 1: grain yield response. *Australian Journal of Agriculture*. 29, 897- 912.
- Francois, L.E., Donovan, T.J., Lorenz, K., Mass, E.V., 1989. Salinity effects on ray grain yield, quality, vegetative growth, and emergence. *Agronomy Journal*. 81,707-712.
- Genc, Y., Mcdonald, G. K., Tester, M., 2007. Reassessment of tissue Na<sup>+</sup> concentration as a criterion for salinity tolerance in bread wheat. *Plant, Cell and Environment*. 30, 1486-1498.
- Goudarzi, M., Pakniyat, D.H., 2008. Evaluation of wheat cultivars under salinity stress based on some agronomic and physiological traits. *Journal of Agriculture and Social Sciences*. 4, 35-38.
- Hajizad, S., Nakhoda, B., Mohammadi-Nejad, G., Tabatabaee, S.M.T., Zarandi, S., 2011. Indicators of salinity tolerance in 20 genotypes of bread wheat. *Proceeding of The First National Conference on Modern Topics in Agriculture*. September 10-12, Islamic Azad University, Saveh Branch, Iran. pp: 744-751. [In Persian with English summary].
- Houshmand, S., Arzani, A., Maibody, S. A. M., 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., Gul, R., 2006. Diallel analysis of the inheritance pattern of agronomic traits of bread wheat. *Pakistan Journal of Botany*. 38(4), 1169-1175.
- Kafi, M., Jafarnezhad, A., Jamial-ahmadi, M., 2005. Wheat ecology, physiology and yield determination. Ferdowsi university of Mashhad Press. pp 478. [In Persian with English summary].
- Kafi, M., Stewart, D.A., 1998. Effect of salinity on growth and yield of nine types of wheat. *Agricultural and Food Science*. 12(1), 77-85.
- Kanafī Laskoukelayeh, M., Dehghani, H., Dvorak, J., 2015. Response of salt stress in some bread wheat varieties by tolerance indices. *Cereal Research*. 5(2), 145-157. [In Persian with English summary].
- Leilah, A.A, Al-Khateeb, S., 2005. Statistical analysis of wheat yield under drought conditions. *Journal of Arid Environments*. 61, 483-496.
- Munir Ahmed, H., Khan, B.M., Khan, S., SadiqKissana, N., Laghari, S., 2003. Plant coefficient analysis in bread wheat. *Asian Journal Plant Science*. 2, 491-494.
- Naghdipor, A., Khodarahmi, A., Porshahbazi, A., Eesmailzade, M., 2011. Factor analysis for grain yield and other traits in durum wheat. *Journal Agronomy and Plant Breeding*. 7, 84-96.
- Poustini, K., Sio-Semardeh, A., 2007. Proline accumulation as a response to salt stress in 30 wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars differing in salt tolerance. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 54(5), 925-934.
- Ranjbar, G.H., Rousta, M.J., 2010. The most effective stability index for selection of wheat genotypes in saline condition. *Soil Research Journal*. 24(3), 283-290. [In Persian with English summary].
- Rontein, D., Basset, G., Hanson, A.D., 2002. Metabolic engineering of osmoprotectant accumulation in plants. *Metabolic Engineering*. 4, 49-56.
- Rosielle, A.A., Hamblin, J., 1984. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Science*. 21, 943-946.
- Sadat Noori, S.A., Roustaei, A., Foghi, B., 2006. Variability of salt tolerance for eleven traits bread wheat in different saline conditions. *Agronomy Journal*. 5(1), 131-136.
- Shamsi, K., Kobraee, S., 2013. Biochemical and physiological responses of three wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) to salinity stress. *Annals of Biological Research*. 4(4), 180-185.
- Singh, S.P., Diwivedi, V.K., 2002. Character association and path analysis in wheat (*Triticumaestivum* L.). *Agriculture Science Digest*. 22, 225-547.
- Sio-se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K., Mohammadi, V., 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crops Research*. 98, 222-229.
- Tester, M., Davenport, R., 2003. Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. *Annals of Botany*. 91, 503-527.