مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۳۱، شماره ۱، سال ۱۳۹۴

ارزیابی تحمل به تنش شوری ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط مزرعه

Evaluation of Salinity Tolerance in Bread Wheat Genotypes Under Field Conditions

اشکبوس امینی[۱]، رضا امیرنیا[۲] و حبیب‌الله قزوینی[۳]

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری و استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
۳- استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۸/۲۲

چکیده

امینی، ا.، امیرنیا، ر. و قزوینی، ح. ۱۳۹۴. ارزیابی تحمل به تنش شوری ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط مزرعه. **مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۳۱:** ۱۱۵ - ۹۵.

به منظور بررسی واکنش ژنوتیپ‌های گندم نان به تنش شوری، تعداد ۲۵ ژنوتیپ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات بیرجند در دوآزمایش جداگانه در شرایط تنش شوری (Ec_{Soil} = 9.8-12.8 ds/m و Ec_{Water} = 8.8-10 ds/m) و بدون تنش (Ec_{Soil} = 3.3 ds/m و Ec_{Water} = 2.1 ds/m) به مدت دو سال زراعی (۹۳-۱۳۹۱) مورد بررسی قرارگرفتند. تجزیه واریانس مرکب اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه، اجزاء عملکرد، ارتفاع بوته و تعداد روز تا ظهور سنبله و رسیدن در هر دو شرایط تنش و بدون تنش نشان داد. مقایسه میانگین دو ساله عملکرد و اجزاء عملکرد دانه نشان داد که نقش اجزای عملکرد در ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا متفاوت بوده ولی درکل وزن دانه نقش بیشتری در عملکرد دانه در شرایط تنش شوری در این آزمایش داشت. مطالعه همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط تنش شوری و بدون تنش و شاخص‌های تحمل و حساسیت نشان داد که شاخص‌های تحمل به تنش (STI)، میانگین بهره‌وری (MP) و میانگین هندسی (GMP) برای شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دوشرایط مناسب هستند و در بین آن‌ها STI مناسب‌ترین شاخص شناخته شد. در روش ترسیمی بای پلات (Biplot) ژنوتیپ‌ها به گروه‌های متحمل، نیمه متحمل و حساس تقسیم شدند. براساس نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های مورد بررسی در چهار گروه قرارگرفتند. در مجموع براساس نتایج روش ترسیمی بای پلات، شاخص‌های تحمل، میانگین رتبه ($\overline{R}$) و انحراف معیار رتبه (SDR) آن‌ها، ژنوتیپ‌های شماره ۲۵، ۲۲، ۲۰ و ۱۳ در ناحیه با پتانسیل تولید بالا و حساسیت پایین به شوری در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های GMP، MP و STI قرار گرفته و به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل و برتراز ارقام شاهد و ژنوتیپ‌های شماره ۱۶، ۱۷، ۹ (مغان۳) و۱۰ (شیرودی) به عنوان ژنوتیپ‌های حساس به شوری شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: گندم، عملکرد دانه، شاخص‌های حساسیت و تحمل، بای‌پلات.

نویسنده مسئول: r.amirnia@urmia.ac.ir تلفـــــن: ۰۴۴۳۱۹۴۲۳۹۵

مقدمه

تنش‌های غیرزنده عامل اصلی کاهش دهنده عملکرد به شمار می‌روند (Hussain, 2006). شوری خاک وآب یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیر زنده است که باعث کاهش رشد و باروری گیاهان شده وتولید محصولات کشاورزی را محدود می‌سازد. حدود ۲۰ درصد از اراضی تحت آبیاری در مناطق خشک و نیمه خشک جهان با مشکل شوری مواجه بوده و شوری در این مناطق در حال گسترش است (Tammam and Hemeda, 2008). برآورد شده است که ۲۰٪ زمین‌های کشاورزی و ۵۰٪ زمین‌های زراعی در دنیا تحت تنش شوری هستند (Tanji, 1990). سطح اراضی متأثر از شوری در کشور درحدود ۲۵ میلیون هکتار برآورد می‌شود (Anonymous, 2000). برآوردهای دیگر نشان می‌دهدکه سطح اراضی تحت تاثیر شوری در ایران بیشتر بوده به طوری که، ۲۵/۵ میلیون هکتار از خاک‌های ایران دارای درجه شوری کم تا متوسط و بیش از ۸/۵ میلیون هکتار دارای درجه شوری زیاد هستند (Quereshi *et al*., 2007). بر اساس گزارش دیگری ۵۰ درصد از اراضی تحت آبیاری در ایران شور است (Kamkar *et al*., 2004). در اقلیم معتدل و گرم کشورقسمت‌های وسیعی از استان‌های یزد، اصفهان، فارس، خراسان جنوبی، کرمان، قم، تهران، سمنان، خراسان مرکزی، سیستان، خوزستان، بوشهر و در اقلیم سرد قسمت‌هایی از استان‌های آذربایجان شرقی وغربی (بیشتر اراضی اطراف دریاچه ارومیه و محدود به آن) به نحوی متاثر از تنش شوری آب وخاک هستند و به تدریج از دسترس خارج می‌شوند (Amini *et al*., 2010). استفاده از ارقام نسبتاً متحمل به شوری همراه با استفاده از سایر روش‌ها مانند زهکشی، آبیاری با آب‌های شیرین، اصلاح بیولوژیکی اراضی، استفاده از ماشین‌آلات مناسب کشت، روش‌های سنتی زراعت در اراضی شور و روش‌های به‌زراعی مناسب ودیگر روش‌های ممکن، تولید در شرایط تنش شوری را ممکن ساخت (Amini *et al*., 2010).

هوشمند و همکاران (Houshmand *et al*., 2005) نیز اصلاح نباتات را راه حل مناسبی برای کاهش اثر تنش شوری می‌دانند، زیرا می‌توان از طریق اصلاح ارقامی که قادر به رشد و تولید اقتصادی در شرایط شوری متوسط هستند بر اثر سوء تنش شوری فائق آمد. کاهش در صفات مختلف مرتبط با رشد رویشی و زایشی در شرایط تنش شوری و اثر مخرب آن بر رشد گیاه توسط محققان زیادی مورد تاکید قرار گرفته است (Munns *et al*., 2006؛ Colmer *et al*., 2006). جعفری شبستری و همکاران (Jafari-Shabestari *et al*., 1995) بالا بودن عملکرد دانه در شرایط تنش شوری درمقایسه با عملکرد بیولوژیکی را به عنوان بهترین معیار برای تحمل به شوری دانسته‌اند.

عملکرد گندم هنگامی که pH خاک به

بالاتر از۸/۵ و هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک به بالاتر از ۴ دسی زیمنس برمتر برسد شروع به کاهش کرده و در هدایت الکتریکی بالاتر، شدیداً کاهش می‌یابد به نحوی که بدون اصلاح این خاک‌ها تولید از نظر اقتصادی شاید مقرون به صرفه نباشد (Goudarzi and Pakniyat, 2008). بررسی‌ها نشان داده که کشت ارقام مختلف گندم و تریتیکاله درمناطقی که خاک و آب آبیاری دارای هدایت الکتریکی ۵ تا ۷ دسی زیمنس برمتر است، رشد و توسعه گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد، ولی افت عملکرد و ماده خشک آن قدر نیست که خسارت اقتصادی بالائی را همراه داشته باشد، درحالی که افزایش هدایت الکتریکی بعد از آن به ازاء هر واحد افزایش حدود ۲/۸ درصد عملکرد دانه را کاهش می‌دهد. شاخص های متفاوتی برای ارزیابی عکس‌العمل ژنوتیپ ها درشرایط محیطی مختلف و تعیین مقاومت وحساسیت آن‌ها ارائه شده است (Fischer and Maurer, 1978؛ Rosielle and Hamblin, 1981؛ Fernandez, 1992).

بوسلاما وشاپاگ (Bouslama and Schapaugh, 1984) از شاخص پایداری عملکرد (YSI) برای شناسایی ژنوتیپ‌های سویا متحمل به خشکی استفاده کردند. زبر جدی وهمکاران (Zebarjadi *et al*., 2013) در مطالعه تحمل به تنش خشکی درگندم دورم، شاخص‌های GMP، MP و STI را شاخص‌های مناسب برای تعیین ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش گزارش کردند. سی و سه مرده وهمکاران (Sio-se Mardeh *et al*., 2006) نشان دادند که ارقامی با YSI بالاتر حداقل عملکرد را در شرایط غیر تنش و بالاترین عملکرد را درشرایط تنش دارند.

براساس مطالعه رنجبرو روستا (Ranjbar and Rousta, 2010) شاخص STI می‌تواند به عنوان یک شاخص موثر درگزینش ژنوتیپ‌های گندم در شرایط شور مدنظر قرار گیرد. گودرزی و پاک‌نیت (Goudarzi and Pakniyat, 2008) گزارش کردند عملکرد دانه درگندم به عنوان یکی از شاخص‌های مهم تحمل به تنش شوری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

فقدان روش‌های قابل اعتماد برای غربال کردن در شرایط مزرعه‌ای را شاید بتوان بزرگ‌ترین مشکل در بهبود تحمل به شوری گیاهان زراعی دانست (Munns and James, 2003). علی‌رغم بررسی‌های زیادی که روی شاخص‌های خشکی انجام شده، تاکنون مطالعات بسیار اندکی در خصوص شناسایی شاخص‌های تحمل شوری انجام شده است، علاوه براین اختلافات موجود بین نتایج مطالعات گلخانه‌ای ومزرعه‌ای ضرورت انجام مطالعات تحمل شوری در شرایط طبیعی و کاربردی را بیش از بیش نمایان

می‌سازد. این تحقیق با هدف ناسایی بهترین شاخص برای بررسی تحمل به تنش شوری در شرایط مزرعه وهمچنین دستیابی به لاین‌هایی پیشرفته‌ای بود که دارای تحمل به شوری بالا هستند.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق به منظور بررسی واکنش ژنوتیپ‌های گندم نان نسبت به تنش شوری، تعداد ۲۵ ژنوتیپ گندم (شامل ارقام شاهد تجاری و محلی متحمل، حساس و لاین‌های امیدبخش) 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 دو ازمایش جداگانه در شرایط شور و غیرشور (معمولی) مورد بررسی قرار گرفتند. آبیاری در شرایط شور با آب ۱۰-۸/۸ دسی زیمنس بر متر (سال اول: Ec_{Water} = 10ds/m، pH = 7.7 و سال دوم: Ec_{Water} = 8.8ds/m، pH = 7.41) و شرایط بدون تنش یا معمولی با آب ۲/۱ دسی زیمنس بر متر (Ec_{Water} = 2.1ds/m، pH = 8.4) انجام شد. در طول فصل رشد در هر دو شرایط برای تعیین شوری خاک از منطقه توسعه ریشه تا عمق ۹۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری انجام شد و متوسط میزان شوری عصاره اشباع خاک در شرایط شور ۱۲/۸- ۹/۸ (سال اول: Ec_{soil} = 12.8 ds/m، pH = 7.95 و سال دوم: Ec_{soil} = 9.8 ds/m، pH = 8.01) و شرایط معمولی (غیر شور) ۳/۳ دسی زیمنس بر متر (Ec_{soil} = 3.3 ds/m، pH = 7.47) با بافت لومی رسی شنی بود. زمین مورد نظر در سال قبل آیش بود و کاشت در کرت‌هایی شامل شش ردیف به فاصله ۲۰ سانتی‌متر و به طول ۲/۵ متر و به مساحت ۳ متر مربع (۳ = ۱/۲ × ۲/۵) انجام و با حذف نیم متر حاشیه (۲۵ سانتی‌متر از هرطرف)، مساحت برداشت ۲/۴ = ۱/۲ × ۲ متر مربع بود. میزان کود مصرفی مطابق فرمول کودی و آزمون خاک مناطق بوده و میزان بذر هر رقم بر اساس ۵۰۰ دانه در متر مربع منظور شد. علف‌های هرز در اواسط فروردین و با دست وجین شدند. بعد از برداشت و توزین، تجزیه واریانس مرکب برای در هر دو شرایط آزمایش جهت تعیین اثرهای اصلی و متقابل و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد. ارزیابی ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به شوری با استفاده از شاخص‌های Tol و MP (Rosielle and Hamblin, 1981)، SSI (Fischer and Maurer, 1978)، GMP و STI (Fernandez, 1992) و شاخص پایداری عملکرد Ysi (Bouslama and Schapaugh, 1984) انجام و میانگین رتبه ($\overline{R}$) و انحراف معیار (SDR) برای شاخص‌های فوق و عملکرد دانه در دو شرایط تنش ونرمال نیز محاسبه شد. میزان پایین ($\overline{R}$) و (SDR) بیانگر برتری ژنوتیپ‌های مورد بررسی است. همچنین ضرائب همبستگی ساده بین عملکرد دانه (در هر دو شرایط) و

شاخص‌ها محاسبه شد. پس از تعیین ضرائب همبستگی شاخص‌ها و عملکرد دانه (در هر دو شرایط معمولی وتنش)، برای رسم بای‌پلات (Biplot)، ماتریسی از داده‌های مربوط به هفت شاخص و ۲۵ ژنوتیپ تشکیل و سپس از طریق تجزیه به مولفه‌های اصلی (Principal Component Analysis) و بای‌پلات مربوطه بر اساس دو مولفه اول ترسیم شد (Gabriel, 1971). محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزارهایSAS، SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

نام و شجره ژنوتیپ‌های مورد بررسی در جدول ۱ نشان داده شده‌اند.

جدول ۱ - نام/ شجره ژنوتیپ‌های گندم نان
Table 1. Name / Parentage of the bread wheat genotypes

شماره ژنوتیپ Genotypes No.	نام/شجره Name/Parentage
1	Sistan
2	Mahooti(Local variety)
3	Sorkhtokhm(Local variety)
4	Neishabour (Akbari)
5	Arg
6	Kavir
7	Bam
8	Roshan(Local variety)
9	Moghan3
10	Shiroodi
11	Ofough
12	Sakha 8/Darab#2//1-66-22
13	1-66-22/3/Alvd//Aldan/Ias
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	T.aestxTi(La(Frkal.xGb))=(1-66-22)/5/Kauz*2/Opata//Kauz
21	T.aestxTi(La(Frkal.xGb))=(1-66-22)/5/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

تجزیه واریانس مرکب صفات نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، ارتفاع بوته، تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا رسیدن در هر دو شرایط محیطی (تنش شوری وبدون تنش) وجود داشت (جدول۲). این موضوع نشان می‌دهد که توان ژنتیکی ژنوتیپ‌ها در بروز صفات دارای تفاوت‌هایی است. رنجبر

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب صفات ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش شوری و بدون تنش در سال‌های زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲

Table 2. Combined analysis of variance for different traits of wheat genotypes in two salinity stress and non-stress conditions in 2012-13 and 2013-14 cropping seasons

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	میانگین مربعات MS											
			شرایط تنش Stress condition						شرایط بدون تنش Non-stress condition					
			X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X6	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X6
Year (Y)	سال	1	27.15^{**}	506.90^{*}	307.02^{**}	459.38^{**}	45.93^{ns}	454.14^{**}	5.55^{*}	162.66^{*}	129.74^{*}	34.46^{ns}	12.91^{ns}	94.41^{**}
Rep/ (Y×L)	(مکان × سال) تکرار	4	0.35	3.67	6.78	21.23	6.93	2.85	0.43	21.35	11.51	326.70	23.78	0.31
Genotype (G)	ژنوتیپ	24	2.65^{**}	123.20^{**}	95.47^{**}	215.02^{**}	18.22^{**}	49.10^{**}	1.95^{**}	132.94^{**}	90.69^{**}	186.08^{**}	26.18^{**}	26.34^{**}
G × Y	سال × ژنوتیپ	24	0.29^{*}	0.20^{ns}	0.07^{ns}	1.45^{ns}	0.45^{ns}	0.22^{ns}	0.29^{**}	0.22^{ns}	0.15^{ns}	1.32^{ns}	0.573^{ns}	0.56^{ns}
Error	اشتباه	96	0.17	37.36	10.38	9.01	1.54	1.2	0.11	16.78	5.16	20.33	1.73	1.50
C.V (%)	درصد ضریب تغییرات		8.9	14.04	7.91	3.87	0.66	0.76	4.8	8.85	5.22	4.93	0.68	0.82

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

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

X_1: Grain yeld, X_2: Number of grain per spike, X_3: 1000 grain weight, X_4: Plant height, X_5: Days to maturity, X_6: Days to heading

و روستا (Ranjbar and Rousta, 2010) و صالحی و مساوات (Salehi and Mosavat, 2008) نیز درتحقیقات خود اثر ژنوتیپ را درشرایط تنش شوری معنی دارگزارش کردند. اثر سال در شرایط تنش به جزء تعداد روز تا رسیدن اثر سال در شرایط تنش به جزء تعداد روز تا رسیدن، برای بقیه صفات معنی‌دار بود و در شرایط بدون تنش تعداد روز تا ظهور سنبله، عملکرد و اجزاءعملکرد معنی‌دار بودند. اثر متقابل سال × ژنوتیپ فقط برای عملکرد دانه در هر دو شرایط محیطی (تنش و بدون تنش) معنی‌دار و برای سایر صفات غیر معنی‌دار بود (جدول ۲). امینی و همکاران (Amini *et al.*, 2010) در بررسی خود در شرایط تنش شوری، اثر محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را برای عملکرد دانه معنی‌دار گزارش کردند. ساردویی‌نسب و همکاران (Sardouie-Nasab *et al.*, 2013) با مطالعه ۱۰۰ لاین گندم در شرایط مزرعه‌ای شور و بدون شور نشان دادند که اختلاف معنی‌داری از نظر صفات عملکرد، اجزاء عملکرد، تعداد روز تا گلدهی و رسیدن وجود دارد و اثر محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای صفت عملکرد دانه را معنی‌دار گزارش کردند.

در مطالعه صالحی و مساوات (Salehi and Mosavat, 2008) نیز در ۲۲ ژنوتیپ گندم در دو محیط شور و غیر شور تفاوت معنی‌داری در بین ژنوتیپ‌ها برای عملکرد، ارتفاع و وزن هزار دانه وجود داشت. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بدون توجه به ژنوتیپ، میزان عملکرد و سایر صفات درشرایط معمولی و بدون تنش بیشتر از شرایط شور وتنش بود. تنش شوری کاهش معنی‌داری در عملکرد دانه و ارتفاع بوته ایجاد کرد. به طوری که میانگین دو ساله عملکرد دانه وارتفاع بوته ژنوتیپ‌ها در شرایط معمولی به ترتیب برابر با ۷۰۴۸ کیلوگرم در هکتار و ۹۱/۵ سانتی‌متر بود، در صورتی که در شرایط تنش این میانگین‌ها به ترتیب برابر ۴۶۸۸ کیلوگرم در هکتار و ۷۷/۶۵ سانتی‌متر بود و میزان کاهش ناشی از اعمال تنش در عملکرد و ارتفاع به ترتیب ۳۴ و ۱۷ درصد بود. نتایج مشابهی درخصوص کاهش صفات ناشی از تنش شوری توسط نرجسی و همکاران (Narjesi *et al.*, 2010) و رنجبر و روستا (Ranjbar and Rousta, 2010) نیزگزارش شده است. کاهش در صفات مختلف مرتبط با رشد رویشی و زایشی در شرایط تنش شوری و اثر مخرب آن بر رشد توسط محققان زیادی مورد تاکید قرار گرفته است (Munns *et al.*, 2006؛Colmer *et al.*, 2006). مقایسه میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش (جدول‌های ۳ و ۴) نشان داد که لاین‌های شماره ۲۵، ۲۲، ۲۰، ۲۱، ۲۴، ۱۳، ۲۳، ۱۹ و ۱۸ دارای عملکرد بیشتری نسبت به ارقام شاهد متحمل و پرمحصول افق (ژنوتیپ ۱۱)، ارگ (ژنوتیپ۵)، بم (ژنوتیپ ۷) و سیستان

(ژنوتیپ ۱) بودند و اکثر این لاین‌ها در شرایط معمولی نیز از عملکرد بالایی برخوردار بودند. در شرایط نرمال عملکرد بیشتر به ترتیب مربوط به مربوط به رقم سیستان و لاین‌های شماره ۲۰، ۲۵، ۲۲، ۱۳ و ۱۲ بود. همچنین لاین‌های شماره ۱۷، ۱۶، ۹ (مغان ۳) و ۱۰ (شیرودی) در هر دو شرایط (تنش و بدون تنش) با اختلاف معنی‌دار، عملکرد کمتری نسبت به ارقام شاهد متحمل و پرمحصول افق (ژنوتیپ ۱۱)، ارگ (ژنوتیپ ۵)، بم (ژنوتیپ ۷) و سیستان (ژنوتیپ ۱) تولید کردند البته این اختلاف در شرایط تنش چشمگیرتر بود (جدول‌های ۳ و ۴). جعفری شبستری و همکاران (Jafari-Shabestari *et al.*, 1995) بالا بودن عملکرد دانه در شرایط تنش شوری درمقایسه با عملکرد بیولوژیکی را به عنوان بهترین معیار جهت تحمل به شوری دانسته‌اند. گودرزی و پاک نیت (Goudarzi and Pakniyat, 2008) عملکرد دانه درگندم را به عنوان یکی از شاخص‌های مهم تحمل به تنش شوری گزارش کردند. ارقام بومی روشن، ماهوتی و سرخ تخم (به ترتیب ژنوتیپ‌های شماره ۸، ۲ و ۳) هرچند در شرایط تنش از عملکرد نسبتاً خوبی برخوردار بودند ولی در شرایط بدون تنش عملکرد کمتری در مقایسه با ارقام و لاین‌های اصلاح شده متحمل به شوری داشتند که این امر ناشی از پتانسیل محدود ارقام بومی در شرایط بهینه است. بیشترین تعداد دانه در سنبله در هر دو شرایط تنش وبدون تنش مربوط به رقم افق بود و لاین‌های شماره ۱۳ و۱۷ ازتعداد دانه درسنبله کمتری در هر دوشرایط برخوردار بودند. لاین شماره ۱۳ در هر دو شرایط بالاترین وزن هزاردانه را داشت و با توجه به این که رابطه عکسی بین تعداد دانه در سنبله و وزن دانه وجود دارد (Ranjbar and Rousta, 2010؛ Hay and Walker, 1989) چنین روندی منطقی به نظر می‌رسد. این فرضیه در مورد رقم افق نیز قابل تعمیم است که در هر دو شرایط (تنش و بدون تنش) وزن هزاردانه پایینی داشت.

با توجه به میانگین دوساله اجزای عملکرد مشاهده می‌شود نقش اجزای عملکرد در لاین‌های با عملکرد بیشتر متفاوت بود. به عنوان مثال در لاین‌های شماره ۱۳، ۲۲، ۲۰، ۲۱، ۲۳، ۲۵ و رقم روشن به دلیل داشتن وزن هزاردانه بیشتر توانستند از عملکرد بیشتری برخوردار باشند در حالی که ارقام افق وکویر و لاین‌های شماره ۱۲ و ۱۵ از تعداد دانه در سنبله بیشتر در هردو شرایط برخوردار بودند. در برخی ژنوتیپ‌ها مانند لاین شماره ۲۴ عملکرد دانه به طور نسبی ناشی از بیشتر بودن هر دو جزء عملکرد بود. در کل وزن دانه نقش بیشتری در عملکرد دانه در شرایط تنش شوری در این آزمایش داشت و اکثر لاین ها و ارقام با عملکرد بالا از وزن دانه بیشتری نیز برخوردار بودند. این نتیجه با نتایج و یافته های صابری وهمکاران (Saberi *et al.*, 2013) مطابقت دارد. ارقام بومی ماهوتی، روشن وسرخ تخم و لاین شماره ۱۴ که از کراس‌های روشن است از

میزان ارتفاع بوته بیشتری در هردو شرایط تنش و بدون تنش برخوردار بودند. کمترین ارتفاع بوته در شرایط تنش مربوط به لاین شماره ۱۶ بود که کمترین میزان عملکرد در شرایط تنش را نیز داشت. رقم شیرودی و لاین شماره ۱۵ از ارتفاع کمتری در هر دو شرایط برخوردار بودند. نرجسی و همکاران (۲۰۱۰) و ساردویی نسب و همکاران (۲۰۱۳) نیز اثر شوری را در کاهش ارتفاع بوته گزارش کردند. لاین‌های شماره ۱۴ ،۱۶و رقم ماهوتی از تعداد روز تا ظهور سنبله بیشتری در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار بودند از طرفی کمترین مقدار روز تا ظهور سنبله مربوط به رقم شیرودی در هر دو شرایط بود. لاین‌های شماره ۲۱، ۱۴ و۱۶ از لاین‌های دیررس و ارقام شیرودی و مغان ۳ زودرس‌ترین ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط محیطی (تنش و بدون تنش) بودند. در بین ارقام شاهد متحمل به شوری ارقام ماهوتی و افق دیررس‌تر از بقیه ارقام بودند (جدول‌های ۳ و۴).

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد دانه و برخی خصوصیات زراعی در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش شوری

Table 3. Mean comparison of grain yield and some traits of wheat genotypes under salinity stress condition

شماره ژنوتیپ † Genotype No.	عملکرد دانه Grain yield (tha^{-1})	تعداد دانه درسنبله Number of grain per spike	وزن هزاردانه 1000 grain weight (g)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد روز تا ظهورسنبله Days to heading	تعداد روز تا رسیدن Days to maturity
1	4.763abc	42.90b-f	44.21a-d	79.17def	144.67ghi	187.33fg
2	4.619bc	42.37b-f	40.78b-g	86.52b	150.50a	192.83a
3	4.562c	44.88b-e	40.16c-g	83.67bc	141.33jk	188.83b-f
4	4.732bc	40.49c-f	39.89d-g	74.75g	144.17hi	188.33c-f
5	4.962abc	45.55bcde	40.82b-g	71.00h	145.50e-h	189.17b-e
6	4.635bc	47.63bcd	31.43j	79.83c-f	145.00f-i	189.33b-e
7	4.833abc	41.67c-f	42.22a-f	78.17d-g	143.83i	188.33c-f
8	4.663bc	41.35c-f	44.46abc	90.92a	146.83de	190.33b
9	3.416d	50.33ab	35.74hi	79.88c-f	144.17hi	186.50gh
10	3.432d	39.08def	38.77f-i	74.25gh	137.00l	185.33h
11	5.008abc	56.90a	36.81ghi	74.30gh	148.00cd	190.33b
12	4.788abc	48.13bc	41.27b-f	76.95efg	145.00f-i	189.33b-e
13	5.309ab	37.63ef	45.80a	80.58cde	142.50j	187.83efg
14	4.568bc	42.97b-f	35.17ij	81.50cd	150.17a	192.50a
15	4.417c	50.57ab	31.82j	67.08i	145.33fgh	188.00d-g
16	2.986d	40.70c-f	40.30c-g	60.00j	149.17bc	190.17b
17	3.612d	35.83f	39.60e-h	76.42fg	140.67k	187.33fg
18	4.993abc	43.30b-f	43.91a-e	80.57cde	145.50e-h	189.50b-e
19	5.011abc	42.97b-f	42.16a-f	77.02efg	144.67ghi	189.67bcd
20	5.317ab	41.02c-f	42.31a-f	80.20c-f	144.50ghi	189.17b-e
21	5.314ab	44.18b-f	44.88ab	76.32fg	145.17fghi	192.33a
22	5.322ab	40.18c-f	44.42abc	76.90efg	145.67efgh	189.33b-e
23	5.106abc	42.23b-f	45.07ab	77.87d-g	146.33ef	189.00b-f
24	5.312ab	45.15b-e	45.06ab	81.25cd	146.00efg	190.00bc
25	5.517a	40.28c-f	41.42a-f	76.18fg	144.50ghi	188.67b-f
Mean	4.688	43.53	40.74	77.65	145.050	189.180
LSD	0.648	7.005	3.693	3.44	1.256	1.424

†: ژنوتیپ‌های ۱۱ (افق)، ۵ (ارگ) و ۷ (بم) ارقام شاهد هستند.

†:Genotypes No. 11 (Ofogh), 5 (Arg) and 7 (Bam) are the checks.

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

For genotypes name see Table 1. برای نام ژنوتیپ‌ها به جدول ۱ مراجعه شود.

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد دانه و برخی خصوصیات زراعی در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط بدون تنش

Table 4. Mean comparison of grain yield and some traits of wheat genotypes under non- salinity stress condition

شماره ژنوتیپ † Genotype No.	عملکرد دانه Grain yield (tha^{-1})	تعداد دانه درسنبله Number of grain per spike	وزن هزاردانه 1000 grain weight (g)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد روز تا ظهورسنبله Days to heading	تعداد روز تا رسیدن Days to maturity
1	7.869a	48.70cde	45.85bcd	93.82bc	148.17ef	191.83e-h
2	6.192def	43.60efg	44.97c-f	105.080a	152.92a	194.00bc
3	6.639cde	47.23def	41.48hi	98.350b	146.00g	190.83h
4	7.397abc	43.60efg	42.56fgh	89.520cd	148.33ef	191.67fgh
5	7.400abc	47.77def	44.77c-g	91.780cd	148.00ef	192.83c-g
6	7.075bc	49.58cd	34.45k	92.820bcd	149.17de	192.83c-g
7	7.122abc	43.27efg	42.82d-h	90.50cd	148.67def	192.17d-g
8	6.013ef	42.33fg	46.73abc	104.450a	149.50de	191.83e-h
9	6.241def	55.83ab	39.43ij	89.200cd	146.50g	187.83i
10	6.218def	44.63d-g	41.79ghi	77.580f	143.92h	186.17j
11	7.397abc	59.75a	37.97j	88.220cde	151.25bc	193.83bcd
12	7.575ab	49.55cd	45.04c-f	89.050cd	149.67de	194.83ab
13	7.609ab	40.38g	48.88a	90.650cd	146.42g	191.17gh
14	7.233abc	44.00d-g	39.59ij	94.200bc	153.33a	195.83a
15	6.692cde	53.25bc	34.62k	82.780e	148.67def	193.17b-f
16	5.911f	43.62efg	42.45fgh	90.080cd	151.92ab	194.17bc
17	6.768cd	39.53g	42.77e-h	87.350de	147.33fg	191.50fgh
18	7.173abc	46.85def	45.79b-e	91.580cd	149.67de	192.83c-g
19	7.178abc	44.47d-g	45.11c-f	92.250bcd	148.08ef	194.00bc
20	7.728ab	42.72fg	44.55cd-g	92.750bcd	148.33ef	193.67bcd
21	7.327abc	46.30def	48.22ab	93.080bcd	148.67def	194.17bc
22	7.617ab	42.37fg	46.44abc	89.450cd	149.67de	193.83bcd
23	7.002bc	46.53def	47.00abc	89.520cd	150.33cd	194.00bc
24	7.111abc	48.55cde	48.18ab	92.500bcd	149.33de	193.50b-e
25	7.705ab	43.32efg	45.63b-e	90.920cd	148.67def	193.17b-f
Mean	7.048	46.310	43.480	91.500	148.900	192.630
LSD	0.646	4.695	2.604	5.167	1.405	1.511

†: ژنوتیپ‌های ۱۱ (افق)، ۵ (ارگ) و ۷ (بم) ارقام شاهد هستند.

†:Genotypes No. 11 (Ofogh), 5 (Arg) and 7 (Bam) are the checks.

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

For genotypes name see Table 1. برای نام ژنوتیپ‌ها به جدول ۱ مراجعه شود.

به علت آن که بالاترین و پایین‌ترین میانگین عملکرد در شرایط معمولی و تنش متعلق به ژنوتیپ ثابتی نبود، لذا محاسبه شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش در ارزیابی و شناسایی تعیین ژنوتیپ(های) برتر ضروری بود (Askar *et al.*, 2010). جدول ۵ شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش شوری را برای صفت عملکرد دانه (میانگین دو سال) نشان می‌دهد. محاسبه شاخص تحمل به تنش (STI) برای ژنوتیپ‌ها به ترتیب بیانگر تحمل بیشتر ژنوتیپ‌های شماره **۲۵، ۲۰، ۲۲، ۱۳، ۲۱ و ۲۴** در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها بود و نسبت به ارقام شاهد متحمل یعنی ژنوتیپ‌های شماره ۱ (سیستان)، شماره ۱۱ (افق)، شماره ۵ (ارگ) و شماره ۷ (بم) برتر بودند (جدول ۵).

ژنوتیپ‌های یاد شده ضمن احراز بالاترین مقادیر STI در بین ژنوتیپ‌های تحت مطالعه، از نظر میانگین عملکرد در شرایط تنش، پرمحصول‌ترین ژنوتیپ‌ها و در شرایط معمولی نیز از عملکرد بالایی برخوردار بودند.

جدول ۵- میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم و شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش و رتبه‌بندی آن‌ها برای عملکرد دانه در سال‌های زراعی ۹۳-۱۳۹۱

Table 5. Mean grain yield of wheat genotypes and tolerance and susceptibility indices and their ranking in 2012-14 cropping seasons

No.	Yn	R	Ys	R	GMP	R	MP	R	SSI	R	STI	R	TOL	R	Ysi	R	$\overline{R}$	SDR
1	7.869	1	4.763	14	6.122	6	6.316	21	1.178	7	0.755	24	3.107	14	0.605	7	12.6	8.57
2	6.192	23	4.619	18	5.348	20	5.405	3	0.758	20	0.576	2	1.573	18	0.746	20	13.6	9.18
3	6.639	20	4.562	20	5.504	18	5.601	12	0.934	18	0.610	6	2.077	20	0.687	18	15.5	4.99
4	7.397	8.5	4.732	15	5.916	13	6.064	18	1.076	14	0.705	18.5	2.665	15	0.640	14	14.9	3.35
5	7.400	7	4.962	11	6.060	10	6.181	15	0.983	9	0.739	16	2.438	11	0.671	9	11.5	3.38
6	7.075	16	4.635	17	5.726	17	5.855	17	1.030	17	0.660	17	2.441	17	0.655	17	16.9	0.35
7	7.122	14	4.833	12	5.867	15	5.977	13	0.960	15	0.693	11	2.290	12	0.679	15	13.5	1.51
8	6.013	24	4.663	16	5.295	21	5.338	1	0.670	21	0.565	1	1.350	16	0.775	21	13.3	10.4
9	6.241	21	3.416	24	4.617	23	4.829	23	1.351	24	0.429	22	2.825	24	0.547	24	23.0	1.07
10	6.218	22	3.433	23	4.620	24	4.825	22	1.337	23	0.430	20	2.786	23	0.552	23	22.4	1.19
11	7.397	8.5	5.008	9	6.086	8	6.202	14	0.964	8	0.746	14	2.389	9	0.677	8	10.4	2.97
12	7.575	6	4.788	13	6.023	9	6.182	19	1.098	10	0.730	21	2.787	13	0.632	10	13.4	5.65
13	7.608	5	5.309	6	6.355	4	6.459	9	0.902	4	0.813	13	2.299	6	0.698	4	6.7	3.24
14	7.233	11	4.568	19	5.748	16	5.901	20	1.100	16	0.665	18.5	2.665	19	0.632	16	17.0	2.94
15	6.692	19	4.417	21	5.437	19	5.554	16	1.015	19	0.595	10	2.276	21	0.660	19	17.4	3.42
16	5.911	25	2.986	25	4.201	25	4.448	25	1.477	25	0.355	23	2.925	25	0.505	25	24.8	0.71
17	6.768	18	3.612	22	4.944	22	5.190	24	1.392	22	0.492	25	3.156	22	0.534	22	22.4	2.13
18	7.172	13	4.993	10	5.984	12	6.083	10	0.907	12	0.721	8	2.179	10	0.696	12	10.9	1.64
19	7.178	12	5.011	8	5.997	11	6.094	8	0.901	11	0.724	7	2.167	8	0.698	11	9.6	1.88
20	7.728	2	5.317	3	6.410	2	6.523	11	0.932	2	0.827	15	2.412	3	0.688	2	6.0	5.40
21	7.327	10	5.314	4	6.240	5	6.320	5	0.820	5	0.784	5	2.013	4	0.725	5	5.5	1.85
22	7.617	4	5.322	2	6.367	3	6.469	7	0.900	3	0.816	12	2.296	2	0.699	3	5.1	3.36
23	7.000	17	5.106	7	5.978	14	6.053	4	0.808	13	0.719	4	1.895	7	0.729	13	9.5	5.32
24	7.111	15	5.312	5	6.146	7	6.211	2	0.755	6	0.760	3	1.799	5	0.747	6	5.8	4.20
25	7.706	3	5.517	1	6.520	1	6.611	6	0.848	1	0.856	9	2.189	1	0.716	1	3.5	3.12
Mean	7.048		4.688		5.740		5.868		1.004		0.671		2.360		0.664			

Yn: Yield non-stress condition — عملکرد در شرایط بدون تنش
Ys: Yield in stress condition — عملکرد در شرایط تنش
GMP: Geometric Mean Productivity — میانگین هندسی عملکرد
SSI: Stress Susceptibility Index — شاخص حساسیت به تنش
Ysi: Yield stability index — شاخص پایداری عملکرد
STI: Stress Tolerance Index — شاخص تحمل به تنش
MP: Mean of productivity — شاخص میانگین بهره‌وری
TOL: Tolerance — شاخص تحمل
SDR: Standard Deviation of Rank — انحراف معیار رتبه
R: Rank — رتبه
$\overline{R}$: Mean of ranks — میانگین رتبه‌ها

For genotypes name see Table 1.

برای نام ژنوتیپ‌ها به جدول ۱ مراجعه شود.

ژنوتیپ‌های شماره ۱۶، ۱۰ (شیرودی)، ۹ (مغان۳) و۱۷ نیز بر اساس این شاخص به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. این ژنوتیپ‌ها از نظر میانگین عملکرد در شرایط تنش وبدون تنش در گروه ژنوتیپ‌های کم محصول قرار داشتند و کمترین عملکرد در هر دو شرایط محیطی (تنش و بدون تنش) مربوط به لاین شماره۱۶ بود (جدول ۵). با توجه به آنچه که بیان شد نتیجه گرفته می‌شود که STI از نظر گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط بدون تنش و تنش از کارایی بالایی برخوردار است. نتایج ضرایب همبستگی نیز نشان داد که در هر دو شرایط تنش شوری و بدون تنش شاخص STI دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه بود (جدول ۶). رنجبر و روستا (Ranjbar and Rousta, 2010) و صالحی و مساوات (Salehi and Mosavat, 2008) قبلاً در ارتباط با مطلوبیت STI درگزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش شوری گزارش داده بودند. محاسبه شاخص حساسیت به تنش (SSI) نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۸ (روشن)، ۲ (ماهوتی)، ۲۴، ۲۳، ۲۱، ۲۵، ۱۹، ۱۳ و ۱۸ در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها از حساسیت کمتری برخوردار بودند. این ژنوتیپ‌ها علاوه بر احراز مقدار کمی SSI، در شرایط تنش از نظر میانگین عملکرد در گروه ژنوتیپ‌های پر محصول قرار داشتند (جدول ۵). نتایج ضرائب همبستگی نیز نشان داد که SSI همبستگی قوی ومنفی با عملکرد درشرایط تنش داشت ولی در شرایط بدون تنش این همبستگی معنی‌دار نبود (جدول ۶). عسکر و همکاران (Askar *et al.*, 2010) نیز در مطالعه شاخص‌های تحمل به خشکی درگندم، همبستگی بین SSI با عملکرد دانه در شرایط بدون تنش را منفی و غیر معنی‌دار گزارش کردند، ولی زبرجدی و همکاران (Zebarjadi *et al.*, 2013) در بررسی تحمل به تنش خشکی درگندم دورم این همبستگی را مثبت و معنی‌دار گزارش کردند. ژنوتیپ‌های شماره ۱۶ ،۱۷، ۹ (مغان۳)، ۱۰ (شیرودی) و ۱ (سیستان) با اختصاص بالاترین مقدار SSI به خود به عنوان ژنوتیپ‌های حساس شناسایی شدند (جدول ۵). بررسی میزان تحمل ژنوتیپ‌ها با استفاده از شاخص تحمل (TOL) حاکی از برتری ژنوتیپ‌های شماره ۸ (روشن)، ۲ (ماهوتی)، ۲۴، ۲۳ و ۲۱ در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها بود. این ژنوتیپ‌ها از نظر میانگین عملکرد در شرایط تنش در گروه ژنوتیپ‌های پر محصول قرار داشتند. همچنین ژنوتیپ‌های شماره ۱۷، ۱ (سیستان)، ۱۶، ۹ (مغان۳) ،۱۲ و ۱۰ (شیرودی) با کسب بالاترین مقدار TOL به عنوان ژنوتیپ‌های حساس شناخته شدند. این ژنوتیپ‌ها (به استثنای سیستان) در شرایط تنش از عملکرد مناسبی برخوردار نبودند (جدول ۵). گزینش ژنوتیپ‌ها بر اساس TOL با SSI همخوانی داشت ازطرفی این شاخص نیز مانند SSI دارای همبستگی منفی و معنی‌دار با عملکرد در شرایط تنش و همبستگی مثبت و

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه درشرایط تنش و بدون تنش و نیز شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش ۲۵ ژنوتیپ مورد بررسی در سال‌های زراعی۹۳-۱۳۹۱

Table 6. Correlation coefficients between tolerance and susceptibility indices, Yn and Ys in 25 genotypes in 2012-14 in cropping seasons

	Ys	SSI	TOL	STI	MP	GMP	Ysi
Yn	0.75**	-0.27^{ns}	0.16^{ns}	0.90**	0.92*	0.89**	0.27^{ns}
Ys		-0.84**	-0.53**	0.96**	0.94**	0.96**	0.84**
SSI			0.90**	-0.65**	-0.61**	-0.67**	-1.00**
TOL				-0.28^{ns}	-0.22^{ns}	-0.3^{ns}	-0.90**
STI					0. 99**	0.99**	0.65**
MP						0.99**	0.61**

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

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

Yn: Yield non-stress condition	عملکرد در شرایط بدون تنش	STI: Stress Tolerance Index	شاخص تحمل به تنش
Ys: Yield in stress condition	عملکرد در شرایط تنش	MP: Mean productivity	شاخص میانگین بهره‌وری
SSI: Stress Susceptibility Index	شاخص حساسیت به تنش	GMP: Geometric Mean Productivity	میانگین هندسی عملکرد
TOL: Tolerance	شاخص تحمل	Ysi: Yield stability index	شاخص پایداری عملکرد

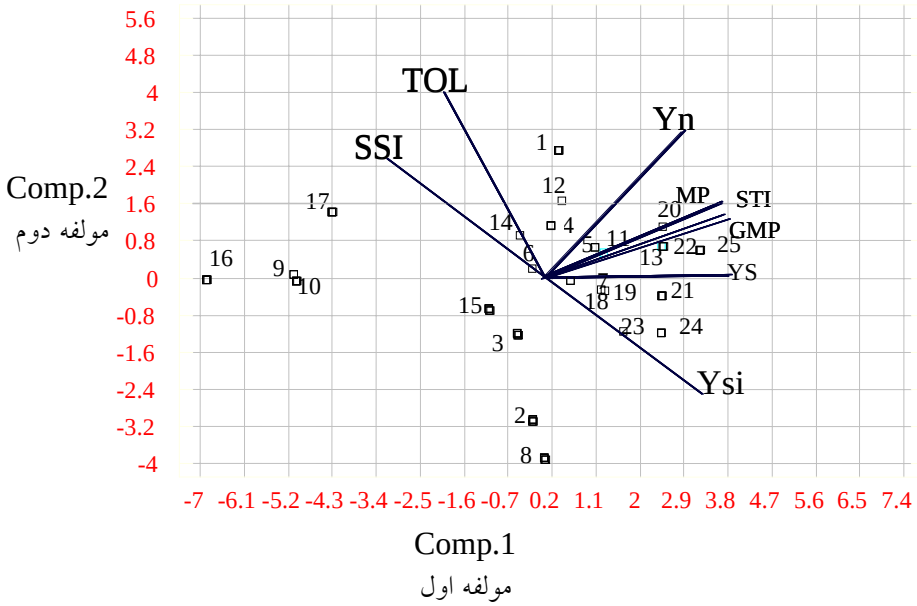
غیرمعنی‌دار در شرایط بدون تنش داشت (جدول ۶). این نتیجه با یافته‌های عسکر و همکاران (Askar *et al.*, 2010) مطابقت داشت.

درکل شاخص‌های TOL و SSI در شناسایی ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط تنش و بدون تنش دارای عملکرد مناسب باشند، نسبتاً موفق نبودند. بر اساس شاخص پایداری عملکرد (Ysi) ژنوتیپ‌های شماره ۸ (روشن)، ۲۴، ۲ (ماهوتی)، ۲۳، ۲۱ و ۲۵ با کسب مقادیر بالای Ysi به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل و ژنوتیپ‌های۱۶، ۱۷، ۹ (مغان ۳) و ۱۰ (شیرودی) نیز به عنوان ژنوتیپ‌های حساس ارزیابی شدند. نتایج همبستگی نیز نشان داد که همبستگی این شاخص با میانگین عملکرد در شرایط تنش مثبت و معنی‌دار، ولی در شرایط بدون تنش مثبت و غیر معنی‌دار بود (جدول ۶). به نظر می‌رسد Ysi درگزینش ژنوتیپ‌هایی موفق است که عملکرد آن‌ها در شرایط تنش مناسب است. درمطالعه سی و سه مرده و همکاران (Sio-se Mardeh *et al.*, 2006) ارقامی با Y_{Si} بالاتر، حداقل عملکرد را در شرایط غیر تنش و بالاترین عملکرد را در شرایط تنش نشان دادند. زبرجدی و همکاران (Zebarjadi *et al.*, 2013)، همبستگی Y_{Si} با عملکرد را در شرایط تنش خشکی مثبت و معنی‌دار و در شرایط نرمال، منفی و معنی‌دار گزارش کردند.

بر اساس شاخص میانگین بهره‌وری (MP) و شاخص میانگین هندسی عملکرد (GMP)، به ترتیب ژنوتیپ‌های شماره ۲۵، ۲۰، ۲۲، ۱۳، ۲۱ و ۲۴ به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها تعیین

شدند و درمقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها و ارقام شاهد متحمل برتر بودند. بر اساس این دو شاخص ژنوتیپ‌های شماره ۱۶، ۱۰ (شیرودی)، ۹ (مغان ۳) و ۱۷ با کسب کمترین مقادیر شاخص‌های فوق به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (جدول ۵). همان‌گونه که ملاحظه می‌شود شاخص‌های MP و GMP همانند STI ژنوتیپ‌هایی را گزینش کردند که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش از میانگین عملکرد بالایی برخوردار بودند (جدول ۵)، نتایج ضرائب همبستگی نیز مؤید این موضوع بود به طوری که این شاخص‌ها نیز مانند STI دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و بدون تنش بودند (جدول ۶). بنابراین، این شاخص‌ها را همانند STI می‌توان به عنوان شاخص‌های مناسب جهت تعیین ژنوتیپ‌های متحمل به تنش استفاده کرد زیرا که بنا به اظهارات فرناندز (Fernandez, 1992) و ریچاردز (Richards, 1996) شاخص‌هایی که دارای همبستگی بالایی با عملکرد دانه در هر دو محیطی تنش و بدون تنش باشند به عنوان بهترین شاخص‌ها انتخاب می‌شوند. درکل با توجه به همبستگی بالا و معنی‌دار عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش با شاخص‌های STI، GMP و MP این شاخص‌ها به عنوان بهترین شاخص‌ها انتخاب شدند که قادر به غربال ژنوتیپ‌های متحمل به شوری از سایر ژنوتیپ‌ها هستند و در بین آن‌ها STI مناسب‌ترین شناخته شد که با نتایج حاصل از روش ترسیمی بای‌پلات نیز مطابقت داشت (شکل ۱ و جدول ۷). علی‌رغم بررسی‌های زیاد روی شاخص‌های خشکی، تاکنون مطالعات اندکی درخصوص شاخص‌های تحمل شوری انجام شده است. لذا شناسایی شاخص‌های فوق می‌تواند درگزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش شوری در شرایط مزرعه موثر و مفید واقع شود. این نتیجه با نتایج رنجبر و روستا (۲۰۱۰) و صالحی و مساوات (۲۰۰۸) که درگزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش شوری در شرایط مزرعه، STI را مطلوب دانستند و یافته‌های محققین دیگر از جمله عسکر و همکاران (۲۰۱۰) و شفازاده و همکاران (Shafazadeh *et al.*, 2004) درگندم نان، زبرجدی وهمکاران (۲۰۱۳) درگندم دوروم و ویسی مال امیری و همکاران (Waysi Malamiri *et al.*, 2010) در جو مطابقت دارد. مقدم و هادی‌زاده (Moghadam and Hadizadeh, 2000) درذرت، بین MP و عملکرد در شرایط تنش همبستگی مثبتی را مشاهده نکردند که این موضوع مغایر با نتایج به دست آمده در بالا بود. برای مطالعه روابط بین شاخص‌ها از ترسیم گرافیکی بای‌پلات (Biplot) استفاده شد.

با داشتن جدولی شامل ژنوتیپ‌ها و شاخص‌های مختلف حساسیت و تحمل به تنش می‌توان روابط بین ژنوتیپ‌ها و شاخص‌ها را به صورت یک شکل واحد (بای‌پلات) ترسیم و



شکل ۱- نمایش بای‌پلات شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش در ۲۵ ژنوتیپ گندم براساس اولین و دومین مؤلفه

Fig. 1. Biplot for tolerance and susceptibility indices in 25 genotypes of wheat based on first and second compilations

اعداد داخل شکل نشان دهنده شماره ژنوتیپ ها هستند (به جدول ۱ مراجعه شود)

Numbers inside the figure are genotypes No. (See Table 1).

جدول ۷- بردارها ومقادیر ویژه برای هفت شاخص حساسیت و تحمل به تنش در۲۵ ژنوتیپ گندم

Table 7. Vectors and eigen values for seven tolerance and susceptibility indices in 25 genotypes

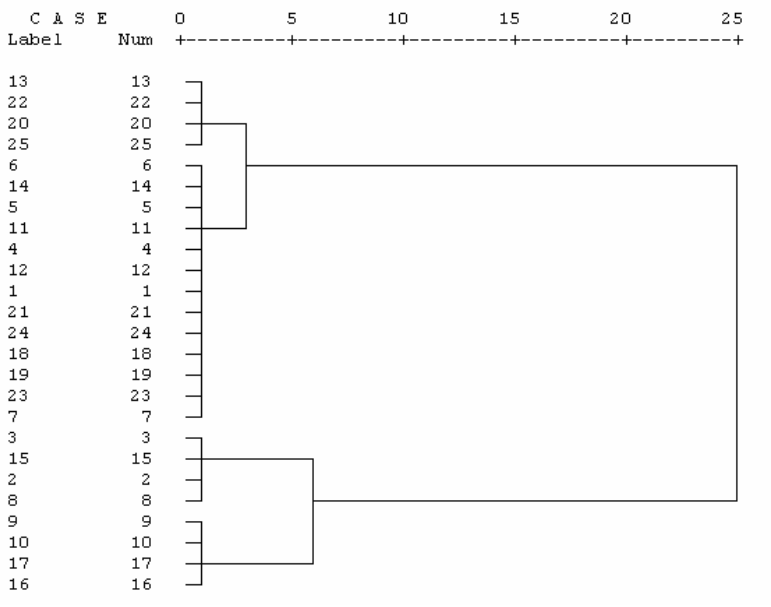
مولفه	ویژه مقدار	واریانس								
Compenent	Eigen value	% Variance	YS	Yn	TOL	STI	SSI	MP	GMP	Ysi
1	5.99	74.9	0.41	0.30	-0.22	0.39	-0.34	0.38	0.39	0.34
2	1.99	24.9	-0.01	0.47	0.59	0.20	0.38	0.24	0.18	-0.38

به سادگی ساختار چنین ماتریس بزرگ دو طرفه را مورد ارزیابی قرار داد. در این مورد پس از انجام تجزیه به مولفه‌های اصلی روی هفت شاخص و دو صفت Yn و Ys در ۲۵ ژنوتیپ، همان طوری که ملاحظه می‌شود بیشترین تغییرات مورد نظر بین داده‌ها توسط دو مولفه اول و دوم (۹۹/۸ ٪) بیان شد و به همین جهت ترسیم بای‌پلات بر اساس دو مولفه اصلی اول و دوم انجام شد (جدول ۷). از آن جایی که دو مولفه تغییراتی مستقل را تبیین می‌کنند از این رو دو مولفه را می‌توان به صورت دو محور عمود بر هم نمایش داد و ژنوتیپ‌ها را بر اساس این دو مولفه در سطح نمودار توسط نقاطی مشخص کرد. در این بررسی حدود ۷۵٪ از تغییرات کل داده‌ها توسط اولین مولفه تبیین شد و این مولفه همبستگی مثبت و بالایی را با عملکرد در شرایط

تنش (Ys)، شاخص‌های GMP، STI، MP و Ysi داشت و همچنین همبستگی مثبت و پایینی با عملکرد در شرایط بدون تنش (Yn) داشت ولی همبستگی این مولفه با شاخص‌های SSI و TOL منفی بود (جدول ۷). با توجه به مطلوب بودن میزان بالای شاخص‌هایGMP، STI، MP و YSi اگر میزان مولفه اول بالا باشد ژنوتیپ‌هایی انتخاب می‌شوند که دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط و بالاخص در شرایط تنش بوده و دارای مقادیرMP، GMP ، STI وYsi بالایی باشند. از این رو مولفه اول را می‌توان به عنوان مولفه پایداری عملکرد دانه و تحمل به تنش شوری نام‌گذاری کرد (جدول ۷ و شکل ۱). دومین مولفه حدود ۲۴/۹ ٪ از تغییرات کل داده‌ها را نشان داد. این مولفه همبستگی مثبت بالایی با عملکرد در شرایط بدون تنش (Yn) و شاخص‌های SSI و TOL داشت و دارای همبستگی مثبت و پایینی با شاخص‌های GMP، MP و STI بود ولی همبستگی منفی بالایی با شاخص پایداری عملکرد (Ysi) داشت، از طرفی همبستگی منفی بسیار ضعیفی با عملکرد در شرایط تنش (Ys) داشت و به همین جهت مولفه دوم را به عنوان مولفه پتانسیل عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و حساسیت به تنش که ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین در شرایط تنش را از سایر ژنوتیپ‌ها جدا می‌کند، تعیین شد (جدول ۷ و شکل ۱). با توجه به این که مقادیر بالای شاخص‌های GMP، STI، MP و Ysi و مقادیر پایین SSI و TOL مطلوب هستند، لذا اگر میزان مولفه دوم پایین باشد، ارقامی انتخاب می‌شوند که دارای GMP، STI وMP بالا و مقادیر TOL و SSI پایین و عملکرد بالا در تنش هستند. ژنوتیپ‌ها درون گروه‌های مشخصی قرار گرفتند که مرتبط با میانگین عملکرد و تحمل به تنش آن‌ها بود. با توجه به شکل ۱ ژنوتیپ‌های شماره ۲۵، ۲۲، ۱۳، ۲۱، ۲۰، ۲۳، ۲۴، ۲۰، ۱۹، ۱۸، ۱۱ (افق)، ۵ (ارگ) و ۷ (بم) درسمت راست نمودار قرار گرفتند که نشان‌دهنده بالا بودن مولفه اول و نسبتاً پایین بودن مولفه دوم بود، در نتیجه این ژنوتیپ‌ها در ناحیه با پایداری عملکرد درشرایط تنش وحساسیت کم به شوری (متحمل به شوری) قرارگرفتند، و در این میان ژنوتیپ شماره ۲۵ مطلوب‌ترین ژنوتیپ بود. این ژنوتیپ‌ها دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط محیطی، به ویژه در شرایط تنش بودند. ژنوتیپ‌های شماره ۱۶، ۹ (مغان ۳) ،۱۰ (شیرودی) و ۱۷ (سمت چپ نمودار) در ناحیه با عملکرد پایین در شرایط تنش و حساسیت بالا به تنش قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۶، ۱۴، ۱۲ و ۱ در قسمت وسط مولفه اول و مولفه دوم قرار داشتند که نشان می‌داد این ژنوتیپ‌ها دارای پتانسیل تولید متوسط و حساسیت متوسط به شوری هستند البته ژنوتیپ شماره ۱ (سیستان) درقسمت بالایی واقع شده که دارای پتانسیل عملکرد بالا در شرایط بدون تنش (بیشترین عملکرد شرایط بدون تنش) و حساسیت متوسط به شوری (نیمه متحمل) بود. ژنوتیپ‌های شماره

۸ (روشن)،۲ (ماهوتی) و۳ (سرخ تخم) در قسمت پایین گراف قرار گرفتند که بیانگر پتانسیل تولید کم این ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش اشت. همان‌طوری که قبلاً نیز ذکر شد این ارقام بومی هستند که علی‌رغم عملکرد نسبتاً بالا در شرایط تنش، دارای پتانسیل تولید کم و عملکرد پایین در شرایط مطلوب و نرمال هستند. با توجه به زوایای بین بردارهای شاخص‌ها ملاحظه می‌شود که شاخص‌های SSI و TOL همبستگی منفی و معنی‌دار با عملکرد در شرایط تنش و مثبت و بالا با عملکرد در شرایط بدون تنش داشتند. شاخص‌های GMP، MP و STI با عملکرد در هر دو محیط همبستگی مثبت داشتند و همچنین زاویه تند بین بردارهای این سه شاخص نیز نشان از همبستگی بسیار بالا آن‌ها با هم بود، که کاملاً با نتایج همبستگی (جدول ۶) مطابقت دارد. نتایج مشابهی توسط محققین دیگر (Zebarjadi *et al.*, 2013؛ Askar *et al.*, 2010) بر اساس روش ترسیمی بای‌پلات گزارش شده است. گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر مبنای شاخص‌هایGMP، MP و STI و عملکرد در دو شرایط محیطی تنش و بدون تنش با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به روش وارد (Ward's method) انجام و ژنوتیپ‌ها در چهار گروه قرارگرفتند (شکل ۲). همان طوری که مشاهده می‌شود ژنوتیپ‌های شماره ۲۵، ۲۲، ۱۳ و ۲۰ در کلاستر اول قرارگرفتند که این ژنوتیپ‌ها دارای عملکرد بالا در هردو شرایط محیطی (تنش و بدون تنش) بودند و در بای‌پلات ترسیمی نیز درمجاورت بردارهای MP، GMP و STI قرار گرفته و بالاترین مقدار این شاخص‌ها را به خود اختصاص دادند. این ژنوتیپ‌ها به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به تنش با عملکرد پایدار و بالا تعیین شدند. درکلاستر چهارم، ژنوتیپ‌های شماره ۱۶، ۱۷، ۹ (مغان ۳) و ۱۰ (شیرودی) قرار داشتند و برخلاف گروه اول به عنوان ژنوتیپ‌های حساس به تنش تعیین شده و از مقادیر پایینی از شاخص‌های GMP، MP و TI عملکرد دانه در هر دو شرایط برخوردار بودند.

ژنوتیپ‌های شماره ۲ (ماهوتی)، ۸ (روشن)،۳ (سرخ تخم) و ۱۵ (به استثناء ژنوتیپ شماره ۱۵) ارقام بومی هستند که درکلاستر سوم به طور جداگانه‌ای قرار گرفتند. این ژنوتیپ‌ها از عملکرد نسبتاً بالا و قابل قبول در شرایط تنش برخوردار بوده ولی به علت محدود بودن ظرفیت پتانسیل تولید، دارای عملکرد پایینی در شرایط بدون تنش بودند. این ژنوتیپ‌ها از عملکرد نسبتاً بالا و قابل قبول در شرایط تنش برخوردار بوده ولی به علت محدود بودن ظرفیت پتانسیل تولید، دارای عملکرد پایینی در شرایط بدون تنش بودند. بقیه ژنوتیپ‌ها که ارقام شاهد ارگ (ژنوتیپ ۵)، افق(ژنوتیپ ۱۱)، بم (ژنوتیپ ۷)، سیستان (ژنوتیپ ۱) و نیشابور (ژنوتیپ ۴) نیز شامل می‌شوند، در کلاستر دوم قرارگرفتند که دارای عملکرد بالا و مقادیر بالایی از شاخص‌های فوق بوده ولی نسبت به ژنوتیپ‌های کلاستر اول در



شکل ۲- دندوگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های گندم بر اساس شاخص‌های MP، STI و GMP و میانگین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش با استفاده از روش Ward

Fig. 2. Dendrogram of cluster analysis of wheat genotypes based on grain yield and MP, GMP and STI indices using Ward s method

اعداد داخل شکل نشان دهنده شماره ژنوتیپ ها هستند (به جدول ۱ مراجعه شود)

Numbers inside the figure are genotypes No. (See Table 1).

وضعیت پایین تر قرار داشتند، در این گروه ژنوتیپ‌های شماره ۲۱، ۲۳ و ۲۴ هر چند از نظرعملکرد در شرایط تنش همانند گروه اول بودند ولی از نظر عملکرد شرایط بدون تنش و شاخص‌های GMP، MP و STI در وضعیت پایین‌تری بودند و به همین علت ازآن گروه تفکیک شدند. در مجموع، با توجه به همبستگی بالا و معنی‌دار عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش با شاخص‌های تحمل به تنش و نتایج حاصله از روش ترسیمی بای‌پلات شاخص‌های GMP، MP و STI به عنوان بهترین شاخص‌ها انتخاب شدند که قادرند ژنوتیپ‌های متحمل به تنش شوری را از سایر ژنوتیپ‌ها غربال کنند و در بین آن‌ها STI مناسب‌ترین شاخص شناخته شد. بر اساس شاخص‌های STI، GMP وMP و میانگین عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش و میانگین رتبه ($\overline{R}$) و انحراف معیار رتبه (SDR) شاخص‌ها، بای‌پلات ترسیمی و وضعیت قرارگیری ژنوتیپ‌ها و شاخص‌ها درآن، و همچنین نتایج تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های شماره ۲۵، ۲۲، ۲۰ و۱۳ به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل و برتر شناخته شدند که نسبت به ارقام شاهد متحمل (افق، ارگ، بم، سیستان، نیشابور و کویر) مورد کشت در کشور، برتر بودند. این ژنوتیپ‌ها با داشتن $\overline{R}$ و SDR کمتر، از پایداری نسبی خوبی از نظر شاخص‌ها

نیز برخوردار بودند. ژنوتیپ‌های شماره ۱۶، ۱۷، ۹ (مغان ۳) و ۱۰ (شیرودی) که با اختصاص کمترین مقادیر STI، MP وGMP و عملکرد پایین درهر دو شرایط محیطی و قرارگرفتن در ناحیه با عملکرد کم در شرایط تنش وحساسیت بالا به تنش شوری در بای‌پلات ترسیمی، به عنوان ژنوتیپ‌های حساس به شوری تعیین شدند.

References

Amini, A. Vahabzadeh, M., Majidi, A., Afiuni, D., Tabatabaei, M. T., Saberi, M. H., Ayneh, G., and Ravari, S. Z. 2010. Grain yield stability and adaptability of bread wheat genotypes using different stability indices under salinity stress conditions. Seed and Plant Improvement Journal 26-1: 397-411(in Persian).

Anonymous 2000. FAO Global Network on Integrated Soil Management for Sustainable Use of Salt- affected Soils. Country Specific Salinity Issue, Tehran, Iran.

Askar, M., Yazdansepas, A., and Amini, A. 2010. Evaluation of winter and facultative bread wheat genotypes under irrigated and post-anthesis drought stress conditions. Seed and Plant Improvement Journal 26-1: 313-329 (in Persian).

Bouslama, M., and Schapaugh, W. T. 1984. Stress tolerance in soybean. I: Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Science 24: 933-937.

Colmer, T. D., Flowers, T. J., and Munns, R. 2006. Use of wild relatives to improve salt tolerance in wheat. Journal of Experimental Botany 54: 1059-1078.

Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. pp. 257-270. In: Kuo, C. G. (ed.). Proceedings of International Symposium on Adaptation of Food Crops to Temperature and Water stress, AVRDC, Shanhua, Taiwan.

Fischer, R., and Maurer, R. 1978. Drought resistant in spring wheat cultivars. I: Grain Yield response. Australian Journal of Agricultural Research 29: 895-97.

Gabriel, K. R. 1971. The biplot graphical display of matrices with applications to principal component analysis. Biometrika 58: 453-467.

Goudarzi, M., and 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

Hay, K. M. R., and Walker, A. J. 1989. An Introduction to the Physiology of Crop

Yield. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

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

Hussain, S. S. 2006. Molecular breeding for abiotic stress tolerance: drought perspective. Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences 43(3): 189-210.

Jafari-Shabestari, J., Corke, H., and Qualset, C. O. 1995. Field evaluation of tolerance to salinity stress in Iranian hexaploid wheat landraces accessions. Genetic Resources and Crop Environment 42: 147-160.

Kamkar, B., Kafi, M., and Nassiri Mahallati, M. 2004. Determination of the most sensitive developmental period of wheat (*Triticum aestivum*) to salt stress to optimize saline water utilization. Proceedings of the 4th International Crop Science Congress. Brisbane, Australia.

Moghadam, A., and Hadizadeh, M. H. 2000. Use of plant density in selection of drought tolerance varieties in corn. Iranian Journal of Crop Sciences 2 (3): 25-38 (in Persian).

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

Munns, R., James, R. A., and Lauchli, A. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. Journal of Experimental Botany 57: 1025-1043.

Narjesi, V., Majidi Hervan, E., Zali, A. A., Mardi, M., and Naghavi, M. R. 2010. Effect of salinity stress on grain yield and plant characteristics in bread wheat recombinant inbred lines. Iranian Journal of Crop Sciences 12 (3): 291-304 (in Persian).

Quereshi, A. S., Qadir, M., Heydari, N., Turral, H., and Javadi, A. 2007. A review of management strategies for salt– prone land and water recourses in Iran. International Water Management Institute, Colombo, Seri Lanka. 23pp.

Ranjbar, G. H., and 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).

Richards, R. A. 1996. Defining selection criteria to improve yield under drought. Plant Growth Regulation 20: 157-166.

Rosielle, A. T., and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Science 21: 943-945.

Saberi, M. H., Amini, A., Samadzadeh, A., and Tajalli, H. 2013. Study on some wheat genotypes under salinity stress conditions in field conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences 6: 1-10 (in Persian).

Salehi, M., and Mosavat, S. A. 2008. Selection criteria of wheat genotypes under salt stress in Golestan province. Electronic Journal of Crop Production 1(4): 19-33 (in Persian).

Sardouie-Nasab, S., Mohammadi Nejad, G., Zebarjadi, A. R., Nakhoda, B., Mardi, M., Tabatabaie, S. M. T., Sharifi, G. R., Amini, A., and Majidi Heravan, E. 2013. Response of Bread wheat(*Triticum aestivum* L.) lines to salinity stress. Seed and Plant Improvement Journal 29-1: 81-102 (in Persian).

Shafazadeh, M. K., Yazdansepas, A., Amini, A., and Gannadha, M. R. 2004. Study of Terminal drought tolerance in promising winter and facultative wheat *(Triticum aestivum* L.*)* genotypes using stress susceptibility and tolerance indices. Seed and Plant 20: 57-71(in Persian).

Sio-se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K., and Mohammadi, V. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field Crops Research 98: 222-229.

Tammam, A. M. F., and Hemeda, M. 2008. Study of salt tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar banysaifl. Australin Journal Crop Science 3: 115-125.

Tanji, K. K. 1990. Agricultural Salinity and Managernent. American Society of Civit Engineers, New York, USA.

Waysi Malamiri, E., Haghparast, R., Aghaee Sarbarzeh, M., Farshadfar, E., and Rajabi, R. 2010. Evaluation of drought tolerance of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes using physiological characteristics and drought tolerance indices. Seed and Plant Improvement Journal 26-1: 43-60 (in Persian).

Zebarjadi, A. R., Tavakoli Shadpey, S., Etminan, A. R., and Mohammadi R. 2013. Evaluation of drought stress tolerance in durum wheat genotype using drought tolerance indices. Seed and Plant Improvement Journal 29-1: 1-12 (in Persian).