

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 پذیرش: ۱۳۹۳/۸/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۲۶

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 ۳۱-۱: ۹۵-۱۱۵.

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 دو آزمایش جداگانه در شرایط تنش شوری ($E_{cSoil} = 9.8-12.8$ و $E_{cWater} = 8.8-10$ ds/m) و بدون تنش ($E_{cSoil} = 3.3$ ds/m و $E_{cWater} = 2.1$ ds/m) به مدت دو سال زراعی (۹۳-۱۳۹۱) مورد بررسی قرار گرفتند. 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 در کل 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 دو شرایط مناسب هستند و در بین آن‌ها STI مناسب‌ترین شاخص شناخته شد. در روش ترسیم 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 قرار گرفتند. در مجموع براساس نتایج روش ترسیم بای پلات، شاخص‌های تحمل، میانگین رتبه (\bar{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 برتر از ارقام شاهد و ژنوتیپ‌های شماره ۱۶، ۱۷، ۹ (مغان ۳) و ۱۰ (شیرودی) به عنوان ژنوتیپ‌های حساس به شوری شناسایی شدند.

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

مقدمه

و غربی (بیشتر اراضی اطراف دریاچه ارومیه و محدود به آن) به نحوی متأثر از تنش شوری آب و خاک 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 و دیگر 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 در مقایسه با عملکرد بیولوژیکی را به عنوان بهترین معیار برای تحمل به شوری دانسته‌اند. عملکرد گندم هنگامی که pH خاک به

تنش‌های غیرزنده عامل اصلی کاهش دهنده عملکرد به شمار می‌روند (Hussain, 2006). شوری خاک و آب یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیر زنده است که باعث کاهش رشد و باروری گیاهان شده و تولید 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 در حدود ۲۵ میلیون هکتار برآورد می‌شود (Anonymous, 2000). برآوردهای دیگر نشان می‌دهد که 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 کشور قسمت‌های 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

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 و همکاران (Sio-se Mardeh *et al.*, 2006) نشان دادند که ارقامی با YSI بالاتر حداقل عملکرد را در شرایط غیر تنش و بالاترین عملکرد را در شرایط تنش دارند.

بر اساس مطالعه رنجبر و روستا (Ranjbar and Rousta, 2010) شاخص STI می‌تواند به عنوان یک شاخص موثر در گزینش ژنوتیپ‌های گندم در شرایط شور مدنظر قرار گیرد. گودرزی و پاک‌نیت (Goudarzi and Pakniyat, 2008) گزارش کردند عملکرد دانه در گندم 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 بر این اختلافات موجود بین نتایج مطالعات گلخانه‌ای و مزرعه‌ای ضرورت انجام مطالعات تحمل شوری در شرایط طبیعی و کاربردی را بیش از پیش نمایان

بالاتر از ۸/۵ و هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک به بالاتر از ۴ دسی زیمنس بر متر 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 تربیتکاله در مناطقی که خاک و آب آبیاری دارای هدایت الکتریکی ۵ تا ۷ دسی زیمنس بر متر 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، در حالی که افزایش هدایت الکتریکی بعد از آن به ازاء هر واحد افزایش حدود ۲/۸ درصد عملکرد دانه را کاهش می‌دهد. شاخص‌های متفاوتی برای ارزیابی عکس‌العمل ژنوتیپ‌ها در شرایط محیطی مختلف و تعیین مقاومت و حساسیت آن‌ها ارائه شده است (Fischer and Maurer, 1978; Rosielle and Hamblin, 1981; Fernandez, 1992).

بوسلاما و شاپاگ (Bousslama and Schapaugh, 1984) شاخص پایداری عملکرد (YSI) برای شناسایی ژنوتیپ‌های سویا متحمل به خشکی استفاده کردند. زبرجدی و همکاران (Zebarjadi *et al.*, 2013) در مطالعه تحمل به تنش خشکی در گندم دورم، شاخص‌های

شرایط معمولی (غیر شور) $3/3$ دسی زیمنس بر متر ($pH = 7.47$, $Ec_{soil} = 3.3 ds/m$) 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 $2/5$ متر و به مساحت ۳ متر مربع ($3 = 2/5 \times 1/2$) انجام و با حذف نیم متر حاشیه (۲۵ سانتی‌متر از هر طرف)، مساحت برداشت $2/4 = 2 \times 1/2$ 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 (Fernandez, 1992) STI و شاخص پایداری عملکرد (Bousslama and Schapaugh, 1984) Ysi انجام و میانگین رتبه (\bar{R}) و انحراف معیار (SDR) برای شاخص‌های فوق و عملکرد دانه در دو شرایط تنش و نرمال نیز محاسبه شد. میزان پایین (\bar{R}) و (SDR) بیانگر برتری ژنوتیپ‌های مورد بررسی است. همچنین ضرائب همبستگی ساده بین عملکرد دانه (در هر دو شرایط) و

می‌سازد. این تحقیق با هدف ناسایی بهترین شاخص برای بررسی تحمل به تنش شوری در شرایط مزرعه و همچنین 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 آزمایش جداگانه در شرایط شور و غیرشور (معمولی) مورد بررسی قرار گرفتند. آبیاری در شرایط شور با آب $10-8/8$ دسی زیمنس بر متر (سال اول: $pH = 7.7$, $Ec_{water} = 10 ds/m$ و سال دوم: $pH = 7.41$, $Ec_{water} = 8.8 ds/m$) و شرایط بدون تنش یا معمولی با آب $2/1$ دسی زیمنس بر متر ($Ec_{water} = 2.1 ds/m$)، $pH = 8.4$ 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 $9/8-12/8$ (سال اول: $pH = 7.95$, $Ec_{soil} = 12.8 ds/m$ و سال دوم: $pH = 8.01$, $Ec_{soil} = 9.8 ds/m$) و

بای‌پلات مربوطه بر اساس دو مولفه اول ترسیم شد (Gabriel, 1971). محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزارهای SAS، SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

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

شاخص‌ها محاسبه شد. پس از تعیین ضرائب همبستگی شاخص‌ها و عملکرد دانه (در هر دو شرایط معمولی و تنش)، 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

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

رسیدن در هر دو شرایط محیطی (تنش شوری وبدون تنش) وجود داشت (جدول ۲). این موضوع نشان می‌دهد که توان ژنتیکی ژنوتیپ‌ها در بروز صفات دارای تفاوت‌هایی است. رنجبر

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

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	df.	میانگین مربعات MS											
			درجه آزادی						میانگین مربعات MS					
			Stress condition شرایط تنش						Non-stress condition شرایط بدون تنش					
X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆			
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, respectively.

X₁: Grain yield, X₂: Number of grain per spike, X₃: 1000 grain weight, X₄: Plant height, X₅: Days to maturity, X₆: Days to heading

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 در شرایط معمولی و بدون تنش بیشتر از شرایط شور و تنش بود. تنش شوری کاهش معنی‌داری در عملکرد دانه و ارتفاع بوته ایجاد کرد. به طوری که میانگین دو ساله عملکرد دانه و ارتفاع 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 در خصوص کاهش صفات ناشی از تنش شوری توسط نرجسی و همکاران (Narjesi et al., 2010) و رنجبر و روستا (Ranjbar and Roustaa, 2010) نیز گزارش 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 (ژنوتیپ ۵)، بم (ژنوتیپ ۷) و سیستان

و روستا (Ranjbar and Roustaa, 2010) و صالحی و مساوات (Salehi and Mosavat, 2008) نیز در تحقیقات خود اثر ژنوتیپ را در شرایط تنش شوری معنی‌دار گزارش 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 اجزاء عملکرد معنی‌دار بودند. اثر متقابل سال \times 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

بود و لاین‌های شماره ۱۳ و ۱۷ از تعداد دانه در سنبله کمتری در هر دو شرایط 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 و کویر و لاین‌های شماره ۱۲ و ۱۵ از تعداد دانه در سنبله بیشتر در هر دو 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 لاین‌ها و ارقام با عملکرد بالا از وزن دانه بیشتری نیز برخوردار بودند. این نتیجه با نتایج و یافته‌های صابری و همکاران (Saber et al., 2013) مطابقت دارد. ارقام بومی ماهوتی، روشن و سرخ تخم و لاین شماره ۱۴ که از کراس‌های روشن است از

(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 در مقایسه با عملکرد بیولوژیکی را به عنوان بهترین معیار جهت تحمل به شوری دانسته‌اند. گودرزی و پاک‌نیت (Goudarzi and Pakniyat, 2008) عملکرد دانه در گندم 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 و بدون تنش مربوط به رقم افق

میزان ارتفاع بوته بیشتری در هر دو 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 شیروودی 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، ۱۶ و 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 شیروودی در هر دو شرایط بود. لاین‌های شماره ۲۱، ۱۴ و ۱۶ از لاین‌های دیررس و ارقام شیروودی 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 و ۴).

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 در سنبله Number of grain per spike	وزن هزار دانه 1000 grain weight (g)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد روز تا ظهور سنبله 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 در سنبله Number of grain per spike	وزن هزاردانه 1000 grain weight (g)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد روز تا ظهور سنبله 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.

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.

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

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	\bar{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

SSI: Stress Susceptibility Index

MP: Mean of productivity

R: Rank

For genotypes name see Table 1.

عملکرد در شرایط بدون تنش

شاخص حساسیت به تنش

شاخص میانگین بهره‌وری

رتبه

Ys: Yield in stress condition

Ysi: Yield stability index

TOL: Tolerance

\bar{R} : Mean of ranks

عملکرد در شرایط تنش

شاخص پایداری عملکرد

شاخص تحمل

میانگین رتبه‌ها

GMP: Geometric Mean Productivity

STI: Stress Tolerance Index

SDR: Standard Deviation of Rank

میانگین هندسی عملکرد

شاخص تحمل به تنش

انحراف معیار رتبه

برای نام ژنوتیپ‌ها به جدول ۱ مراجعه شود.

در شرایط 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 در گندم، 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 در گندم دورم این همبستگی را مثبت و معنی‌دار گزارش کردند. ژنوتیپ‌های شماره ۱۶، ۱۷، ۹ (مغان ۳)، 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 پرتری 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 (مغان ۳)، 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 از طرفی این شاخص نیز مانند SSI دارای همبستگی منفی و معنی‌دار با عملکرد در شرایط تنش و همبستگی مثبت و

ژنوتیپ‌های شماره ۱۶، ۱۰ (شیرودی)، ۹ (مغان ۳) و ۱۷ نیز بر اساس این شاخص به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. این ژنوتیپ‌ها از نظر میانگین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش در گروه ژنوتیپ‌های کم محصول قرار داشتند و کمترین عملکرد در هر دو شرایط محیطی (تنش و بدون تنش) مربوط به لاین شماره ۱۶ 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 Rosta, 2010) و صالحی و مسوات (Salehi and Mosavat, 2008) قبلاً در ارتباط با مطلوبیت STI در گزینش 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 ضرایب همبستگی نیز نشان داد که SSI همبستگی قوی و منفی با عملکرد

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش و نیز شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش ۲۵ ژنوتیپ مورد بررسی در سال‌های زراعی ۹۳-۱۳۹۱
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, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

Yn: Yield non-stress condition
Ys: Yield in stress condition
SSI: Stress Susceptibility Index
TOL: Tolerance

عملکرد در شرایط بدون تنش
عملکرد در شرایط تنش
شاخص حساسیت به تنش
شاخص تحمل

STI: Stress Tolerance Index
MP: Mean productivity
GMP: Geometric Mean Productivity
Ysi: Yield stability index

شاخص تحمل به تنش
شاخص میانگین بهره‌وری
میانگین هندسی عملکرد
شاخص پایداری عملکرد

مثبت و غیر معنی‌دار بود (جدول ۶). به نظر می‌رسد Ysi در گزینش ژنوتیپ‌هایی موفق است که عملکرد آن‌ها در شرایط تنش مناسب است. در مطالعه سی و سه مرده و همکاران (Sio-se Mardeh *et al.*, 2006) ارقامی با Ysi 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 Ysi 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

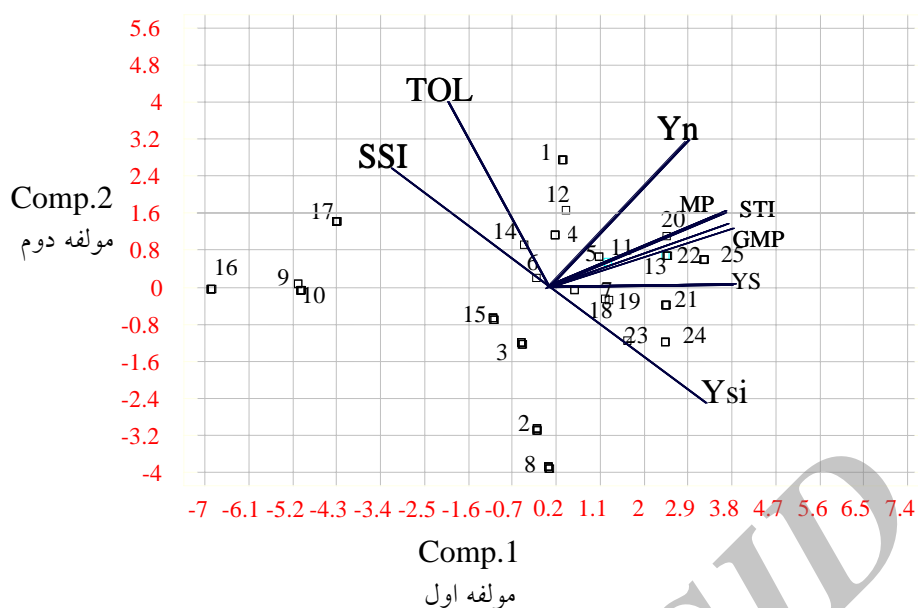
غیر معنی‌دار در شرایط بدون تنش داشت (جدول ۶). این نتیجه با یافته‌های عسکر و همکاران (Askar *et al.*, 2010) مطابقت داشت.

در کل 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 ژنوتیپ‌های ۱۶، 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

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 در گزینش 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 در گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش شوری در شرایط مزرعه، STI را مطلوب دانستند و یافته‌های محققین دیگر از جمله عسکر و همکاران (۲۰۱۰) و شفافزاده و همکاران (Shafazadeh et al., 2004) در گندم نان، زیرجیدی و همکاران (۲۰۱۳) در گندم دوروم و ویسی مال امیری و همکاران (Waysi Malamiri et al., 2010) در جو مطابقت دارد. مقدم و هادی‌زاده (Moghadam and Hadizadeh, 2000) در ذرت، 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

شدند و در مقایسه 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. در کل 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



شکل ۱- نمایش بای پلات 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 ژنوتیپ‌ها هستند (به جدول ۱ مراجعه شود).
Numbers inside the figure are genotypes No. (See Table 1).

جدول ۷- بردارها و مقادیر ویژه برای هفت شاخص حساسیت و تحمل به تنش در ۲۵ ژنوتیپ گندم
Table 7. Vectors and eigen values for seven tolerance and susceptibility indices in 25 genotypes

مؤلفه	ویژه مقدار	واریانس								
Component	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

دوم انجام شد (جدول ۷). از آن جایی که دو مؤلفه تغییراتی مستقل را تبیین می‌کنند از این رو دو مؤلفه را می‌توان به صورت دو محور عمود بر هم نمایش داد و ژنوتیپ‌ها را بر اساس این دو مؤلفه در سطح نمودار توسط نقاطی مشخص کرد. در این بررسی حدود ۷۵٪ از تغییرات کل داده‌ها توسط اولین مؤلفه تبیین شد و این مؤلفه همبستگی مثبت و بالایی را با عملکرد در شرایط

به سادگی ساختار چنین ماتریس بزرگ دو طرفه را مورد ارزیابی قرار داد. در این مورد پس از انجام تجزیه به مؤلفه‌های 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 مؤلفه اول و دوم (۹۹/۸٪) بیان شد و به همین جهت ترسیم بای پلات بر اساس دو مؤلفه اصلی اول و

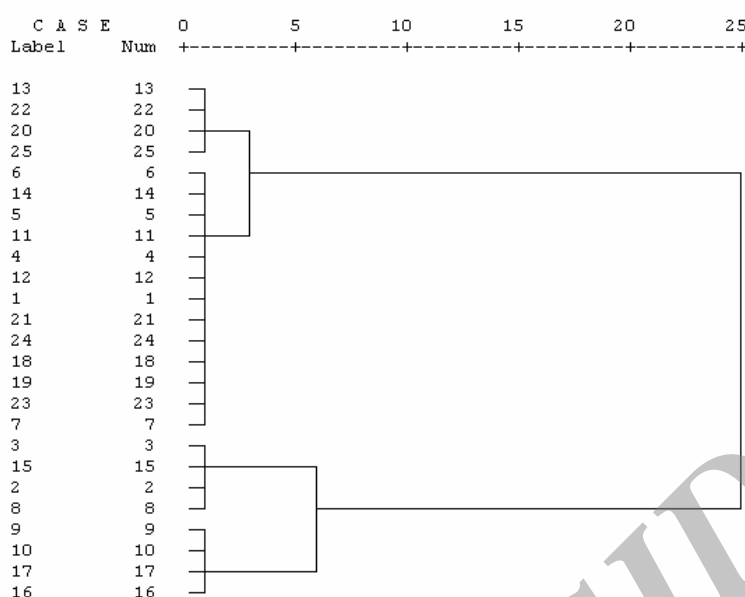
TOL مطلوب هستند، لذا اگر میزان مولفه دوم پایین باشد، ارقامی انتخاب می‌شوند که دارای STI، GMP و MP بالا و مقادیر TOL و SSI پایین و عملکرد بالا در تنش هستند. ژنوتیپ‌ها درون گروه‌های مشخصی قرار گرفتند که مرتبط با میانگین عملکرد و تحمل به تنش آن‌ها بود. با توجه به شکل ۱ ژنوتیپ‌های شماره ۲۵، ۲۲، ۱۳، ۲۱، ۲۰، ۲۳، ۲۴، ۲۰، ۱۹، ۱۸، ۱۱ (افق)، ۵ (ارگ) و ۷ (بم) در سمت 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 در شرایط تنش و حساسیت کم به شوری (متحمل به شوری) قرار گرفتند، 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) در قسمت 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

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 شاخص‌های GMP، 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 مقادیر GMP، MP، STI و YSi 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

بای پلات ترسیمی نیز در مجاورت 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. در کلاستر 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 در کلاستر 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 قرار گرفتند که دارای عملکرد بالا و مقادیر بالایی از شاخص‌های فوق بوده ولی نسبت به ژنوتیپ‌های کلاستر اول در

۸ (روشن)، ۲ (ماهوتی) و ۳ (سرخ تخم) در قسمت پایین گراف قرار گرفتند که بیانگر پتانسیل تولید کم این ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش است. 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 بای پلات گزارش شده است. گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر مبنای شاخص‌های GMP، 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 قرار گرفتند (شکل ۲). همان‌طوری که مشاهده می‌شود ژنوتیپ‌های شماره ۲۵، ۲۲، ۱۳ و ۲۰ در کلاستر اول قرار گرفتند که این ژنوتیپ‌ها دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط محیطی (تنش و بدون تنش) بودند و 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 ژنوتیپ‌ها هستند (به جدول ۱ مراجعه شود).
Numbers inside the figure are genotypes No. (See Table 1).

در بین آن‌ها STI مناسب‌ترین شاخص شناخته شد. بر اساس شاخص‌های STI، GMP و MP و میانگین عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش و میانگین رتبه (\bar{R}) و انحراف معیار رتبه (SDR) شاخص‌ها، بای‌پلات ترسیمی و وضعیت فرارگیری ژنوتیپ‌ها و شاخص‌ها در آن، و همچنین نتایج تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های شماره ۲۵، ۲۲، ۲۰ و ۱۳ 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 \bar{R} و SDR کمتر، از پایداری نسبی خوبی از نظر شاخص‌ها

وضعیت پایین تر قرار داشتند، در این گروه ژنوتیپ‌های شماره ۲۱، ۲۳ و ۲۴ هر چند از نظر عملکرد 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 از آن 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

نیز برخوردار بودند. ژنوتیپ‌های شماره ۱۶، ۱۷، ۹ (مغان ۳) و ۱۰ (شیرودی) که با اختصاص کمترین مقادیر STI، MP و GMP و عملکرد پایین در هر دو شرایط محیطی و قرار گرفتن در ناحیه با عملکرد کم در شرایط تنش و حساسیت بالا به تنش شوری در بای پلات 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).
- Bousslama, 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., Turrall, H., and Javadi, A. 2007.** A review of management strategies for salt-prone land and water recourses in Iran. *International Water Management Institute, Colombo, Sri 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., Yazdansepa, 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 Hemed, M. 2008.** Study of salt tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar banysaifl. *Australian Journal Crop Science* 3: 115-125.
- Tanji, K. K. 1990.** *Agricultural Salinity and Management*. American Society of Civil 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., Etmnan, 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).