تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دوازدهم، شماره سوم، پائیز ۱۳۹۸
۹۳۳-۹۴۸
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.1569.1355

مقاله پژوهشی

بررسی عملکرد و صفات زراعی ژنوتیپ‌های ارزن دم‌روباهی (*Setaria italica* (L.) Beauv.) تحت تنش شوری و معرفی بهترین شاخص تحمل به شوری

آزیتا نخعی[1*]، الیاس آرزمجو[1]، محمدرضا عباسی[2]
۱. پژوهشگر بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی
۳. عضو هیئت‌علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۲/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۴/۹

چکیده

استفاده از ژنوتیپ‌های متحمل به شور یکی از مؤثرترین راه‌ها در راستای توسعه سطح زیر کشت در مناطق نامساعد است. به‌منظور ارزیابی تحمل به شوری ژنوتیپ‌های ارزن دم‌روباهی، دو آزمایش مجزا با تعداد ۱۵ ژنوتیپ در دو شرایط شور و غیر شور در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی دو سال زراعی ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی خراسان جنوبی اجرا شد. نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها در دو سال نشان داد که در هر دو شرایط مورد بررسی، بین ژنوتیپ‌ها از نظر تعداد روز تا ظهور پانیکول، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، طول پانیکول، تعداد بذر در پانیکول، تعداد پانیکول در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و زیست‌توده تفاوت معنی‌داری وجود داشت. شوری عملکرد دانه و زیست‌توده ارزن را به ترتیب حدود ۴۰ و ۳۸ درصد در مقایسه با شرایط غیر شور کاهش داد. در شرایط غیر شور ژنوتیپ‌های ۲۴-۱۵ و ۱۱۸-۱۵ با میانگین‌های ۴۷۶۵/۳ و ۴۶۹۷/۷ و در شرایط شور ژنوتیپ‌های ۱۲۰-۱۵ و ۲۴-۱۵ با میانگین‌های ۳۲۵۴/۸ و ۲۸۴۴/۸ از عملکرد دانه بالاتری برخوردار بودند. نتایج حاصل از همبستگی عملکرد دانه و زیست‌توده ژنوتیپ‌های ارزن در شرایط شور و غیر شور با شاخص‌های تحمل و حساسیت به شوری در این آزمایش نشان داد که شاخص‌های تحمل به تنش، میانگین بهره‌وری و میانگین هندسی بهره‌وری بهترین شاخص‌ها برای گزینش و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش شوری در بین ژنوتیپ‌های ارزن دم‌روباهی می‌باشند. بر اساس نمودار پراکنش سه‌بعدی، ژنوتیپ‌های ۷۶-۱۵، ۲۴-۱۵، ۱۱۸-۱۵ و ۱۲۰-۱۵ به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌های ارزن دم‌روباهی به تنش شوری شناسایی گردیدند.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، ذخایر ژنتیکی، پراکنش سه‌بعدی، گزینش

مقدمه

شوری یکی از تنش‌های مهم محدودکننده تولید محصولات کشاورزی در جهان است. حدود ۲۰ درصد از اراضی تحت آبیاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان با مشکل شوری مواجه هستند و شوری در این مناطق در حال گسترش است. شوری در بسیاری از مناطق دنیا به‌ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک، یکی از موانع اصلی تولید محصولات زراعی است و اراضی شور دنیا در اثر فعالیت‌های بی‌رویه کشاورزی پیوسته در حال گسترش هستند (Canama et al., 2013). ایران جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا محسوب می‌شود. در این مناطق، مقدار کم و پراکنده بودن نزولات جوی و تبخیر زیاد سبب تجمع املاح در لایه سطحی خاک می‌شود (Kafi et al., 2009). علاوه بر این، عملیات فشرده کاشت، داشت و برداشت محصولات زراعی، مدیریت ضعیف آبیاری و انجام عملیات بدون وجود سیستم زهکشی مناسب نیز سبب گسترش اراضی شور شده است (Qureshi et al., 2007). اراضی شور دنیا و ایران در اثر فعالیت‌های بی‌رویه کشاورزی پیوسته در حال گسترش است (Haghnia, 1993)؛ بنابراین

* نگارنده پاسخگو: آزیتانخعی. پست الکترونیک: nakheia@yahoo.com

تولید بالقوه محصولات کشاورزی در این شرایط امکان‌پذیر نیست. برای مقابله با این مشکل، شناسایی و انتخاب ارقام متحمل بسیار ضروری به نظر می‌رسد (Hall, 2001). تنش شوری تنها بر یک مرحله رشدی گیاه تأثیر سوء نمی‌گذارد بلکه با توجه به‌شدت تنش، نوع تنش، میزان مقاومت گیاه، مراحل مختلف رشدی و نوع بافت و اندام گیاهی (سیر تکاملی) متفاوت است. ازجمله راهکارها برای کاهش اثرات تنش شوری، شناسایی و کشت گیاهان زراعی متحمل به شوری است و در بین ژنوتیپ‌های یک گونه، شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به شوری از اهمیت خاصی برخوردار است (Flowers and Yeo, 1995).

کشت ارزن در ایران از سابقه طولانی برخوردار است و با توجه به دوره رشد کوتاه قادر به تأمین علوفه در شرایطی است که منابع دیگر علوفه در دسترس نیستند (Bina, 1993). سطح زیر کشت این گیاه در ایران حدود ۱۰۰۰۰ هکتار است (Aaron, 2006). با توجه به بررسی‌های اخیر امکان توسعه کشت گیاه در همه مناطق کشور وجود دارد. مساحت زیر کشت این گیاه در استان خراسان جنوبی حدود ۲۰۰۰ هکتار است و کشت و کار این گیاه از دیرباز ریشه در فرهنگ کشاورزان این خطه دارد (Bina, 1993). با توجه به سازگاری این گیاه به شرایط نامساعد محیطی، فقر خاک و تنش‌های محیطی که از خصوصیات مناطق خشک و نیمه-خشک نظیر خراسان جنوبیاست. ارزن می‌تواند از مهم‌ترین محصولات این مناطق برای تغذیه دام باشد. برداشت گندم و جو در استان خراسان جنوبی با توجه به شرایط مناطق مختلف و کمبود ادوات برداشت، از اوایل خرداد تا اواسط تیرماه به طول می‌انجامد. ارزن به‌عنوان کشت دوم در این مناطق مطرح است و برخی کشاورزان با هدف برداشت دانه و به‌منظور اجتناب از گرما و بادهای ۱۲۰ روزه سیستان، اقدام به کشت ارزن در اواخر تیرماه می‌نمایند (Azari Nasrabad, 2013).

یکی از ساده‌ترین راه‌ها برای شناخت و انتخاب ژنوتیپ-های متحمل، در معرض تنش قرار دادن آن‌ها و انتخاب ژنوتیپ‌هایی است که بهتر از همه این شرایط را تحمل می-کنند (Kafi, and Stwart, 1998). یکی از مباحث مهم در برنامه‌های به‌نژادی و معرفی رقم مقاوم و سازگار به عوامل محیطی، عکس‌العمل ژنوتیپ‌ها در محیط‌های متفاوت است. از مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی عکس‌العمل ژنوتیپ‌ها به شرایط محیطی، مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط است. در واقع پایداری عملکرد یک ژنوتیپ از طریق عدم تغییرات قابل‌ملاحظه اثر متقابل ژنوتیپ با محیط وقتی‌که شرایط محیطی ثابت نباشد ارزیابی می‌گردد، بنابراین در بررسی مواد آزمایشی در برنامه‌های به‌نژادی، ژنوتیپ‌هایی سازگار ارزیابی می‌شوند که واریانس اثر متقابل آن‌ها با محیط اندک باشد. برای ارزیابی عکس‌العمل ژنوتیپ‌ها در شرایط محیطی مختلف، شاخص‌های متفاوتی ارائه شده است که از آن‌ها می‌توان برای تعیین مقاومت و یا حساسیت ژنوتیپ‌ها به تنش‌های محیطی استفاده کرد. روزلی و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1987) شاخص‌های TOL (شاخص تحمل به تنش) و MP (شاخص متوسط محصول-دهی) را معرفی کردند. بر اساس مطالعه رنجبر و روستا (Ranjbarand Rousta, 2010) شاخص STI می‌تواند به‌عنوان یک شاخص مؤثر در گزینش ژنوتیپ‌های گندم در شرایط شور مدنظر قرار گیرد. گودرزی و پاک‌نیت (Goudarzi and Pakniyat, 2008) گزارش کردند عملکرد دانه در گندم به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم تحمل به تنش شوری مورداستفاده قرار می‌گیرد. زبرجدی و همکاران (Zebarjadi et al., 2013) در مطالعه تنش خشکی در گندم دوروم، شاخص‌های GMP، MP و STI را شاخص‌های مناسب برای تعیین ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش گزارش کردند.

در زمینه تأثیر تنش شوری بر خصوصیات رشدی گیاه، عبیدی و همکاران (Abidi et al., 2001) بیان کردند که شوری ناشی از کلرور سدیم در گیاه ذرت باعث کاهش میزان رشد نسبی و به‌تبع آن کاهش ماده خشک کل گیاه شده است. سینگ و سینگ (Singh and Singh, 1994) در بررسی تأثیر شوری بر گیاه، کاهش ارتفاع گیاه و مساحت سطح برگ‌های گیاه در شرایط شور را گزارش نمود. میر محمدی‌میبدی و قره‌یاضی (Mir Mohammad Meybodi and Ghareyazi, 2003) نیز کاهش طول ساقه در شرایط شور را گزارش کردند که باعث کاهش وزن ساقه و درنهایت کاهش ماده خشک می‌شود. در مجموع اعتقاد بر این است که تنش شوری از طریق کاهش آب قابل‌جذب، ایجاد عدم تعادل در جذب عناصر غذایی و اثرات سمی برخی یون‌ها، سبب تغییر در متابولیسم گیاه شده و رشد آن را کاهش می‌دهد (Sandhu and Qureshi, 1986). در شرایط شور، سلول‌ها آب خود را از دست‌داده و کوچک می‌شوند، این فرآیند سرعت طویل شدن آن‌ها را

کاهش داده و سبب کاهش رشد می‌شود (Munns, 1993). نوروزی و همکاران (Norouzi, et al., 2014) ضمن بررسی تأثیر شوری آب آبیاری بر عملکرد و کیفیت دو رقم ارزن علوفه‌ای گزارش نمودند که در تیمار ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر، عملکرد ماده خشک ارزن نوتریفید و باستان به ترتیب ۴۴ و ۵۷ درصد در مقایسه با شاهد کاهش نشان دادند. در شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر، ارزن نوتریفید و باستان به ترتیب ۲۴ و ۳۴ درصد نسبت به شاهد کاهش عملکرد داشتند. ایکر و کامرپی (Eker and Comertpay, 2009) میزان تولید ماده خشک را در ۱۹ واریته ذرت مورد بررسی قرار دادند و بیان داشتند که با افزایش غلظت نمک، تولید ماده خشک در واریته‌های ذرت به طرز چشمگیری کاهش می‌یابد. اولباف و همکاران (Avalbaev et al., 2009) رشد گیاهچه‌های گندم را تحت شرایط شوری در گلخانه بررسی کردند و اظهار داشتند که با افزایش سطوح شوری رشد گیاهچه‌ها با کاهش معنی‌داری روبرو می‌شود. هم‌چنین تنش شوری باعث کاهش سرعت تقسیم سلول‌های مریستم ریشه و کوتولگی گیاهچه‌ها شد.

با توجه به شوری روزافزون منابع آب و خاک و اهمیت و گستردگی شوری آب و خاک در کشاورزی، انتخاب ژنوتیپ-های متحمل به تنش روی از اهمیت خاصی برخوردار است؛ بنابراین هدف از این تحقیق، بررسی اثرات تنش شوری بر صفات مختلف ژنوتیپ‌های ارزن دم‌روباهی و شناسایی ژنوتیپ‌های سازگار به شرایط تنش شوری و بدون تنش شوری با استفاده از برخی شاخص‌های تحمل به تنش بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش از سال ۱۳۹۱ به مدت دو سال در استان خراسان جنوبی به‌صورت دو آزمایش مجزا در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. آزمایش اول در شرایط شور در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بیرجند (واقع در ۵ کیلومتری جاده بیرجند-خوسف با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی، ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا)، با هدایت الکتریکی آب آبیاری ۷/۶۱ دسی‌زیمنس بر متر و عصاره اشباع ۱۰/۸۱ دسی‌زیمنس بر متر و آزمایش دوم در شرایط غیر شور در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی خراسان جنوبی (واقع در ۲۰ کیلومتری جاده بیرجند- خوسف با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۲ دقیقه، طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۲ دقیقه، ارتفاع ۱۴۹۱ متر از سطح دریا) با هدایت الکتریکی آب آبیاری ۳/۳۸ دسی-زیمنس بر متر و عصاره اشباع ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر انجام شد. قبل از اجرای آزمایش از هر دو محل آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری خاک نمونه‌برداری انجام و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شدند. خصوصیات آب و خاک هر دو محل آزمایش در جدول ۱ نمایش داده شده است. آزمایش شامل ۱۵ ژنوتیپ ارزن دم-روباهی *Settariaittalica* (منتخب کلکسیون ذخایر ژنتیکی ارزن ایران) بود که مشخصات آن‌ها نیز در جدول ۲ آمده است.

جدول ۱. نتایج تجزیه خاک و آب محل‌های اجرای آزمایش

Table 1. Soil and water tests results for experimente implication sites

محل Site		اسیدیته گل اشباع (pH)	هدایت الکتریکی (EC)	نسبت جذب سدیم (SAR)	کلسیم Ca^{2+}	سدیم Na^{+}	پتاسیم K^{+}	بی‌کربنات HCO_3^{-}	کلر Cl^{-}	سولفات SO_4^{-}	آهک (Lime)	کربن آلی (Organic carbon)
			ds/m		mg/kg						%	mg/kg
محمدیه Mohamadieh	خاک Soil	8.0	4.5	14.02	23.5	45.8	0.3	8.2	70.3	22.5	15.5	0.15
	آب Water	7.47	3.38	6.22	5.1	18	0.05	4.9	20	9.8	-	-
امیرآباد Amirabad	خاک Soil	8.09	10.81	7.40	24.5	59.7	1.3	15.3	74.9	12.7	16.2	0.12
	آب Water	7.19	7.61	11.5	8.2	44.1	0.12	3.5	54	17.5	-	-

جدول ۲. مشخصات ژنوتیپ‌های ارزن دم‌روباهی مربوط به کلکسیون ذخایر ژنتیکی ارزن

Table 2. Specification of foxtail millet genotypes related to genetic resources collection

ردیف No.	شماره ژنوتیپ Genotype no.	Origin	مبدأ بذر	ردیف No.	شماره ژنوتیپ Genotype no.	Origin	مبدأ بذر
1	15-7	Yazd	یزد	9	15-80	Khorasan	خراسان
2	15-16	Yazd	یزد	10	15-118	Birjand	بیرجند
3	15-24	Khorasan	خراسان	11	15-120	Birjand	بیرجند
4	15-52	Khorasan	خراسان	12	15-129	Birjand	بیرجند
5	15-61	Khorasan	خراسان	13	15-127	Birjand	بیرجند
6	15-63	Khorasan	خراسان	14	15-136	Yazd	یزد
7	15-76	Khorasan	خراسان	15	15-143	Birjand	بیرجند
8	15-68	Kerman	کرمان	-	-	-	-

عملیات تهیه زمین بر اساس روش متداول انجام و سپس به‌وسیله فاروئر جوی و پشته‌هایی به فاصله ۵۰ سانتی‌متر ایجاد و در نیمه دوم خرداد کشت به‌صورت دستی انجام شد. کشت بذور به فاصله ۸ سانتی‌متر روی ردیف انجام گردید و هر کرت شامل ۴ ردیف کاشت به طول ۵ متر بود. آبیاری سایت شور تا پایان فصل رشد با آب‌شور و با مدار ۷ روز انجام شد. وجین دستی علف‌های هرز طی دو مرحله صورت گرفت. ضمن مراقبت‌های زراعی لازم، عکس-العمل ژنوتیپ‌ها در طول دوره رشد یادداشت‌برداری و موردبررسی قرار گرفت. صفات موردبررسی شامل تعداد روز تا ظهور پانیکول، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، طول پانیکول، تعداد پانیکول در بوته، تعداد دانه در پانیکول، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و زیست‌توده بودند. ارتفاع بوته وطول پانیکول (برحسب سانتی‌متر)، تعداد پانیکول در بوته، تعداد دانه در پانیکول و وزن هزار دانه (برحسب گرم) از ۵ بوته که به‌طور تصادفی انتخاب شده بودند، تعیین گردید. عملکرد دانه و زیست‌توده (برحسب کیلوگرم در هکتار) پس از رسیدگی فیزیولوژیکی بذر با حذف اثر حاشیه از دو ردیف میانی هر کرت توزین گردید. پیش از تجزیه واریانس داده‌ها آزمون همگنی واریانس خطای دو آزمایش انجام و پس از اطمینان از همگن بودن واریانس خطاها، تجزیه مرکب با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (در سطح احتمال ۵ درصد) انجام گرفت.

شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش نیز به شرح زیر محاسبه گردیدند:

شدت تنش (Fischer and Maurer, 1978):

$$SI= 1- (Ys /Yp) \quad [۱]$$

شاخص حساسیت به تنش (Fischer andMaurer, 1978):

$$SSI= (1 - (Ysi /Ypi)) / SI \quad [۲]$$

شاخص تحمل (Rosielle and Hamblin, 1987):

$$TOL= Ypi - Ysi \quad [۳]$$

شاخص تحمل به تنش (Fernandez, 1992):

$$STI= (Ypi \times Ysi) / (Yp)^2 \quad [۴]$$

شاخص میانگین بهره‌وری (Rosielle and Hamblin, 1987):

$$MP= (Ypi + Ysi) /2 \quad [۵]$$

میانگین هندسی بهره‌وری (Fernandez, 1992):

$$GMP = (Ypi \times Ysi)^{0.5} \quad [۶]$$

میانگین هارمونیک بهره‌وری (Fernandez, 1992):

$$HARM= (2\times (Ypi \times Ysi)) / (Ypi + Ysi) \quad [۷]$$

در روابط فوق، Yp و Ys به ترتیب میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری و تنش خشکی و Ypi و Ysi نیز میانگین عملکرد هر یک اززنوتیپ‌ها در این دو شرایط می-باشند. در پایان پس از تعیین عملکرد دانه و زیست‌توده در شرایط تنش و بدون تنش، شاخص‌های MP، GMP، TOL، HARM، STI و SSI محاسبه‌شده و با استفاده از نرم‌افزارSAS، همبستگی بین شاخص‌ها با عملکرد دانه و زیست‌توده بررسی و با استفاده از نرم‌افزار SigmaPlot، نمودار پراکنش سه‌بعدی هر یک از ژنوتیپ‌ها در محدوده-های A، B، C و D ترسیم گردید.

نتایج و بحث

عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مورفولوژیک و فنولوژیک

تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که اثر سال در سطح احتمال یک درصد بر تعداد روز تا ظهور پانیکول در شرایط غیر شور و در سطح یک درصد بر تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در هر دو شرایط شور و غیر شور معنی‌دار بود (جداول ۳ و ۴)؛ ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ در سال نیز بر هر دو صفت فنولوژیک موردبررسی در هر دو شرایط آزمایش تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد داشت (جداول ۳ و ۴).

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس مرکب ژنوتیپ‌های ارزن دم‌روباهی در شرایط غیر شور

Table 3. Combined analysis of variance for foxtail millet genotypes under none-saline conditions

S.O.V.	منابع تغییر	درجه آزادی df.	Mean squares میانگین مربعات			
			روز تا ظهور پانیکول Day to panicule emergence	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Day to maturity	ارتفاع بوته Plant height	طول پانیکول Panicule length
Year	سال	1	3.21 ^{ns}	10.00**	903.70*	274.02**
Error a	تکرار داخل سال	4	0.71	0.10	168.07	7.82
Genotype	ژنوتیپ	14	113.23**	463.26**	803.18**	80.39**
Year× Genotype	سال×ژنوتیپ	14	65.62**	210.14**	378.23**	12.97**
Residual	خطای باقیمانده	56	22.04	0.10	182.47	3.51
Error total	اشتباه کل	89	42.07	106.11	318.36	20.32
C.V. (%)	ضریب تغییرات (٪)	-	*8.93*	*0.32*	*14.79*	*9.43*

جدول ۳. ادامه

Table 3. Continued

S.O.V.	منابع تغییر	درجه آزادی df.	Mean squares میانگین مربعات				
			تعداد پانیکول در بوته No. panicule per plant	تعداد بذر در پانیکول No. grain per panicule	وزن هزار دانه 1000 grain weight	عملکرد دانه Grain yield	زیست‌توده Biomass
Year	سال	1	8.03 ^{ns}	966267.3*	0.14 ^{ns}	4229768.0*	147404804**
Error a	تکرار داخل سال	4	2.10	818779.2	0.80	3038990.5	28430026
Genotype	ژنوتیپ	14	26.18**	4199260.4**	0.93**	2673921.9**	20641534**
Year× Genotype	سال×ژنوتیپ	14	12.88**	409181.9 ^{ns}	0.49**	469843.5 ^{ns}	5358521 ^{ns}
Residual	خطای باقیمانده	56	4.27	222581.2	0.17	877275.0	5871532
Error total	اشتباه کل	89	9.02	912630.6	0.37	1230627.5	10718331
C.V. (%)	ضریب تغییرات (٪)	-	*32.77*	*20.26*	*11.92*	*25.90*	*20.46*

*، ** وns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی‌داری است.

*, ** and ns are significant at 5% and 1% probability levels and not-significant, respectively.

بر اساس مقایسه میانگین‌ها، تعداد روز تا ظهور پانیکول و رسیدگی در ژنوتیپ ۷-۱۵ در هر دو شرایط شور (جدول ۵) و شرایط غیر شور (جدول ۶)، در هر دو سال مورد بررسی بیشتر بود ضمن اینکه ژنوتیپ ۱۱۸-۱۵ از کمترین تعداد روز تا ظهور پانیکول و رسیدگی در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی برخوردار بود (جدول ۵ و ۶). سال تأثیر معنی-

داری به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد بر صفات ارتفاع بوته و طول پانیکول در شرایط غیر شور (جدول ۳) و در سطح احتمال یک درصد در شرایط شور (جدول ۴) داشت؛ اثر ژنوتیپ در هر دو شرایط در سطح احتمال یک درصد بر این صفات معنی‌دار بود (جدول ۳ و ۴)؛ اثر متقابل سال در ژنوتیپ نیز در سطح احتمال یک درصد بر هر دو صفت در شرایط غیر شور (جدول ۳) و در سطح احتمال پنج درصد در شرایط شور (جدول ۴) معنی‌دار بود. در شرایط شور، در سال اول اجرا ژنوتیپ ۶۸-۱۵ به ترتیب با میانگین ۹۱/۷ و ۲۰/۹ سانتی‌متر و در سال دوم اجرا ژنوتیپ ۷-۱۵ به ترتیب با میانگین ۸۴/۳ و ۱۶ سانتی‌متر دارای بیشترین ارتفاع بوته و طول پانیکول در بین سایر ژنوتیپ‌ها بودند (جدول ۵). در شرایط غیر شور نیز در سال اول اجرا ژنوتیپ ۷-۱۵ به ترتیب با میانگین ۱۱۷/۱ و ۳۰/۲ سانتی‌متر و در سال دوم اجرا ژنوتیپ ۱۱۸-۱۵ با میانگین ۱۰۴ سانتی‌متر دارای بیشترین ارتفاع بوته و ژنوتیپ ۷-۱۵ با ۲۶/۸ سانتی-متر دارای بیشترین طول پانیکول بودند (جدول ۶). ژنوتیپ ۲۴-۱۵ نیز در هر دو شرایط کمترین ارتفاع و طول پانیکول را در بین سایر ژنوتیپ‌ها داشت (جدول ۵ و ۶). در بین اجزای عملکرد دانه، اثر سال در شرایط غیر شور تنها بر تعداد بذر در پانیکول در سطح احتمال پنج درصد (جدول ۳) و در شرایط شور بر تعداد بذر در پانیکول و وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد (جدول ۴) معنی‌دار بود. اختلاف بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی نیز در هر دو شرایط آزمایش از لحاظ تعداد پانیکول در مترمربع، تعداد بذر در پانیکول و وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی-دار بود که حاکی از تنوع ژنتیکی قابل‌ملاحظه در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی است (جدول ۳ و ۴). بررسی اثر متقابل سال در ژنوتیپ نیز حاکی از معنی‌داری آن در سطح احتمال یک درصد بر صفات تعداد پانیکول در مترمربع و وزن هزار دانه در شرایط غیر شور (جدول ۳) و در سطح پنج درصد بر وزن هزار دانه در شرایط شور (جدول ۴) بود. شوری منجر به کاهش تعداد پانیکول در بوته و تعداد بذر در پانیکول نسبت به شرایط غیر شور گردید. کاهش تعداد پانیکول در مترمربع تحت تأثیر تنش شوری در جهت تنظیم تعداد مقصدهای فیزیولوژیکی با میزان تولید مواد پرورده رخ می‌دهد. کاهش تعداد بذر در پانیکول که در این آزمایش با شدت بیشتری نسبت به دیگر اجزای عملکرد دانه کاهش یافت، می‌تواند ناشی از عقیمی گلچه‌ها و اختلال در گرده-افشانی و پر شدن دانه باشد. سایر محققین نیز گزارش کرده‌اند که شوری باعث کاهش تعداد دانه و وزن هزار دانه می‌شود (Colmer et al., 2006; Dura et al., 2011). ژنوتیپ‌های ۶۱-۱۵ و ۷-۱۵ به‌طور معنی‌داری دارای در هر دو شرایط و هر دو سال اجرای آزمایش تعداد بذر بیشتری در پانیکول در مقایسه با دیگر ژنوتیپ‌ها بود (جدول ۵ و ۶).

به‌طور کلی تعداد بذر در پانیکول از تنوع بالایی در میان ژنوتیپ‌های ارزن موردبررسی برخوردار بود که می‌تواند ناشی از تفاوت در اندازه پانیکول آن‌ها باشد. در مجموع در شرایط غیر شور ژنوتیپ ۲۴-۱۵ از تعداد پانیکول در بوته بیشتری برخوردار بود (جدول ۵) در حالی‌که در شرایط شور ژنوتیپ ۱۱۸-۱۵ دارای تعداد بیشتری پانیکول در هر بوته بود (جدول ۶). از لحاظ وزن هزار دانه نیز ژنوتیپ ۵۲-۱۵ در هر دو شرایط آزمایش دارای وزن هزار دانه بالاتری بود (جدول ۵ و ۶).

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس مرکب ژنوتیپ‌های ارزن دم‌روباهی در شرایط شور

Table 4. Combined analysis of variance for foxtail millet genotypes under saline conditions

S.O.V.	منابع تغییر	درجه آزادی df.	Mean squares / میانگین مربعات			
			روز تا ظهور پانیکول Day to panicule emergence	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Day to maturity	ارتفاع بوته Plant height	طول پانیکول Panicule length
Year	سال	1	309.88**	756.90**	1098.23**	178.22**
Error a	تکرار داخل سال	4	3.34	0.10	158.11	4.01
Genotype	ژنوتیپ	14	89.28**	459.50**	593.39**	24.00**
Year× Genotype	سال×ژنوتیپ	14	66.43**	259.90**	337.67*	13.10*
Residual	خطای باقیمانده	56	23.07	0.74	143.16	5.80
Error total	اشتباه کل	89	42.64	122.14	255.98	11.67
C.V. (%)	ضریب تغییرات (٪)	-	*10.3*	*0.95*	*16.88*	*16.85*

جدول ۴. ادامه

Table 4. Continued

S.O.V.	منابع تغییر	درجه آزادی df.	Mean squares میانگین مربعات				
			تعداد پانیکول در بوته No. panicule per plant	تعداد بذر در پانیکول No. grain per panicule	وزن هزار دانه 1000 grain weight	عملکرد دانه Grain yield	زیست‌توده Biomass
Year	سال	1	0.40 ns	1368783.6**	166.33**	130721.1 ns	161845290**
Error a	تکرار داخل سال	4	0.93	425115.7	0.26	1680023.9	2486925
Genotype	ژنوتیپ	14	2.70**	1241983.6**	0.32**	1513966.0**	9768719 ns
Year× Genotype	سال×ژنوتیپ	14	0.25 ns	168479.6 ns	0.18*	371221.2 ns	5328112 ns
Residual	خطای باقیمانده	56	0.68	127352.1	0.09	554710.2	5715901
Error total	اشتباه کل	89	0.94	336488.2	2.02	722552.9	7901563
C.V. (%)	ضریب تغییرات (٪)	-	*21.88*	*26.11*	*9.16*	*33.25*	*32.98*

*، ** وns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی‌داری است.

*, ** and ns are significant at 5% and 1% probability levels and not-significant, respectively.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثرات متقابل سال در ژنوتیپ در شرایط شور

Table 5. Mean comparison for year × genotype effects under none-saline conditions

سال Year	ژنوتیپ Genotype	روز تا ظهور پانیکول Day to panicule emergence	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Day to maturity	ارتفاع بوته Plant height (cm)	طول پانیکول Panicule length (cm)	تعداد پانیکول دربوته No. panicule per plant
۱۳۹۱ 2012	15-7	54.0^{ab}	105.0^{a}	88.3^{abc}	17.0^{a-e}	2.5^{de}
	15-16	40.0^{efg}	70.0^{m}	47.3^{gh}	13.3^{d-j}	4.4^{abc}
	15-24	38.0^{fg}	92.0^{g}	35.9^{h}	13.7^{d-j}	3.3^{a-e}
	15-52	45.0^{bcdef}	83.0^{i}	61.9^{defg}	16.0^{b-f}	4.2^{abc}
	15-61	50.0^{abcd}	83.0^{i}	61.7^{defg}	16.6^{a-e}	3.2^{bcde}
	15-63	46.0^{bcdef}	73.0^{l}	73.3^{a-f}	17.0^{a-e}	4.0^{abcd}
	15-76	44.0^{cdef}	92.0^{g}	79.5^{a-e}	13.7^{d-j}	2.2^{e}
	15-68	54.0^{ab}	82.0^{i}	91.7^{a}	20.9^{a}	4.1^{abcd}
	15-80	45.0^{bcdef}	83.0^{i}	83.6^{abcd}	17.5^{abcd}	3.6^{a-e}
	15-118	34.0^{g}	75.0^{k}	54.4^{fgh}	18.7^{abc}	4.9^{a}
	15-120	42.0^{defg}	100.0^{de}	55.9^{efgh}	9.2^{j}	2.8^{cde}
	15-129	54.0^{ab}	105.0^{a}	68.7^{a-g}	13.0^{d-j}	4.4^{abc}
	15-127	45.0^{bcdef}	79.0^{j}	74.6^{a-f}	19.5^{ab}	4.0^{abcd}
	15-136	45.0^{bcdef}	90.0^{h}	61.4^{defg}	13.5^{d-j}	4.2^{abc}
	15-143	54.0^{ab}	92.0^{g}	72.4^{a-f}	15.9^{b-g}	3.7^{a-e}
۱۳۹۲ 2013	15-7	58.0^{a}	101.7^{bc}	84.3^{abcd}	16.0^{b-f}	2.3^{e}
	15-16	52.3^{abc}	75.0^{k}	64.9^{cdefg}	10.7^{hij}	4.0^{abcd}
	15-24	46.0^{bcdef}	80.3^{j}	66.5^{b-g}	10.9^{hij}	3.2^{bcde}
	15-52	44.0^{cdef}	100.3^{cde}	74.1^{a-f}	15.1^{b-h}	4.3^{abc}
	15-61	47.7^{bcde}	94.7^{f}	84.9^{abcd}	14.0^{c-i}	3.4^{a-e}
	15-63	52.3^{abc}	101.3^{bcd}	82.8^{abcd}	14.2^{c-i}	4.0^{abcd}
	15-76	51.7^{abc}	102.0^{b}	80.8^{abcd}	12.9^{d-j}	3.3^{a-e}
	15-68	51.0^{abcd}	93.0^{g}	70.6^{a-g}	13.9^{d-j}	4.1^{abcd}
	15-80	51.7^{abc}	101.7^{bc}	77.7^{a-f}	12.3^{e-j}	3.5^{a-e}
	15-118	44.3^{cdef}	70.3^{m}	88.9^{ab}	13.0^{d-j}	4.8^{ab}
	15-120	49.0^{a-e}	100.3^{cde}	62.1^{defg}	12.9^{d-j}	3.5^{a-e}
	15-129	46.3^{bcdef}	80.0^{j}	64.9^{cdefg}	11.3^{fghij}	4.4^{abc}
	15-127	49.3^{a-e}	90.0^{h}	72.9^{a-f}	11.1^{ghij}	4.2^{abc}
	15-136	51.0^{abcd}	99.3^{e}	71.3^{a-f}	9.9^{ij}	4.1^{abcd}
	15-143	51.0^{abcd}	101.0^{bcd}	68.3^{a-g}	15.0^{b-h}	4.3^{abc}

جدول۵. ادامه

Table 5. Continued

سال Year	ژنوتیپ Genotype	تعداد بذر درپانیکول No. grain per panicule	وزن هزار دانه 1000 grain weight (gr)	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})	زیست‌توده Biomass (kg.ha^{-1})
۱۳۹۱ 2012	**15-7**	1987.3 abc	4.17 d	2633.3 abcd	4473.0 g
	15-16	836.0 ijk	5.00 a	1533.3 cd	4760.0 fg
	15-24	814.8 ijk	4.87 ab	2733.3 abcd	7466.7 b-g
	15-52	1641.9 b-h	4.87 ab	2100.0 bcd	5240.0 efg
	15-61	2152.9 ab	4.93 ab	2066.7 bcd	5043.3 efg
	15-63	886.2 ijk	4.47 a-d	2700.0 abcd	3880.0 g
	15-76	817.1 ijk	4.10 d	2633.3 abcd	5152.3 efg
	15-68	947.3 hijk	5.00 a	2266.7 abcd	7390.0 b-g
	15-80	1655.0 b-g	4.93 ab	1720.0 bcd	5366.7 defg
	15-118	592.7 k	4.40 bcd	3133.3 ab	5860.0 c-g
	15-120	1722.6 a-f	4.73 abc	2866.7 abc	8378.0 a-g
	15-129	1038.7 f-k	4.93 ab	2283.3 abcd	6556.7 b-g
	15-127	1144.5 e-k	4.90 ab	1766.7 bcd	6580.0 b-g
	15-136	1406.3 c-j	4.40 bcd	1866.7 bcd	6493.3 b-g
	15-143	1007.9 g-k	4.27 cd	1866.7 bcd	5963.3 c-g
۱۳۹۲ 2013	**15-7**	1961.0 a-d	1.88 efg	2123.7 bcd	6300.0 b-g
	15-16	783.9 jk	1.72 efg	1326.7 d	5866.7 c-g
	15-24	889.2 ijk	2.07 ef	2956.3 abc	10033.3 a-d
	15-52	1851.8 a-d	2.30 e	1584.3 cd	6666.7 b-g
	15-61	2380.4 a	2.23 e	2256.3 abcd	7533.3 b-g
	15-63	1088.1 f-k	2.17 e	1735.7 bcd	8500.0 a-g
	15-76	1275.0 d-k	2.10 ef	2453.3 abcd	10166.7 abc
	15-68	1512.8 b-i	1.82 efg	2223.0 abcd	10966.7 ab
	15-80	1789.3 a-e	1.80 efg	1632.0 cd	12500.0 a
	15-118	1489.6 b-j	1.57 fg	2782.7 abcd	9266.7 a-f
	15-120	2106.0 ab	2.03 efg	3643.0 a	8400.0 a-g
	15-129	1513.0 b-i	2.08 ef	1683.3 bcd	9833.3 a-e
	15-127	1793.7 a-e	2.10 ef	1638.7 cd	8333.3 a-g
	15-136	969.8 g-k	1.88 efg	2630.0 abcd	6933.3 b-g
	15-143	947.5 hijk	1.43 g	2357.7 abcd	7533.3 b-g

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی-داری ندارند.

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level using Duncan Multiple Range Test.

تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که صفات عملکرد دانه و زیست‌توده در شرایط غیر شور به‌طور معنی-داری تحت تأثیر اثرات سال و ژنوتیپ قرار گرفتند اما اثرات متقابل سال در ژنوتیپ بر آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۳). در شرایط شور نیز اثر سال تنها بر زیست‌توده و اثر ژنوتیپ تنها بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). در شرایط شور، عملکرد دانه و زیست‌توده ژنوتیپ‌های مورد بررسی به‌طور قابل‌توجهی در مقایسه با شرایط غیر شور کاهش نشان داد؛ در شرایط غیر شور ژنوتیپ‌های ۱۵-۲۴ و ۱۵-۱۱۸ به ترتیب با میانگین‌های ۴۷۶۵/۳ و ۴۶۹۷/۷ دارای بیشترین عملکرد دانه و ژنوتیپ-های ۱۵-۱۱۸ و ۱۵-۶۸ به ترتیب با میانگین‌های ۱۴۵۷۸/۳ و ۱۴۰۵۳/۳ دارای بیشترین زیست‌توده در بین سایر ژنوتیپ‌های موردبررسی بودند (شکل ۱). در شرایط شور نیز ژنوتیپ ۱۵-۱۲۰ و ۱۵-۲۴ به ترتیب با میانگین-های ۳۲۵۴/۸ و ۲۸۴۴/۸ از عملکرد دانه بالاتری برخوردار بودند (شکل ۲)؛ بنابراین در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تنوع زیادی از نظر عملکرد دانه و زیست‌توده در دو شرایط

وجود داشت. عبیدی و همکاران (Abidi et al., 2001) درزمینه تأثیر تنش شوری بر رشد گیاه بیان داشتند که شوری در گیاه ذرت باعث کاهش میزان رشد نسبی و تبع آن کاهش ماده خشک کل گیاه گردیده درنتیجه عملکرد کاهش می‌یابد. نتایج سینگ و سینگ (Sing and Sing, 1994) نیز حاکی از کاهش عملکرد و ماده خشک تحت شرایط تنش شوری است.

شاخص‌های حساسیت و تحمل

مقادیر عملکرد دانه و زیست‌توده در شرایط غیر شور(Ypi)، شور (Ysi) و شاخص‌های ارزیابی تحمل به تنش ژنوتیپ-های مورد مطالعه در جدول ۷ ارائه شده است. شدت تنش (SI) برای عملکرد دانه و زیست‌توده به ترتیب ۰/۳۸ و ۰/۳۹ برآورد شد. شاخص‌های حساسیت به شوری شامل دو شاخص TOL و SSI بودند که مقادیر کوچک‌تر آن‌ها نشان‌دهنده حساسیت کمتر به شوری و تحمل نسبی بیشتر به تنش است. با این توصیف، از نظر شاخص TOL و با توجه به عملکرد دانه، ژنوتیپ‌های ۸۰-۱۵، ۱۳۶-۱۵ و

جدول ۶. مقایسه میانگین اثرات متقابل سال در ژنوتیپ در شرایط غیر شور

Table 6. Mean comparison for year × genotype effects under saline conditions

سال Year	ژنوتیپ Genotype	روز تا ظهورپانیکول Day to panicule emergence	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Day to maturity	ارتفاع بوته Plant height (cm)	طول پانیکول Panicule length (cm)
۱۳۹۱ 2012	**15-7**	61.0 a	109 a	117.1 a	30.2 a
	15-16	45.0 def	76 n	61.9 gh	20.1 c-g
	15-24	43.0 ef	86 j	56.0 h	17.1 gh
	15-52	50.0 b-f	99 e	79.8 c-h	19.8 c-g
	15-61	61.0 a	97 g	91.1 a-f	19.5 c-g
	15-63	53.0 abcd	100 d	83.3 b-g	22.0 c
	15-76	50.0 b-f	78 m	75.2 defgh	21.9 c
	15-68	57.0 ab	97 g	100.2 abcd	21.5 cde
	15-80	52.0 a-e	100 d	91.6 a-f	19.8 c-g
	15-118	41.0 f	95 h	72.9 efgh	20.4 c-g
	15-120	45.0 def	98 f	109.7 ab	28.4 ab
	15-129	61.0 a	107 b	84.4 b-g	19.6 c-g
	15-127	53.0 abcd	105 c	99.3 a-e	25.5 b
	15-136	52.0 a-e	107 b	91.9 a-f	18.7 c-g
	15-143	61.0 a	107 b	107.7 ab	19.7 c-g
۱۳۹۲ 2013	**15-7**	60.0 a	105 c	88.4 b-f	26.8 b
	15-16	54.7 abc	78 m	85.8 b-g	12.1 i
	15-24	49.3 b-f	85 k	70.1 fgh	11.1 i
	15-52	46.7 cdef	105 c	88.7 b-f	21.6 cd
	15-61	52.0 a-e	98 f	103.0 abc	17.2 gh
	15-63	54.7 abc	105 c	94.7 a-f	16.8 gh
	15-76	54.7 abc	105 c	98.0 a-e	14.8 hi
	15-68	54.7 abc	98 f	96.5 a-f	16.7 gh
	15-80	54.7 abc	105 c	96.2 a-f	17.4 fgh
	15-118	46.7 cdef	75 o	104.0 abc	21.0 cdef
	15-120	52.0 a-e	105 c	107.4 ab	25.3 b
	15-129	49.3 b-f	84 l	106.6 abc	17.7 fgh
	15-127	52.0 a-e	93 i	90.6 a-f	17.9 efgh
	15-136	54.7 abc	105 c	89.1 b-f	18.2 d-h
	15-143	54.7 abc	105 c	98.3 a-e	17.3 gh

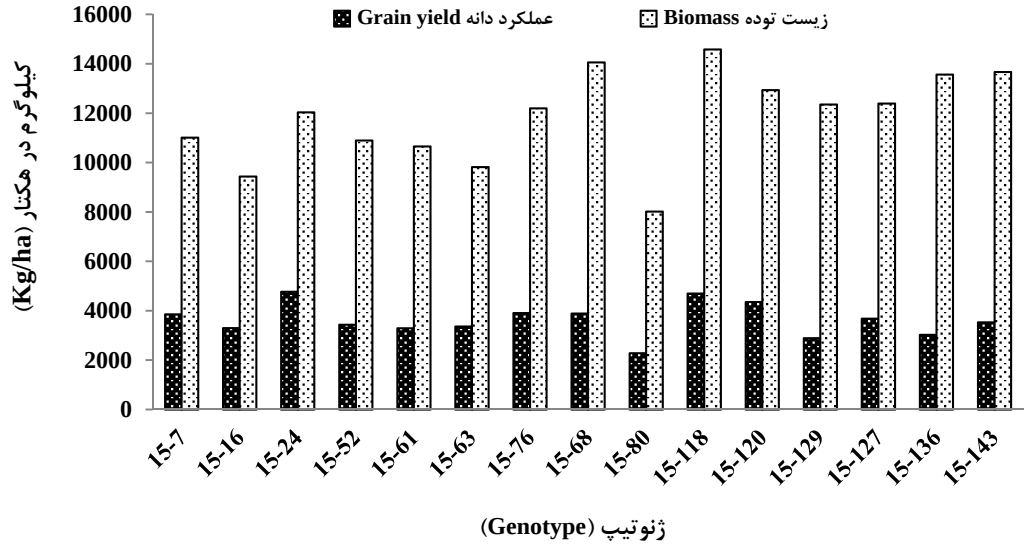
جدول ۶. ادامه **Table 6. Continued**

سال Year	ژنوتیپ Genotype	تعداد پانیکول دربوته No. panicule per plant	تعداد بذر درپانیکول No. grain per panicule	وزن هزار دانه 1000 grain weight (gr)	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})	زیست‌توده Biomass (kg.ha^{-1})
۱۳۹۱ 2012	**15-7**	4.7 d-h	3729.8 bc	3.6 b-g	4333.3 abcd	10413.3 c-g
	15-16	7.7 b-e	1878.3 g-k	2.6 hi	3600.0 a-f	8996.7 defg
	15-24	7.9 b-e	1627.3 hijk	2.8 ghi	5033.3 a	10933.3 b-g
	15-52	8.3 bcd	2258.6 e-j	4.4 a	4200.0 a-e	7480.0 fg
	15-61	6.1 c-h	4153.3 ab	3.9 abcd	3266.7 a-f	10300.0 c-g
	15-63	5.4 d-h	2197.5 e-j	4.0 abc	3800.0 a-f	8463.3 efg
	15-76	6.8 b-g	1655.8 hijk	3.6 a-g	4300.0 abcd	10190.0 c-g
	15-68	6.7 c-h	2515.3 efgh	4.3 ab	4066.7 a-f	12773.3 a-e
	15-80	6.0 c-h	3051.6 cde	3.5 c-g	2200.0 f	7063.3 g
	15-118	10.0 bc	1217.1 k	3.6 a-g	5033.3 a	12856.7 a-e
	15-120	4.8 d-h	1852.2 g-k	4.0 abc	4033.3 a-f	12140.0 a-f
	15-129	7.3 b-f	2025.3 f-k	2.5 i	3233.3 a-f	10433.3 c-g
	15-127	5.8 d-h	1562.2 ijk	2.9 ghi	3966.7 a-f	12976.7 a-e
	15-136	5.7 d-h	1994.4 f-k	2.5 i	2916.7 b-f	11453.3 b-g
	15-143	6.0 c-h	1652.2 hijk	3.5 c-g	3500.0 a-f	11900.0 a-g
۱۳۹۲ 2013	**15-7**	3.1 gh	3602.2 bcd	3.7 a-f	3372.3 a-f	11600.0 a-g
	15-16	10.7 b	1512.3 ijk	3.2 d-i	2987.3 b-f	9866.7 c-g
	15-24	14.9 a	1220.9 k	3.3 c-i	4497.3 abc	13133.3 a-e
	15-52	4.7 d-h	2752.6 defg	3.8 a-f	2658.3 cdef	14300.0 abc
	15-61	4.0 efgh	4771.5 a	3.4 c-h	3311.0 a-f	11000.0 b-g
	15-63	3.9 efgh	2811.3 def	3.4 c-h	2927.7 b-f	11166.7 b-g
	15-76	6.5 c-h	1834.0 g-k	3.2 c-i	3515.7 a-f	14200.0 abc
	15-68	8.0 b-e	2319.1 e-j	3.6 a-g	3701.3 a-f	15333.3 ab
	15-80	3.3 fgh	2951.3 cde	3.1 e-i	2356.7 ef	8966.7 defg
	15-118	5.4 d-h	2439.6 e-i	3.2 c-i	4362.0 abcd	16300.0 a
	15-120	2.6 h	2503.5 efgh	3.2 c-i	4669.7 ab	13733.3 abcd
	15-129	7.1 b-g	2518.8 efgh	3.5 c-g	2542.3 def	14266.7 abc
	15-127	6.3 c-h	2309.3 e-j	3.0 fghi	3396.0 a-f	11800.0 a-g
	15-136	6.6 c-h	1425.7 jk	3.2 c-i	3127.0 b-f	15666.7 ab
	15-143	3.1 gh	1507.3 ijk	3.8 a-e	3555.0 a-f	15433.3 ab

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.
Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level using Duncan Multiple Range Test.

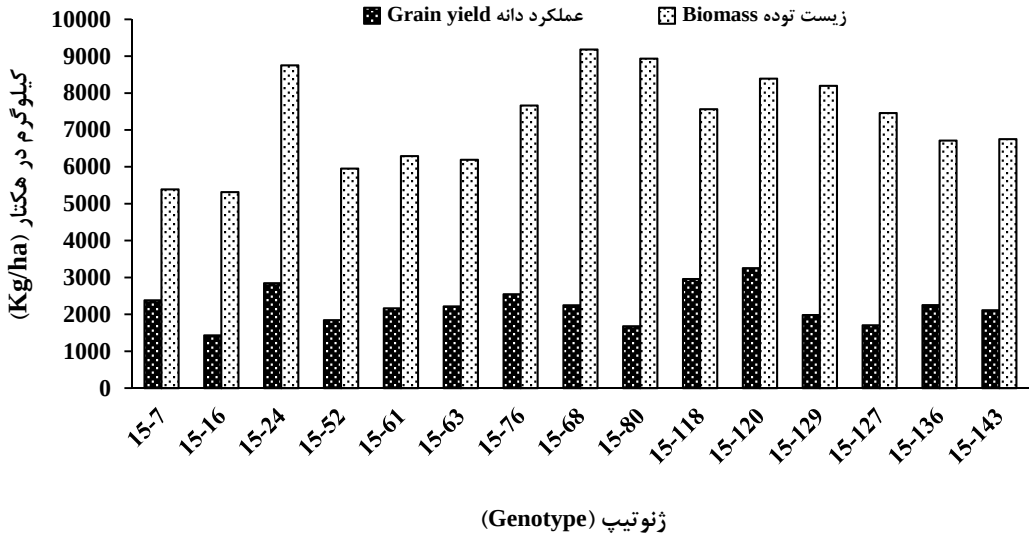
۱۲۰-۱۵ (به ترتیب با ۶۰۲/۳، ۷۷۳/۵ و ۱۰۹۶/۷ کیلوگرم در هکتار کاهش در شرایط تنش شوری نسبت به شرایط بدون تنش) حساسیت کمتری به شوری داشتند. بر اساس شاخص SSI، غیر حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها به کاهش عملکرد دانه در شرایط شور همان ژنوتیپ‌های مشخص‌شده توسط شاخص TOL یعنی ژنوتیپ‌های ۱۲۰-۱۵، ۱۳۶-۱۵ و ۸۰-۱۵ به ترتیب با مقادیر ۰/۶۶، ۰/۶۷ و ۰/۶۹ بودند، اما بر اساس زیست‌توده، ژنوتیپ‌های ۸۰-۱۵، ۲۴-۱۵ و ۱۲۹-۱۵ به ترتیب با مقادیر ۰/۲۶، ۰/۷۰ و ۰/۸۷ غیر حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها به کاهش عملکرد در شرایط شوری شناخته شدند. نتایج محققین نشان داده است که انتخاب بر اساس شاخص حساسیت به تنش (SSI) و تحمل به تنش (TOL) باعث گزینش ارقامی با عملکرد نسبتاً پایین در محیط بدون تنش و عملکرد پایین در محیط تنش می‌گردد که چنین ارقامی به علت عملکرد پایین، ازنظر زراعی نامطلوب هستند (Taghvaei et al., 2007). در مورد شاخص TOL نیز مشخص‌شده که پایین بودن مقدار این شاخص الزاماً به دلیل بالا بودن عملکرد رقمی در محیط تنش نیست، زیرا ممکن است عملکرد رقمی در شرایط عادی پایین باشد و در شرایط تنش نیز با افت عملکرد کمتری همراه باشد که باعث کوچک شدن شاخص TOL شود و در نتیجه این رقم به‌عنوان رقم متحمل معرفی گردد (Moghaddam and

Hadizadeh, 2002). شاخص‌های تحمل به شوری مورد بررسی شامل MP، GMP، STI، HARM بودند. هر چه مقدار این شاخص‌ها بالاتر باشد، تحمل در برابر شوری بیشتر است (Blum, 2001). نتایج محاسبه این شاخص‌ها نشان داد که بر اساس شاخص‌های STI و GMP (برای عملکرد دانه و زیست‌توده) ژنوتیپ‌های ۱۲۰-۱۵ و ۲۴-۱۵ در برابر تنش شوری از تحمل نسبی بالاتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار بودند. مقاوم‌ترین ژنوتیپ‌ها در برابر تنش شوری برای صفت عملکرد دانه بر اساس شاخص‌های STI، MP و HARM ژنوتیپ‌های ۱۱۸-۱۵، ۲۴-۱۵ و ۱۲۰-۱۵ و برای صفت زیست‌توده بر اساس شاخص‌های MP و HARM ژنوتیپ‌های ۶۸-۱۵، ۲۴-۱۵ و ۱۱۸-۱۵ بودند (جدول ۷).



شکل ۱.عملکرد دانه و زیست‌توده ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط غیر شور

Fig. 1. Grain yield and biomass of millet genotypes under none saline condition



شکل ۲.عملکرد دانه و زیست‌توده ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط شور

Fig. 2. Grain yield and biomass of millet genotypes under saline condition

جدول ۷. میانگین دو ساله عملکرد دانه و زیست‌توده و شاخص‌های تنش ژنوتیپ‌های ارزن دم‌روباهی در شرایط شور و غیر شور

Table 7. Two years average of grain and biomass and stress indices of foxtail millet genotypes undersaline and none-saline conditions

ژنوتیپ Genotype	Ypi (kg.ha^{-1})		Ysi (kg.ha^{-1})		TOL		SSI	
	عملکرد دانه Grain yield	زیست‌توده Biomass	عملکرد دانه Grain yield	زیست‌توده Biomass	عملکرد دانه Grain yield	زیست‌توده Biomass	عملکرد دانه Grain yield	زیست‌توده Biomass
15-7	3852.8	11007	2378.5	5387	2378.5	5620	1.01	1.32
15-16	3293.7	9432	1430.0	5313	1430	4119	1.49	1.13
15-24	4765.3	12033	2844.8	8750	2844.8	3283	1.06	0.70
15-52	3429.2	10890	1842.2	5953	1842.2	4937	1.22	1.17
15-61	3288.8	10650	2161.5	6288	2161.5	4362	0.90	1.06
15-63	3363.8	9815	2217.8	6190	2217.8	3625	0.90	0.95
15-76	3907.8	12195	2543.3	7660	2543.3	4535	0.92	0.96
15-68	3884.0	14053	2244.8	9178	2244.8	4875	1.11	0.89
15-80	2278.3	8915	1676.0	8033	1676	918	0.69	0.26
15-118	4697.7	14578	2958.0	7563	2958	7015	0.97	1.24
15-120	4351.5	12937	3254.8	8389	3254.8	4548	0.66	0.91
15-129	2887.8	12350	1983.3	8195	1983.3	4155	0.82	0.87
15-127	3681.3	12388	1702.7	7457	1702.7	4931	1.41	1.03
15-136	3021.8	13560	2248.3	6713	2248.3	6847	0.67	1.30
15-143	3527.5	13667	2112.2	6748	2112.2	6919	1.05	1.30

جدول ۶. ادامه

Table 6. Continued

ژنوتیپ Genotype	STI		MP		GMP		HARM	
	عملکرد دانه Grain yield	زیست‌توده Biomass	عملکرد دانه Grain yield	زیست‌توده Biomass	عملکرد دانه Grain yield	زیست‌توده Biomass	عملکرد دانه Grain yield	زیست‌توده Biomass
15-7	0.70	0.42	3115.6	8197	3027.1	7700.31	2941.2	7233.7
15-16	0.36	0.36	2361.8	7372.5	2170.2	7079	1994.2	6797.1
15-24	1.04	0.75	3805	10391.5	3681.8	10261	3562.7	10132.2
15-52	0.48	0.46	2635.7	8421.5	2513.4	805105	2396.8	7697.9
15-61	0.54	0.48	2725.1	8469	2666.2	8183.3	2608.5	7907.3
15-63	0.57	0.43	2790.8	8002	2731.3	7794.5	2673.1	7591.9
15-76	0.76	0.67	3225.5	9927.5	3152.5	9665	3081.2	9409.5
15-68	0.67	0.92	3064.4	11615.5	2952.7	11356.8	2845.1	11103.9
15-80	0.29	0.51	1977.1	8474	1954	8461.5	1931.2	8449.1
15-118	1.06	0.79	3827.8	11070.5	3727.7	10500.1	3630.1	9959.2
15-120	1.08	0.77	3803.1	10663	3763.4	10417.7	3724	10178
15-129	0.44	0.72	2435.5	10272.5	2393.1	10060.2	2351.5	9852.3
15-127	0.48	0.66	2692	9922.5	2503.6	9611.3	2328.4	9309.8
15-136	0.52	0.65	2635	10136.5	2606.5	9540.8	2578.2	8980.2
15-143	0.57	0.66	2819.8	10207.5	2729.6	9603.3	2642.2	9035

مناسب‌ترین شاخص برای گزینش ارقام متحمل به تنش، شاخصی است که همبستگی نسبتاً بالایی با عملکرد در هر دو شرایط شور و غیر شورداشته باشد؛ بنابراین با ارزیابی میزان همبستگی بین شاخص‌های تحمل تنش و عملکرد دانه و زیست‌توده در دو محیط، شناسایی مناسب-ترین شاخص امکان‌پذیر می‌باشد. نتایج همبستگی بین شاخص‌های تحمل و حساسیت و عملکرد دانه نشان می‌دهد که شاخص HARM دارای بیشترین همبستگی (r=۰/۹۷) با عملکرد دانه در شرایط غیر شور بوده و پس از آن GMP و STI هر دو با مقادیر ۰/۹۵ همبستگی بالاتری با عملکرد دانه در این شرایط داشتند (جدول ۸).

همبستگی شاخص‌های TOL و SSI با عملکرد دانه در شرایط بدون تنش نیز غیر معنی‌دار بود. بررسی رابطه شاخص‌های مورد بررسی با عملکرد دانه در شرایط شور نشان داد که شاخص‌های MP، GMP و STI به ترتیب دارای بیشترین همبستگی با عملکرد دانه در این شرایط بودند. همبستگی شاخص SSI با عملکرد دانه در شرایط بدون تنش غیر معنی‌دار بود (جدول ۸). از نظر زیست‌توده نیز نتایج همبستگی نشان داد که شاخص HARM و پس از آن شاخص‌های GMP و STI دارای همبستگی بالایی با زیست‌توده ژنوتیپ‌ها در شرایط غیر شور بودند. در شرایط شور نیز شاخص‌های MP، GMP و STI از بیشترین همبستگی با زیست‌توده برخوردار بودند (جدول ۹).

جدول ۸. ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل و حساسیت به شوری و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های ارزن دم‌روباهی در شرایط شور و غیر شور

Table 8. Correlation coefficient between tolerance and sensitivity indices and grain yield of foxtail millet genotypes under saline and none-saline conditions

Indices	Ys	Yp	TOL	SSI	STI	MP	GMP	HARM
Ys	1.00							
Yp	0.77**	1.00						
TOL	0.65**	0.29 ns	1.00					
SSI	0.18 ns	-0.48 ns	0.85**	1.00				
STI	0.91**	0.95**	0.31ns	-0.21ns	1.00			
MP	0.95**	0.92**	0.41ns	-0.10ns	0.991**	1.00		
GMP	0.92**	0.95**	0.32ns	0.20 ns	0.996**	0.99**	1.00	
HARM	0.89**	0.97**	0.24ns	0.28 ns	0.992**	0.98**	0.99**	1.00

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

ns: Not significant and * and **: Significantly different at 5% and 1% probability level, respectively

جدول ۹. ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل و حساسیت به شوری و زیست‌توده ژنوتیپ‌های ارزن دم‌روباهی در شرایط شور و غیر شور

Table 9. Correlation coefficient between tolerance and sensitivity indices and biomass of foxtail millet genotypes under saline and none-saline conditions

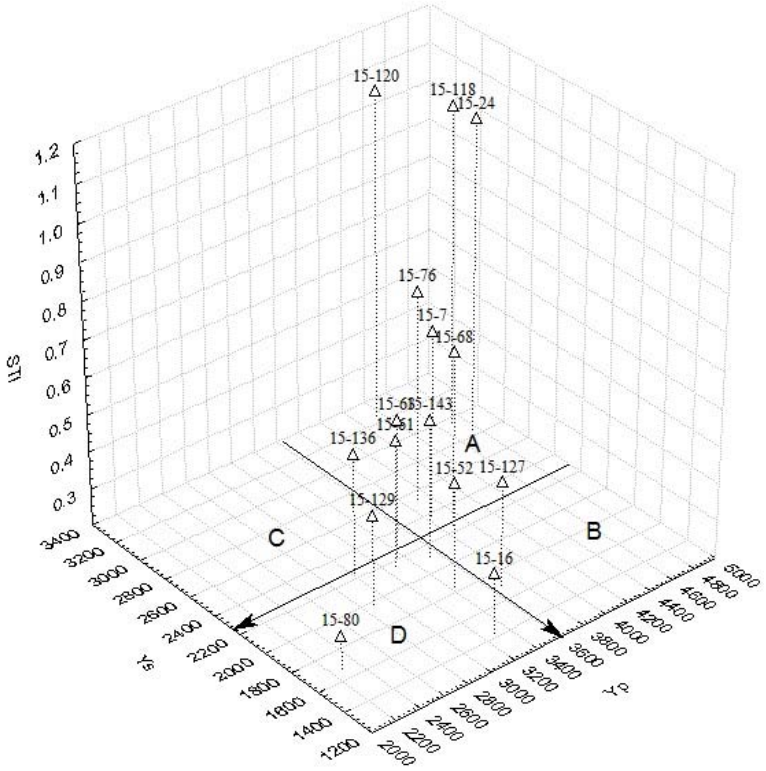
Indices	Ys	Yp	TOL	SSI	STI	MP	GMP	HARM
Ys	1.00							
Yp	0.48ns	1.00						
TOL	0.73**	0.24ns	1.00					
SSI	0.40 ns	-0.59*	0.90**	1.00				
STI	0.84**	0.87**	0.26ns	-0.12ns	1.00			
MP	0.90**	0.80**	0.38ns	0.008ns	0.98**	1.00		
GMP	0.84**	0.87**	0.25ns	-0.13ns	0.99**	0.99**	1.00	
HARM	0.77**	0.92**	0.13ns	-0.25ns	0.99**	0.96**	0.99**	1.00

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

ns: Not significant and * and **: Significantly different at 5% and 1% probability level, respectively

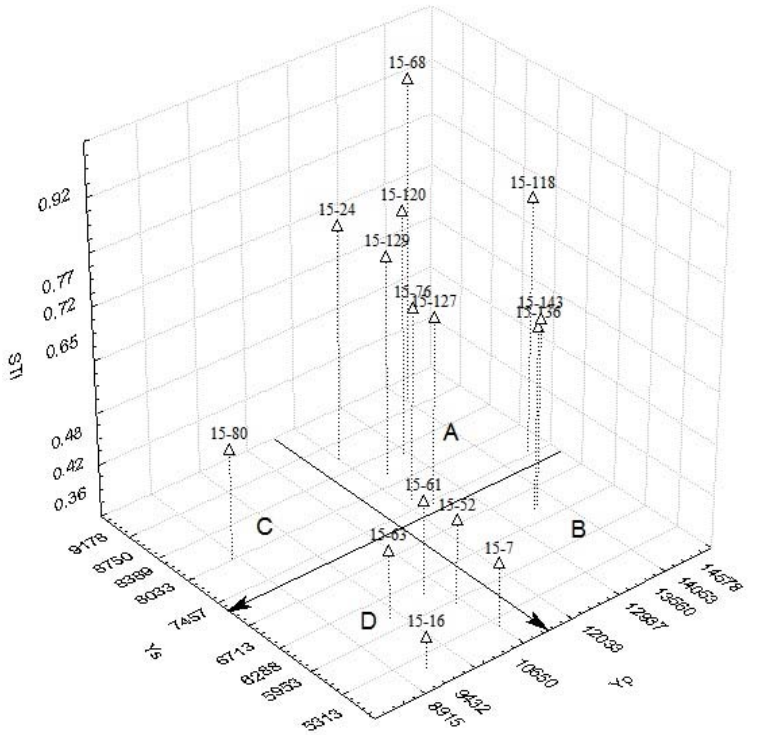
حاجی‌زاده و همکاران (Hajizad et al., 2011) نیز در گزارش خود در زمینه ارزیابی تحمل به شوری در ۲۰ ژنوتیپ گندم نان، شاخص‌های STI، MP، GMP و HM را به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها جهت تحمل به شوری شناسایی نمودند. اسدی و همکاران (Asadi et al., 2012) نیز با بررسی ۳۲۴ لاین گندم در شرایط تنش و بدون تنش، شاخص‌های STI و GMP را به‌عنوان مهم‌ترین شاخص‌های تحمل به شوری جهت شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل در گندم نان معرفی کردند.

با توجه به همبستگی بالای بین شاخص‌های STI، MP و GMP با عملکرد دانه و زیست‌توده در شرایط شور، نمودار سه‌بعدی STI با عملکردها در شرایط شور و غیر شور با استفاده از برنامه STATISTICA ترسیم گردید. بر اساس عملکرد دانه، ژنوتیپ‌های ۷۶-۱۵، ۲۴-۱۵، ۱۱۸-۱۵ و



شکل ۳. پراکنش سه‌بعدی ژنوتیپ‌های ارزن دم‌روباهی بر اساس عملکرد دانه در شرایط شور (Ys) و غیر شور (Yp) و شاخصSTI

Fig. 3. 3D plot of millet genotypes scattering on the basis of grain yield in saline (Ys) and none-saline (Yp) conditions and STI index



شکل ۴. پراکنش سه‌بعدی ژنوتیپ‌های ارزن دم‌روباهی بر اساس عملکرد زیست‌توده در شرایط شور (Ys) و غیر شور (Yp) و شاخص STI

Fig. 4. 3D plot of millet genotypes scattering on the basis of biomass in saline (Ys) and none-saline (Yp) conditions and STI index

۱۲۰-۱۵ در ناحیه A قرار گرفتند به عبارتی هم در شرایط شور و هم در شرایط غیر شور عملکرد بالایی داشتند (شکل ۳) و بر اساس زیست‌توده نیز ژنوتیپ‌های ۷۶-۱۵، ۲۴-۱۵، ۱۱۸-۱۵، ۱۲۰-۱۵، ۱۲۷-۱۵، ۱۲۹-۱۵ و ۱۴۳-۱۵ در ناحیه A قرار گرفتند (شکل ۴). انتخاب شاخص‌های MP، GMP و STI در گزینش ارقام گندم در شرایط تنش شوری توسط رنجبر و روستا (Ranjbar and Rousta,2010) و کنفی و همکاران (Kanafi et al., 2015) نیز مورداستفاده قرار گرفته است.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج آزمایش نشان داد که شاخص‌های STI، MP و GMP بهترین شاخص‌ها برای گزینش و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش شوری در بین ژنوتیپ‌های ارزن دم‌روباهی بودند. ژنوتیپ‌های ۷۶-۱۵، ۲۴-۱۵، ۱۱۸-۱۵ و ۱۲۰-۱۵ نیز بر اساس شاخص‌های تحمل شوری به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌های ارزن دم‌روباهی به تنش شوری شناسایی شدند.

منابع

Aaron, J., Swart, L., Gibson, R., Douglas, L., Karlen, M.L., Jean-Luc, J., 2005.Planting data effect on winter triticale dry matter and nitrogen accumulation.Agronomy Journal. 97, 1333-1341.

Abidi, M., Qayyum, A., Dasti, A.A., Abdulmajid, R., 2001. Effect of salinity and SAR of irrigation water on yield, Physiological growth Parameters of Maize (*Zea mays* L.) and properties of the soil.Journal of Research (Science), Bahauddin Zakariya University, Bultan, Pakistan.12(1), 26-33.

Asadi, M., Mohammadi-Nejad, G., Golkar, P., Naghavi, H., Nakhoda, B., 2012. Assessment of salinity tolerance of different promising lines of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Advances in Applied Science Research. 3(2), 1117-1121.

Avalbaev, A.M., Bezhorkov, M.V., Kildibekova, A.R., Fatkutdinova, R.A., 2009. Wheat germagglutinin restores cell division and growth of wheat Seedlings under salinity. Journal of Plant Physiology, Special Issue. 257-263.

Azari Nasrabad, A., 2013. Effect of planting date on yield and yield components of promising lines of foxtail millet. Seed and Plant Production Journal. 2-28(1), 95-105. [In Persian with English Summary].

Bina, G.R., 1993. Study of plant density effect on yield and its components of three species of millet. M.Sc. Thesis, Ferdowsi University, Mashhad, Iran. [In Persian with English Summary].

Blum, A., 2001. Wheat cellular thermo tolerance is related to yield under heat stress. Evolution, Medicine, and Public Health. 117, 117-123.

Canama, T., Li, X., Holowachukb, J., Yu, M., Xia, J., Mandal, R., Krishnamurthy, R., 2013. Differential metabolite profiles and salinity tolerance between two genetically related brown seeded and yellow-seeded *Brassica carinata* lines. Plant Science. 198, 17-26.

Colmer, T.D., Flowers, T.J., Munns, R., 2006. Use of wild relatives to improve salt tolerance in wheat. Journal of Experimental Botany. 57, 1059-1078.

Dura, S.A.M., Duwayri, M.A., Nachit, M.M., 2011. Effects of Different Salinity Levels on Growth, Yield and Physiology on Durum Wheat (*Triticum turgidum* var. durum). Jordan Journal of Agricultural Science. 7(3), 528-527.

Eker, S., Comertpay, G., 2009. Effect of Salinity Stress on Dry Matter Production and IonAccumulation in Hybrid Maize Varieties. Turkish Journal of Agriculture. 365-373.

Fernandez, G.C.J., 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Kuo, C.G. (Ed), Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress, Tania, Taiwan.

Fischer, R.A., Maurer, R., 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. Part 1: grain yield response. Austrailan Journal of Agricultural Research. 29, 897- 912.

Flowers, T.J., Yeo, A.R., 1995. Breeding for salinity tolerance in crop plants-where next. Australian Journal of Plant Physiology. 22, 875-884.

Goudarzi, M., Pakniyat, D.H., 2008. Evaluation of wheat cultivars under salinity stress based on some agronomic and physiological traits. Journal of Agriculture and Social Sciences. 4, 35-38.

Haghnia, Gh., 1993. Manual of plants to salinity stress tolerance (Translation). Publications of University of Mashhad.[In Persian with English Summary].

Hajizad, S., Nakhoda, B., Mohammadi-Nejad, G., Tabatabaee, S.M.T., Zarandi, S., 2011. Indicators of salinity tolerance in 20 genotypes of bread wheat. Proceeding of The First National Conference on Modern Topics in Agriculture. September 10-12, Islamic Azad University, Saveh Branch, Iran. pp: 744-751. [In Persian with English Summary].

Hall, A.F., 2001. Crop Responses to Environmental Stresses. CRC Press LLC, Boca Raton. 232p

Kafi, M., Borzoei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masomi, A., Nabati, J., 2009. Environmental Stress on Plant Physiology. Jihad Daneshgahi publication, Iran.[In Persian with English Summary].

Kafi, M., Stwart, S., 1998. Effect of salinity on growth and yield of nine wheat cultivars. Journal of Agricultural Science and Technology. 12(10), 76-85.

Kanafi Laskoukelayeh, M., Dehghani, H., Dvorak, J., 2015. Response of salt stress in some bread wheat varieties by tolerance indices. Cereal Research. 5(2), 145-157.

Mir Mohammad Meybodi, S.M.B.,Ghareyazi, B., 2003.Physiology aspects and breeding for salinity stress in plants. Isfahan University of Technology. [In Persian with English Summary].

Moghaddam, A., Hadizade, M.H., 2002. Response of corn (*Zea mays* L.) hybrids and their parental lines to drought using different stress tolerance indices. Plant Seed Journal. 18(3), 255-272. [In Persian with English Summary].

Munns, R., 1993. Physiological processes limiting plant growth in saline soil: some dogmas and hypothesizes. Plant Cell Invironment. 16, 15-24.

Norouzi, H., Roshanfekr, H.A., Hasibs, P., Mesgrbashy, M., 2014. The effect of irrigation water salinity on yield and quality of two forage millet cultivars. Journal of Water Research in Agriculture. 28(3), 560-551.

Qureshi, A.S., Qadir, M., Heydari, N., Turral, H., javadi, A., 2007. A review of management strategies for saltprone land and water resources in Iran. Colombo, Sri lanka: International water management Institute. 30p.

Ranjbar, G.H., Rousta, M.J., 2010. The most effective stability index for selection of wheat genotypes in saline condition. Soil Research Journal. 24(3), 283-290.[In Persian with English Summary].

Rosielle, A.A., Hamblin, J., 1987. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Science. 21, 943.946.

Sandhu G.R., Qureshi R.H., 1986. Salt-affected soils of Pakestan and their utilization. Reclamation and Revegetation Research. 5, 105-113.

Singh, B.R., Singh, D.P., 1994. Effect of moisture stress on morphological parameters and productivity of poaceous crops. Agro Botanical publishers India, Bikaner. 241-246

Taghvaei, M., Chaeichi, M., Sharifzadeh, F., Ahmadi, A., 2007. Evaluation of drought stress on yield and yield components and drought tolerance indices in hull-less and coated barley cultivars. Iranian Journal of Agricultural Science. 38(1), 67-78. [In Persian with English Summary].

Zebarjadi, A.R., Tavakoli Shadpey, S., Etminan, A.R., 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 with English Summary].