"مجله علوم زراعی ایران"
جلد شانزدهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳

ارزیابی تحمل خشکی انتهای فصل در نمونه‌های ارزن دم‌روباهی (*Setaria italica*)

Evaluation of terminal drought tolerance in Foxtail millet (*Setaria italica*) accessions

آزیتا نخعی[۱]، محمدرضا عباسی[۲]، الیاس آرزمجو[۳] و علی آذری نصر آباد[۴]

چکیده

نخعی، آ.، م. ر. عباسی، ا. آرزمجو و م. ع. آذری. ۱۳۹۳. ارزیابی تحمل تنش خشکی انتهای فصل در نمونه های ارزن دم‌روباهی (*Setaria italica*). **مجله علوم زراعی ایران. ۱۶ (۱): ۳۸-۲۵.**

به منظور بررسی واکنش ۱۳ نمونه ارزن دم‌روباهی به تنش خشکی در مراحل انتهایی رشد، دو آزمایش مجزا در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار درایستگاه تحقیقات کشاورزی بیرجند از سال زراعی ۱۳۸٤ به مدت دو سال اجرا گردید. در آزمایش اول آبیاری با آغاز گلدهی (۱۰ درصد ظهور خوشه) قطع شده و در آزمایش دوم (شرایط بدون تنش) با دور هفت روز یک بار اجرا شد. صفات تعداد خوشه در واحد سطح، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و علوفه خشک اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که تنش خشکی منجر به کاهش در کلیه صفات مورد بررسی شد و بیشترین درصد کاهش مربوط به عملکرد دانه بود. نمونه‌های ۱٤۳-۱۵ خراسان جنوبی و ۲٤-۱۵ یزد دارای بیشترین میانگین دو ساله عملکرد دانه (به ترتیب ۱۵٤٤ و ۱٤٦۸کیلوگرم در هکتار) و علوفه خشک (به ترتیب ۳۵۲۲ و ۲٦۵۳ کیلوگرم در هکتار) بودند. ارزیابی نمونه‌ها از نظر تحمل به خشکی با استفاده از شاخص‌های MP، TOL، SSI، GMP، STI و HARM و میزان همبستگی آن‌ها با عملکرد دانه و علوفه خشک در دو شرایط تنش و بدون تنش نشان داد که شاخص‌های HARM، GMP و STI، بهترین شاخص‌ها در تفکیک نمونه‌های متحمل به خشکی بودند. با استفاده از روش ترسیمی سه بعدی و وضعیت پراکنش نمونه‌ها در آن، نمونه‌های ۱٤۳-۱۵ و ۱۳۱-۱۵ خراسان جنوبی و ۲٤-۱۵ یزد به عنوان نمونه‌های پرمحصول و متحمل به تنش خشکی شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: ارزن دم‌روباهی، تنش خشکی، عملکرد دانه و نمونه.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۸/۰۸ این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی شماره ۸۲۱۲۰-۱۲-۱۰۹-۲ مصوب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان جنوبی می‌باشد

۱- کارشناس ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان جنوبی. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده)
(پست الکترونیک: nakheia@yahoo.com)
۲ و ۴- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی و خراسان جنوبی
۳- کارشناس ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان جنوبی

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.1.3.8]

مقدمه

حدود یک‌سوم زمین‌های زراعی دنیا با کمبود آب مواجه هستند و انتظار می‌رود این نسبت تا سال ۲۰۲۵ به حدود دو سوم برسد (Annan, 2001). با وجود این که آب فراوان‌ترین ماده در سطح زمین است، اما محدودیت در دسترسی به آن موجب کاهش تولید محصولات کشاورزی می‌شود. از آنجا که بخش کشاورزی عمده‌ترین مصرف‌کننده آب به شمار می‌آید، هر گونه صرفه‌جویی در این بخش کمک موثری به حفظ منابع آب تلقی می‌شود. زیاد بودن میزان تبخیر و تعرق و محدودیت منابع آبی در طول دوره رشد گیاهان زراعی، توجه بیشتر به مطالعه در مورد آثار تنش خشکی و انتخاب ارقام مقاوم به خشکی و همچنین ذخیره آب و مصرف کارآمد آن را طلب می‌کند (Saranga *et al.,* 2001).

ارزن از گیاهان علوفه‌ای مناطق خشک می‌باشد که مقاومت نسبی بالایی به تنش خشکی داشته و به علت همین سازگاری و بالا بودن کارایی مصرف آب می‌تواند در این شرایط عملکرد رضایت بخشی تولید کند. رشد سریع، تطابق بالا در نواحی گرمسیری، مقاومت نسبی در مقابل خشکی و شوری، میزان بالای پروتئین، پربرگی و خوشخوراکی و عدم دارا بودن اسید پروسیک، چهارکربنه بودن، توانایی تولید بالای آن در نواحی گرم و خشک و بالا بودن کارایی مصرف آب آن نسبت به گونه‌های سه‌کربنه، باعث شده که به صورت گیاه علوفه‌ای مناسبی برای کشت در نواحی گرم و خشک که با محدودیت آب مواجه هستند، محسوب شود (Kusaka *et al*., 2005). گلمبک و رامانه (Golombek and Al-Ramamneh, 2002) در بررسی سازوکارهای تحمل خشکی در ارزن مرواریدی نشان دادند که خشکی از طریق کاهش سطح برگ و تعداد برگ‌های فعال، سطح جذب دی‌اکسید کربن و متعاقب آن عملکرد را کاهش می‌دهد. زمان بروز تنش خشکی نیز در نوع و میزان خسارت وارده اثرات زیادی دارد. نتایج تحقیقات انجام شده در ارزن نشان داده است که تنش در مرحله زایشی تا ۵۰ درصد عملکرد دانه را کاهش داد، اما بروز تنش در مرحله رشد رویشی در ارزن باعث کاهش ۲۵ درصد و در سورگوم ۳۰ درصد عملکرد شد. یاداو و همکاران (Yadav *et al.*, 2001) نشان دادند که خشکی پس از گلدهی عملکرد دانه ارزن مرواریدی را کاهش داد. این کاهش عملکرد از طریق کاهش سه جزء مهم عملکرد یعنی تعداد پنجه در متر مربع، وزن دانه و تعداد دانه در خوشه بود.

در بسیاری از گیاهان زراعی، اجتناب از تنش خشکی انتهای فصل به عنوان یک راهبرد اکولوژیک مطرح است. بدیهی است در این شرایط گیاه از طریق تسریع فنولوژی، قبل از وقوع تنش و مواجهه با خشکی، چرخه زندگی خود را تکمیل کرده و به نوعی از خشکی فرار می‌کند (Turner *et al.,* 2001). بنابراین به نظر می‌رسد که یکی از راه‌های مقابله با تنش خشکی، اصلاح گیاهان متحمل و زودرس است و شناخت این موضوع که هر یک از گیاهان یا ژنوتیپ‌ها چگونه با تنش مقابله می‌کنند، حائز اهمیت است و انتخاب برای گیاهانی که بدین شکل از تنش خشکی اجتناب می‌کنند، با موفقیت‌های زیادی همراه بوده است (Siddique *et al.,* 1999). به منظور انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی، شاخص‌های مختلفی بر اساس عملکرد در شرایط تنش و غیر تنش معرفی شده است. فیشر و مائورر (Fisher and Maurer, 1978) شاخص حساسیت به تنش (SSI)، روزیله و هامبلین (Rosille and Hamblin, 1987) شاخص تحمل (TOL) و شاخص میانگین بهره‌وری (MP)، فرناندز (Fernandez, 1992) شاخص تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) را برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی معرفی کردند. بر اساس واکنش ژنوتیپ‌ها به شرایط محیطی با تنش یا بدون تنش، می‌توان آن‌ها را در چهار گروه دسته‌بندی کرد (Fernandez, 1992): A: ژنوتیپ‌هایی که در هر دو

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.1.3.8]

محیط از نظر عملکرد برتری نسبی داشته و عملکرد بالایی تولید می‌کنند. B: ژنوتیپ‌هایی که در شرایط بدون تنش عملکرد نسبی بالاتری دارند. C: ژنوتیپ‌هایی که در شرایط تنش عملکرد نسبی بالاتری دارند. D: ژنوتیپ‌هایی که در شرایط مطلوب و تنش عملکرد کمی دارند. سی‌و سه‌مرده و همکاران (Sio-semardeh *et al.*, 2006) گزارش کردند که در شرایط تنش ملایم، شاخص‌های STI، GMP و MP شاخص‌های موثر در انتخاب لاین‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش هستند، ولی در شرایط تنش شدید هیچ کدام از شاخص‌ها قادر به شناسایی لاین‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط نیستند.

این تحقیق به منظور ارزیابی مقاومت به خشکی در منابع ژنتیکی ارزن علوفه‌ای (*Setaria italica*) یا ارزن دم‌روباهی، مربوط به کلکسیون بانک ژن، نسبت به تنش خشکی در جهت تکمیل بانک اطلاعاتی ذخایر توارثی گیاهان و ارزیابی تخصصی و یافتن بهترین شاخص‌های تحمل به خشکی در ارزن، اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش از سال زراعی ۱۳۸۴ به مدت دو سال در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی بیرجند 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 و میانگین بارندگی سالیانه ۱۴۰ میلی‌متر و در یک خاک رسی انجام شد. قبل از اجرای آزمایش در هر دو سال از عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری خاک محل آزمایش نمونه‌برداری انجام و برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شدند (جدول ۱).

میانگین دما و بارندگی در دو فصل زراعی ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ در شکل‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. این آزمایش در قالب دو طرح جداگانه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. در آزمایش اول آبیاری با آغاز گلدهی (۱۰ درصد ظهور خوشه) قطع شده و در آزمایش دوم، آبیاری معمول با دور هر هفت روز یک بار اعمال گردید. تیمارهای آزمایش شامل ۱۳ نمونه ارزن دم‌روباهی با کدهای ۱۳۲-۱۵ (همدان)، ۶۸-۱۵ و ۱۲۵-۱۵ (کرمان)، ۲۴-۱۵ (یزد)، ۲۱-۱۵، ۸۹-۱۵ و ۱۰۱-۱۵ (مازندران)، ۱۳۱-۱۵، ۱۴۳-۱۵، ۸۰-۱۵، ۶۱-۱۵، ۱۲۹-۱۵ و ۱۲۷-۱۵ (خراسان جنوبی) بودند که از کلکسیون بخش تحقیقات ژنتیک و ذخایر توارثی بانک ژن گیاهی موسسه تحقیقات اصلاح و نهال و بذر کرج تهیه شدند. قبل از کاشت، زمین مورد نظر آماده‌سازی شده و مقدار ۱۵۰ کیلوگرم فسفر از منبع فسفات آمونیم و ۳۵ کیلوگرم نیتروژن از منبع اوره به خاک اضافه گردید. هر کرت آزمایش شامل ۴ خط ۵ متری به فاصله ۵۰ سانتی‌متر بود، به این ترتیب که هر نمونه بذر ارزن روی چهار خط و بین هر نمونه تا نمونه بعدی یک خط نکاشت قرار داشت. بذور به فاصله هشت سانتی‌متر از هم روی خطوط در تاریخ ۲۰ تیرماه کشت شدند. پس از کاشت، تمام کرت‌ها به طور همزمان و یکنواخت آبیاری شد تا سبز یکنواخت حاصل گردد. عمق کاشت ۳-۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شده و متعاقباً در دو نوبت و با فاصله زمانی کم، آبیاری اولیه صورت گرفت و پس از سبز شدن بذر، با انجام واکاری و تنک، تراکم حدود ۴۰۰ الی ۶۰۰ هزار بوته در هکتار تامین گردید. مبارزه با علف‌های هرز به صورت دستی و بطور یکسان در کلیه کرت‌ها انجام گرفت و هیچ‌گونه آفت و یا بیماری خاصی مشاهده نگردید.

صفات تعداد خوشه در متر مربع، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و علوفه خشک، اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری عملکرد علوفه خشک و عملکرد دانه زمانی انجام شد که برگ‌های پائینی در نمونه‌ها به زردی گرائید و خوشه‌ها به رنگ زرد درآمدند. برای ارزیابی عملکرد با حذف نیم متر از ابتدا

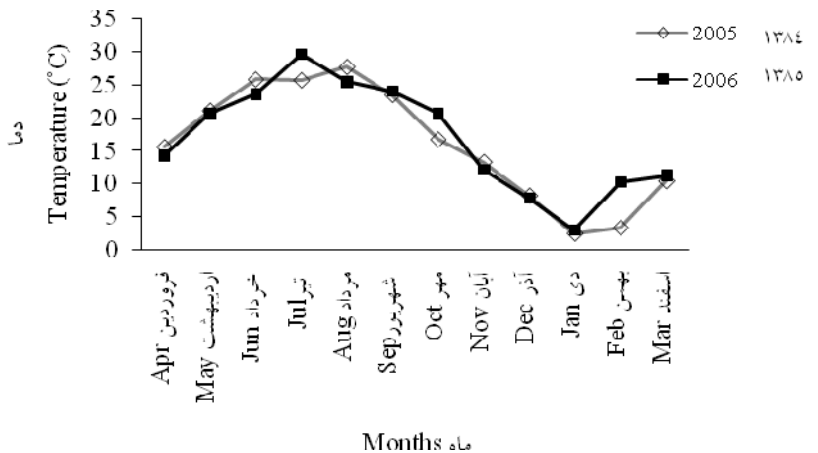
[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.1.3.8]

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در دو سال زراعی ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵

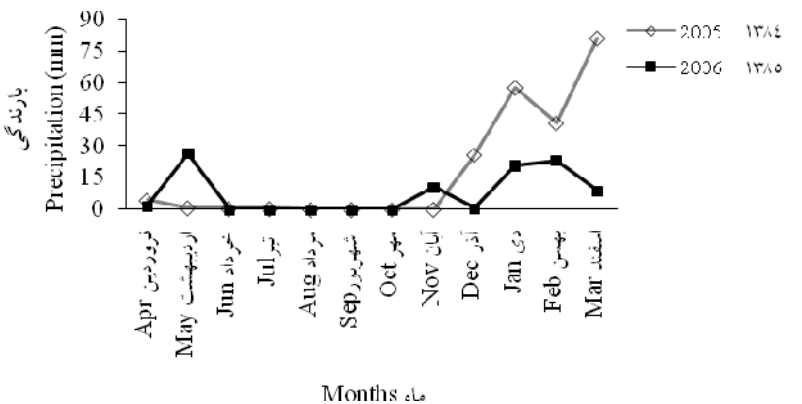
Table 1. Physico-chemical properties of soil in experimental site for 2005 and 2006 cropping seasons

سال Year	عمق Depth (cm)	بافت خاک Soil texture	اسیدیته گل اشباع pH	مواد آلی O.M. (%)	فسفر P ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم K ($mg.kg^{-1}$)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	درصد اشباع بازی (sp)	کربنات کلسیم $CaCo_3$ (%)	گچ Gyp (%)	سیلت Silt (%)
2005 ۱۳۸۴	0-30	Clay	7.83	0.15	4.5	219.4	4.5	40.9	15.5	1.39	17.4
2006 ۱۳۸۵			7.83	0.16	4.6	218	4.3	40	15.8	1.40	17



شکل ۱- میانگین دمای ماهانه دو سال ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵

Fig. 1- Monthly average temperature for two years of 2005 and 2006



شکل ۲- میانگین بارندگی ماهانه دو سال ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵

Fig. 2- Monthly average precipitation for two years of 2005 and 2006

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.1.3.8]

و انتهای هر کرت، عملکرد هر نمونه در سطح چهار متر مربع اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین اثر متقابل با استفاده از نرم افزار MSTAT-C انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش نیز به شرح زیر محاسبه شدند:

شدت تنش	$SI = 1 - (Ys / Yp)$	(Fischer and Maurer, 1978)	(۱)
شاخص حساسیت به تنش	$SSI = (1 - (Ysi / Ypi)) / SI$	(Fischer and Maurer, 1978)	(۲)
شاخص تحمل	$TOL = Ypi - Ysi$	(Rosielle and Hamblin, 1987)	(۳)
شاخص تحمل به تنش	$STI = (Ypi \times Ysi)/(Yp)^2$	(Fernandez, 1992)	(۴)
شاخص میانگین بهره‌وری	$MP = (Ypi + Ysi)/2$	(Rosielle and Hamblin, 1987)	(۵)
میانگین هندسی بهره‌وری	$GMP = (Ypi \times Ysi)^{0.5}$	(Fernandez, 1992)	(۶)
میانگین هارمونیک بهره‌وری	$HARM = (2\times(Ypi \times Ysi))/(Ypi + Ysi)$	(Fernandez, 1992)	(۷)

در رابطه‌های فوق، Yp و Ys به ترتیب میانگین عملکرد کلیه نمونه‌ها در شرایط آبیاری و تنش خشکی و Ypi و Ysi نیز میانگین عملکرد هر یک از نمونه‌ها در این دو شرایط می‌باشند. در پایان پس از تعیین عملکرد دانه و علوفه خشک در شرایط تنش و بدون تنش،شاخص‌های MP، GMP، TOL، HARM، STI و SSI محاسبه شده و با استفاده از نرم افزار SAS، همبستگی بین شاخص‌ها با عملکرد دانه و علوفه خشک بررسی و با استفاده از نرم‌افزار SigmaPlot، نمودار پراکنش سه‌بعدی هر یک از نمونه‌ها در محدوده‌های A، B، C و D ترسیم گردید.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشته است. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تنش خشکی منجر به کاهش حدود ۸۰ درصدی عملکرد دانه ارزن گردید (جدول ۲). تنش خشکی در هر دو سال آزمایش عملکرد دانه را کاهش داد (جدول ۳). بیشترین میانگین دو ساله عملکرد دانه از تیمار آبیاری کامل (۱۵۹۵/۵ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن از تیمار تنش خشکی (۲۸۶/۷ کیلوگرم در هکتار) حاصل گردید. عملکرد دانه بین نمونه‌های مورد بررسی نیز اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد داشت، بطوریکه نمونه‌های ۱۴۳-۱۵ و ۲۴-۱۵ به ترتیب با میانگین‌های ۱۵۴۴/۸ و ۱۴۶۸/۳ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین و نمونه ۱۳۲-۱۵ با میانگین ۴۱۸/۵، دارای کمترین میانگین عملکرد دوساله در بین نمونه‌های مورد بررسی بودند. این نتایج نشان می‌دهد که در میان نمونه‌های مورد مطالعه تنوع زیادی از نظر عملکرد دانه در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی وجود داشت (جدول ۳). براک و همکاران (Bruck *et al.*, 2000) نیز گزارش کرده‌اند که کم‌آبیاری سبب کاهش عملکرد دانه ارزن می‌شود. آنها دلیل این موضوع را مختل شدن فعالیت‌های فیزیولوژیک گیاه اعلام کردند. اثر متقابل تنش خشکی × نمونه بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. در شرایط بدون تنش، دو نمونه ۱۴۳-۱۵ و ۲۴-۱۵ با میانگین ۲۷۰۰/۴ و ۲۶۴۴/۰ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین عملکرد دانه بودند، اما در شرایط تنش خشکی، تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های مورد بررسی مشاهده نگردید، با این وجود نمونه‌های ۱۳۱-۱۵، ۱۴۳-۱۵ و ۸۰-۱۵ با میانگین

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.1.3.8]

۴۴۶/۱، ۳۸۹/۰ و ۳۴۸/۵ کیلوگرم در هکتار، دارای عملکرد بالاتری نسبت به سایر نمونه‌ها بودند (جدول ۳). این موضوع نشان می دهد که تفاوت ژنتیکی نمونه‌های ارزن در شرایط تنش خشکی کمتر بروز می کند.

تجزیه واریانس مرکب برای اثر تنش خشکی، نمونه، و برهمکنش آن‌ها نشان داد که اثر تنش خشکی، نمونه، سال × تنش خشکی و نمونه × تنش خشکی در سطح یک درصد بر عملکرد علوفه خشک ارزن معنی‌دار بودند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد علوفه خشک بطور معنی‌داری تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفت. در تیمار قطع آبیاری به دلیل تنش خشکی وارد شده به گیاه، کمترین علوفه خشک (۱۱۶۹/۵ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد که ۶۵ درصد کمتر از تیمار آبیاری کامل (۳۳۷۸/۵ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۲). در شرایط تنش خشکی، آب‌کشیدگی و کاهش حجم سلولی در اندام‌های هوایی بیشتر از ریشه‌ها رخ می‌دهد، بنابراین تحت این شرایط ذخایر فتوسنتزی بیشتری به ریشه‌ها تخصیص داده می‌شود و وزن اندام‌های هوایی کاهش می‌یابد، گیاه بیشتر انرژی خود را صرف حفظ و بقاء در شرایط تنش کرده و در نتیجه رشد و توسعه سلولی آن کاهش یافته و در شدیدترین حالت تنش، متوقف می‌شود. نتایج پژوهش‌های محققان دیگری از جمله بیدینگر و همکاران (Biddinger *et al.*, 1999) و ثقه‌الاسلامی و همکاران (Seghatoleslami *et al.,* 2007) در گیاهان مختلف، حاکی از کاهش ماده خشک تحت شرایط تنش خشکی است. نمونه‌های ۱۴۳-۱۵ و ۲۴-۱۵ به ترتیب با میانگین‌های ۳۵۲۲/۳ و ۳۳۸۸/۵ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین و نمونه‌های ۲۱-۱۵ و ۱۰۱-۱۵ با میانگین‌های ۱۰۷۹/۳ و ۱۱۰۷/۳ کیلوگرم در هکتار دارای کمترین میانگین دوساله علوفه خشک در بین سایر نمونه‌ها بودند (جدول ۲). در شرایط آبیاری کامل، نمونه‌های ۲۴-۱۵ و ۱۴۳-۱۵ با میانگین‌های ۵۴۳۴/۴ و ۵۳۸۱/۳ کیلوگرم در هکتار دارای بالاترین علوفه خشک، ولی در شرایط تنش خشکی انتهای فصل، نمونه‌های ۱۳۱-۱۵، ۱۴۳-۱۵ و ۸۰-۱۵ به ترتیب با میانگین‌های ۱۷۴۳/۶، ۱۶۶۳/۳ و ۱۶۴۳/۹ کیلوگرم در هکتار نسبت به سایر نمونه‌ها برتر بودند (جدول ۳). نتایج این پژوهش نشان داد که در میان نمونه‌های ارزن مورد بررسی برای عملکرد علوفه خشک در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی تنوع زیادی وجود داشت. اثر تنش خشکی و نمونه بر کلیه اجزای عملکرد دانه معنی‌دار بود. اثر متقابل تنش خشکی × نمونه تنها بر تعداد دانه در خوشه معنی‌دار بود. اثر متقابل سال × نمونه نیز بر تعداد خوشه در متر مربع و تعداد دانه در خوشه در سطح پنج درصد و بر وزن هزار دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اثرهای متقابل سال × تنش خشکی و سال × نمونه × تنش خشکی برای هیچ کدام از اجزای عملکرد دانه معنی‌دار نبودند. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تنش خشکی منجر به کاهش معنی‌دار اجزای عملکرد دانه گردید. تنش خشکی منجر به کاهش ۱۴/۲۷ درصدی تعداد خوشه در متر مربع، ۲۶/۳۴ درصدی تعداد دانه در خوشه و ۱۰/۴۱ درصدی وزن هزار دانه نسبت به تیمار آبیاری کامل گردید (جدول ۲). گزارش شده است که تشکیل سلول‌های آندوسپرم به دلیل کاهش هورمون سیتوکینین در شرایط تنش خشکی، کاهش یافته و پتانسیل وزن دانه در شرایط خشکی کاهش می‌یابد (Bradford, 1994). کاهش تعداد سنبله در متر مربع تحت تاثیر تنش خشکی در جهت تنظیم تعداد مقصدهای فیزیولوژیکی با میزان تولید مواد پرورده رخ می‌دهد (Seghatoleslami *et al.,* 2005). کاهش تعداد دانه در خوشه که در این آزمایش با شدت بیشتری نسبت به دیگر اجزای عملکرد دانه کاهش یافت، می‌تواند ناشی از عقیمی گلچه‌ها، مرگ و میر گلچه‌ها و اختلال در گرده‌افشانی و پر شدن دانه باشد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.1.3.8]

میانگین دو ساله تعداد خوشه به ترتیب مربوط به نمونه‌های ۸۹-۱۵ (۱۹۳/۲ خوشه در متر مربع) و ۶۱-۱۵ (۲۵/۸ خوشه در متر مربع) بود. با اینکه نمونه ۶۱-۱۵ دارای کمترین تعداد خوشه در متر مربع بود، اما این نمونه با میانگین دوساله ۴۵۳۲/۹، دارای بیشترین تعداد دانه در خوشه بود (جدول ۲). این نمونه در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی نیز بیشترین تعداد دانه در خوشه را به خود اختصاص داد. بیشترین وزن هزار دانه نیز با میانگین دو ساله ۳/۱۶ گرم مربوط به نمونه ۶۸-۱۵ بود که در گروه آماری برتر قرار گرفت و پس از آن نمونه‌های ۸۰-۱۵ (۲/۶۲ گرم) و ۲۴-۱۵ (۲/۵۸ گرم) دارای بیشترین وزن هزار دانه بودند. نمونه ۸۹-۱۵ (با میانگین‌های ۱۹۷/۲ و ۱۸۹/۳) دارای بیشترین و نمونه ۶۸-۱۵ (با میانگین‌های ۲۶/۸ و ۲۲) نیز دارای کمترین تعداد خوشه در متر مربع در هر دو تیمار بدون تنش و تنش خشکی بودند (جدول ۳). در هر دو رژیم رطوبتی، بیشترین وزن هزار دانه مربوط به نمونه ۶۸-۱۵ بود. در هر دو سال آزمایش بالاترین تعداد خوشه در متر مربع مربوط به نمونه ۸۹-۱۵ و پس از آن نمونه‌های ۱۳۲-۱۵ و ۱۰۱-۱۵ بود. تعداد دانه در خوشه نیز در نمونه ۶۱-۱۵ در هر دو سال از سایر نمونه‌ها بیشتر بود که پس از آن نمونه‌های ۸۰-۱۵ و ۶۸-۱۵ در سال دوم تعداد دانه بالاتری نسبت به سایر نمونه‌ها داشتند (نتایج جدول میانگین اثر متقابل سال × نمونه ارائه نشده است). تعداد دانه در خوشه نیز از تنوع بالایی در میان نمونه‌های ارزن مورد بررسی برخوردار بود که ممکن است ناشی از تفاوت در اندازه خوشه آنها باشد.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر سال، تنش خشکی و نمونه بر عملکرد و اجزای عملکرد ارزن دم‌روباهی

Table 2. Mean comparison of yield and yield components of Foxtail millet accessions in drought stress

Treatments	تیمارهای آزمایشی	خوشه در واحد سطح No. panicle.m^{-2}	دانه در خوشه No. grain. panicle^{-1}	وزن هزار دانه 1000 grains weight (g)	علوفه خشک Dry forage (kg.ha^{-1})	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})
			Year سال			
2005	۱۳۸۴	78.01b	1166.6b	2.12b	2331.2a	1033.8a
2006	۱۳۸۵	82.92a	1438.9a	2.43a	2216.8a	848.4b
			Drought stress تنش خشکی			
Normal irrigation	آبیاری معمول	86.65a	1500.4a	2.40a	3378.5a	1595.5a
Drought stress	تنش خشکی	74.28b	1105.1b	2.15b	1169.5b	286.7b
			Accession نمونه			
15-125 (Kerman)		39.1gf	1176.6d	2.15cd	2653.0bc	1234.6ab
15-24 (Yazd)		48.2f	2188.4b	2.58b	3388.5ab	1468.3a
15-89 (Mazandaran)		193.2a	230.6e	1.80e	1537.7d	582.5c
15-131 (Southern Khorasan)		65.8e	1630.9c	2.18cd	2894.1abc	1102.8ab
15-143 (Southern Khorasan)		82.5d	1063.7d	2.29cd	3522.3a	1544.8a
15-68 (Kerman)		24.4h	2330.6b	3.16a	2408.5c	861.6bc
15-132 (Hamadan)		143.6b	154.1e	2.19cd	1294.1d	418.5c
15-80 (Southern Khorasan)		28.0gh	2069.8b	2.62b	2565.9c	889.5bc
15-101 (Mazandaran)		133.8b	128.6e	1.90e	1107.3d	518.9c
15-61 (Southern Khorasan)		25.8h	4532.9a	2.34c	2691.1bc	1181.5ab
15-129 (Southern Khorasan)		75.7de	1000.5d	1.94e	2856.6abc	1287.1ab
15-21 (Mazandaran)		120.7c	206.6e	2.25cd	1079.3d	508.6c
15-127 (Southern Khorasan)		64.9e	222.2e	2.14d	1562.9d	636.6c

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 letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.1.3.8]

شاخص‌های حساسیت و تحمل

مقادیر عملکرد دانه و علوفه خشک در شرایط بدون تنش (Ypi) و در شرایط تنش (Ysi) و شاخص‌های ارزیابی تحمل به خشکی نمونه‌های مورد مطالعه در جدول ۴ ارائه شده است. شدت تنش (SI) برای عملکرد دانه و علوفه خشک به ترتیب ۰/۸۲ و ۰/۶۵ برآورد شد. شاخص‌های حساسیت به خشکی که در این آزمایش استفاده شدند، شامل دو شاخص TOL و SSI بوده که مقادیر کوچک‌تر آن‌ها نشان دهنده حساسیت کمتر به خشکی می‌باشد. با این توصیف، از نظر شاخص TOL و با توجه به عملکرد دانه، نمونه‌های ۱۳۲-۱۵، ۸۹-۱۵ و ۱۰۱-۱۵ (به ترتیب با ۴۵۴/۸، ۵۳۴/۶ و ۵۸۶/۱ کیلوگرم در هکتار کاهش در شرایط تنش خشکی نسبت به آبیاری کامل) و با توجه به عملکرد علوفه خشک، نمونه‌های ۱۳۲-۱۵، ۲۱-۱۵ و ۱۰۱-۱۵ (ترتیب با ۷۹۱/۸، ۸۸۲/۰ و ۹۱۷/۵ کیلوگرم در هکتار کاهش در شرایط تنش خشکی نسبت به آبیاری کامل) از حساسیت کمتری در برابر

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و نمونه بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد ارزن دم‌روباهی

Table 3. Means comparison of grain yield and yield components of Foxtail millet in interaction effect of drought stress × accession treatments

نمونه‌های ارزن Millet accession	خوشه در واحد سطح No. panicle.m^{-2}	دانه در خوشه No. grain. Panicle^{-1}	وزن هزار دانه 1000 grains weight (g)	علوفه خشک Dry forage (kg.ha^{-1})	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})
Normal irrigation آبیاری معمول					
15-125 (Kerman)	43.7g-k	1516e-h	2.31de	4089.1abc	2180.0ab
15-24 (Yazd)	59.7fghi	2850c	2.77bc	5434.5a	2644.0a
15-89 (Mazandaran)	197.2a	205ij	2.05defg	2175.2de	849.8def
15-131 (Southern Khorasan)	73.8def	2033cdefg	2.30de	4044.6abc	1759.5abcd
15-143 (Southern Khorasan)	96.7cd	815hij	2.40d	5381.3ab	2700.4a
15-68 (Kerman)	26.8k	2553cd	3.23a	3803.0bc	1515.3b-e
15-132 (Hamadan)	143.5b	195ij	2.30de	1690.0e	646.0ef
15-80 (Southern Khorasan)	32.3jk	2235cde	2.90ab	3487.9cd	1429.5bcde
15-101 (Mazandaran)	134.7b	160j	1.87fgh	1566.1e	812.0def
15-61 (Southern Khorasan)	32.0jk	5296a	2.42cd	3965.9abc	2002.0abc
15-129 (Southern Khorasan)	90.5de	1122ghi	2.08d-g	4671.4abc	2250.4ab
15-21 (Mazandaran)	122.5b	267ij	2.38d	1520.4e	846.2def
15-127 (Southern Khorasan)	73.2def	260ij	2.25def	2090.8de	1106.9c-f
Drought stress تنش خشکی					
15-125 (Kerman)	34.5ijk	838hij	2.01defg	1216.9e	289.4f
15-24 (Yazd)	36.8hijk	1527efgh	2.41cd	1342.6e	292.6f
15-89 (Mazandaran)	189.3a	257ij	1.57h	900.3e	315.3f
15-131 (Southern Khorasan)	57.8fghij	1229fgh	2.08defg	1743.6e	446.2f
15-143 (Southern Khorasan)	68.3efg	1312fgh	2.19defg	1663.4e	389.1f
15-68 (Kerman)	22.0k	2109cdef	3.10ab	1014.1e	208.0f
15-132 (Hamadan)	143.8b	114j	2.10defg	898.1e	191.1f
15-80 (Southern Khorasan)	23.7k	1905defg	2.34de	1644.0e	348.5f
15-101 (Mazandaran)	133.0b	98j	1.94efgh	648.6e	226.0f
15-61 (Southern Khorasan)	19.7k	3770b	2.27de	1416.3e	361.0f
15-129 (Southern Khorasan)	61.0fgh	879hij	1.81gh	1041.9e	323.8f
15-21 (Mazandaran)	119.0bc	147j	2.14defg	638.4e	171.0f
15-127 (Southern Khorasan)	56.7fghij	184ij	2.04defg	1035.2e	165.6f

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 letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.1.3.8]

خشکی برخوردار بودند. بر اساس شاخص SSI، غیرحساس‌ترین نمونه‌ها به کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی همان نمونه‌های مشخص شده توسط شاخص TOL یعنی نمونه‌های ۱۳۲-۱۵، ۸۹-۱۵ و ۱۰۱-۱۵ به ترتیب با مقادیر ۰/۸۶، ۰/۷۷ و ۰/۸۸ بودند، اما بر اساس عملکرد علوفه خشک، نمونه‌های ۱۲۷-۱۵، ۸۰-۱۵ و ۱۳۱-۱۵ با مقادیر ۰/۷۷، ۰/۸۱ و ۰/۸۷، غیرحساس‌ترین نمونه‌ها به کاهش عملکرد در شرایط خشکی شناخته شدند. بر اساس نتایج همبستگی (جدول‌های ۵ و ۶) این دو شاخص همبستگی پائینی با عملکرد دانه و علوفه خشک در هر دو شرایط داشتند. نتایج سایر محققین نیز نشان داده است که انتخاب بر اساس شاخص حساسیت به تنش (SSI) و تحمل به تنش (TOL) باعث گزینش ارقامی با عملکرد نسبتاً پائین در محیط بدون تنش و عملکرد پائین در محیط تنش می‌گردد که چنین ارقامی به علت عملکرد پائین، از نظر زراعی نامطلوب می‌باشند (Taghvaei *et al*., 2007). در مورد شاخص TOL نیز مشخص شده که پائین بودن مقدار این شاخص الزاماً به دلیل بالا بودن عملکرد رقم در محیط تنش نمی‌باشد، زیرا ممکن است عملکرد رقمی در شرایط عادی پائین باشد و در شرایط تنش نیز با افت عملکرد کمتری همراه باشد که باعث کوچک شدن شاخص TOL شود و در نتیجه این رقم به عنوان رقم متحمل معرفی گردد (Moghaddam and Hadizadeh, 2002).

شاخص‌های تحمل خشکی مورد بررسی در این آزمایش شامل MP، GMP، STI و HARM بودند. هرچه مقدار این شاخص‌ها بالاتر باشد، تحمل در برابر خشکی بیشتر است (Blum, 2001). نتایج محاسبه این شاخص‌ها نشان داد که بر اساس شاخص‌های STI و GMP، (برای عملکرد دانه و عملکرد علوفه خشک)، نمونه‌های ۲۴-۱۵، ۱۳۱-۱۵ و ۱۴۳-۱۵ در برابر تنش خشکی از تحمل نسبی بالاتری نسبت به سایر نمونه‌ها برخوردار بودند. مقاوم‌ترین نمونه‌ها در برابر تنش خشکی بر اساس شاخص MP، نمونه‌های ۲۴-۱۵ و ۱۴۳-۱۵ و بر اساس شاخص HARM، نمونه‌های ۱۳۱-۱۵ و ۱۴۳-۱۵ برای هر دو صفت عملکرد دانه و عملکرد علوفه خشک بودند (جدول ۴).

مناسب‌ترین شاخص برای گزینش ارقام متحمل به تنش، شاخصی است که دارای همبستگی نسبتاً بالایی با عملکرد دانه در هر دو شرایط بدون تنش و تنش باشد بنابراین با ارزیابی میزان همبستگی بین شاخص‌های تحمل تنش و عملکرد دانه در دو محیط، شناسایی مناسب‌ترین شاخص امکان‌پذیر می‌باشد. نتایج همبستگی بین شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی و عملکرد دانه در جدول ۵ نشان داد که شاخص HARM دارای بیشترین همبستگی (r= ۰/۹۸**) با عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی بوده و پس از آن، شاخص‌های GMP و STI (به ترتیب با مقادیر ۰/۸۴ و ۰/۸۳) دارای بیشترین همبستگی با عملکرد دانه در این شرایط بودند (جدول ۵). همبستگی شاخص‌های TOL و SSI با عملکرد دانه در شرایط تنش غیر معنی‌دار و MP معنی‌دار بود. رابطه شاخص‌های مورد بررسی با عملکرد دانه در شرایط بدون تنش متفاوت بود، بطوریکه رابطه همه این شاخص‌ها با عملکرد دانه در این شرایط در سطح یک درصد معنی‌دار بوده و در این میان، شاخص‌های TOL و MP دارای بیشترین همبستگی بودند (جدول ۵). نتایج همبستگی شاخص‌ها با عملکرد علوفه خشک نیز نشان داد که شاخص HARM و پس از آن شاخص‌های GMP، STI و MP دارای همبستگی بالایی با عملکرد علوفه خشک نمونه‌ها در شرایط تنش خشکی بودند. مشابه با همبستگی شاخص‌ها با عملکرد دانه در شرایط بدون تنش، همبستگی تمامی شاخص‌ها با عملکرد علوفه خشک در این شرایط در سطح یک درصد معنی‌دار بود و در این بین شاخص‌های MP، TOL و GMP دارای بیشترین همبستگی با عملکرد علوفه خشک در شرایط آبیاری بدون تنش بودند (جدول ۶).

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.1.3.8]

جدول ۴- میانگین عملکرد دانه و علوفه خشک و شاخص‌های تنش نمونه‌های ارزن در شرایط تنش خشکی و آبیاری معمول (۱۳۸۴ و ۱۳۸۵)

Table 4. Mean grain and dry forage yield and drought indices of Foxtail millet accessions under drought stress and normal irrigation conditions

نمونه‌های ارزن Millet accession	Ypi (kg.ha^{-1})		Ysi (kg.ha^{-1})		TOL		SSI		STI		MP		GMP		HARM	
	Grain yield	Dry forage	Grain yield	Dry forage	Grain yield	Dry forage	Grain yield	Dry forage	Grain yield	Dry forage	Grain yield	Dry forage	Grain yield	Dry forage	Grain yield	Dry forage
15-125	2179.9	4089.1	289.4	1216.9	1890.5	2872.2	1.06	1.07	0.25	0.44	1234.7	2653.0	794.30	2230.72	510.99	1875.64
15-24	2644.0	5434.5	292.6	1342.6	2351.4	4091.9	1.08	1.15	0.30	0.64	1468.3	3388.5	879.58	2701.17	526.91	2153.24
15-89	849.8	2175.2	315.2	900.3	534.6	1274.8	0.77	0.90	0.11	0.17	582.5	1537.7	517.60	1399.42	459.90	1273.53
15-131	1759.5	4044.6	446.2	1743.6	1313.3	2300.9	0.91	0.87	0.31	0.62	1102.8	2894.1	886.02	2655.61	711.83	2436.77
15-143	2700.4	5381.3	389.1	1663.4	2311.3	3717.9	1.04	1.06	0.41	0.78	1544.7	3522.3	1025.03	2991.84	680.17	2541.24
15-68	1515.3	3802.9	207.9	1014.1	1307.3	2788.8	1.05	1.12	0.12	0.34	861.6	2408.5	561.35	1963.85	365.72	1601.26
15-132	646.0	1690.0	191.1	898.1	454.9	791.8	0.86	0.72	0.05	0.13	418.6	1294.1	351.38	1232.00	294.98	1172.91
15-80	1429.5	3487.9	348.5	1643.9	1081.0	1843.9	0.92	0.81	0.20	0.50	889.0	2565.9	705.87	2394.58	560.44	2234.66
15-101	812.0	1566.1	225.9	648.6	586.1	917.5	0.88	0.90	0.07	0.09	518.9	1107.4	428.35	1007.89	353.54	917.34
15-61	2002.0	3965.9	361.0	1416.3	1640.9	2549.6	1.00	0.98	0.28	0.49	1181.5	2691.1	850.18	2370.03	611.76	2087.25
15-129	2250.4	4671.4	323.8	1041.9	1926.6	3629.5	1.04	1.19	0.29	0.43	1287.1	2856.6	853.67	2206.15	566.19	1703.77
15-21	846.2	1520.4	171.0	638.7	675.2	882.0	0.97	0.89	0.06	0.09	508.6	1079.4	380.39	985.17	284.51	899.18
15-127	1106.8	2090.8	165.7	1035.2	941.2	1055.6	1.04	0.77	0.07	0.19	636.2	1562.9	428.15	1471.17	288.12	1384.74

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.1.3.8]

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی و عملکرد دانه نمونه‌های ارزن در شرایط تنش خشکی و آبیاری معمول

Table 5. Correlation coefficient between tolerance and sensitivity indices and grain yield of Foxtail millet accessions under drought stress and normal irrigation treatments

Indices	Ys	Yp	TOL	SSI	STI	MP	GMP	HARM
Ys	1.00							
Yp	0.60*	1.00						
TOL	0.51 ns	0.99**	1.00					
SSI	-0.04 ns	0.72**	0.78**	1.00				
STI	0.83**	0.93**	0.89**	0.48 ns	1.00			
MP	0.67*	0.99**	0.98**	0.66*	0.96**	1.00		
GMP	0.84**	0.94**	0.89**	0.48 ns	0.99**	0.96**	1.00	
HARM	0.98**	0.75**	0.67*	0.17 ns	0.92**	0.81**	0.93**	1.00

ns: Not significant — ns: غیر معنی‌دار

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively — *و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی و عملکرد علوفه خشک نمونه‌های ارزن دم‌روباهی در شرایط تنش خشکی و آبیاری معمول

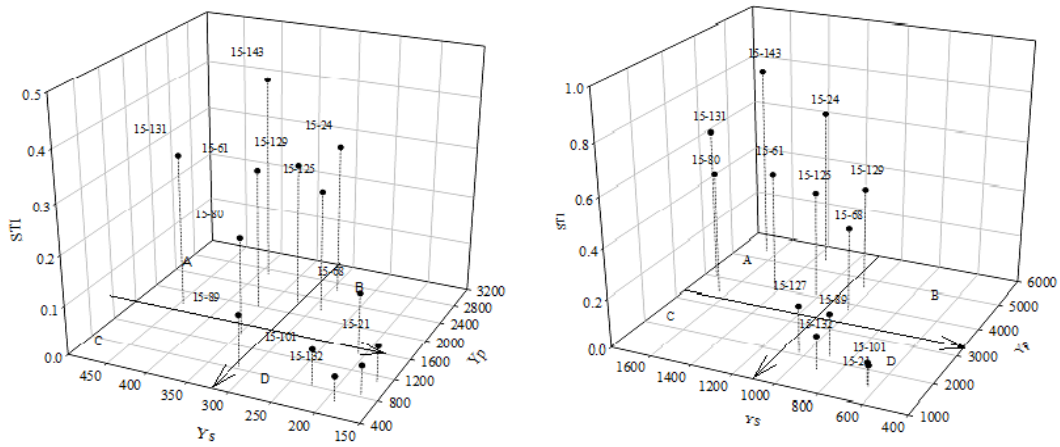
Table 6. Correlation coefficient between tolerance and sensitivity indices and dry forage yield of Foxtail millet accessions under drought stress and normal irrigation treatments

Indices	Ys	Yp	TOL	SSI	STI	MP	GMP	HARM
Ys	1.00							
Yp	0.73**	1.00						
TOL	0.57*	0.98**	1.00					
SSI	0.14 ns	0.76**	0.87**	1.00				
STI	0.91**	0.93**	0.84**	0.50 ns	1.00			
MP	0.82**	0.99**	0.93**	0.66*	0.97	1.00		
GMP	0.91**	0.95**	0.86**	0.52 ns	0.99	0.98**	1.00	
HARM	0.97**	0.86**	0.73**	0.35 ns	0.97	0.93**	0.98**	1.00

ns: Not significant — ns: غیر معنی‌دار

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

* and **: Significantly different at 5% and 1% probability levels, respectively



شکل ۳- نمودار پراکنش سه بعدی نمونه‌های ارزن دم‌روباهی بر اساس عملکرد دانه (چپ) و عملکرد علوفه خشک (راست) در شرایط تنش (Ys) و بدون تنش (Yp) و شاخص STI

Fig. 3. 3D plot of Foxtail millet accessions scattering on the basis of grain yield (left) and dry forage yield (right) on Yp, Ys and STI basis

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.1.3.8]

پس از شناسایی بهترین شاخص‌های کمّی تحمل به خشکی، به منظور گزینش نمونه‌های متحمل به خشکی و با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش، از نمودار سه‌بعدی استفاده شد. بر اساس نمودارهای سه‌بعدی *Ypi*، *Ysi* و شاخص STI، نمونه‌های ۱۳۱-۱۵، ۶۱-۱۵، ۱۴۳-۱۵ و ۱۲۹-۱۵ در شکل مربوط به عملکرد دانه و نمونه‌های ۱۳۱-۱۵، ۸۰-۱۵، ۶۱-۱۵، ۱۴۳-۱۵، ۲۴-۱۵ و ۱۲۵-۱۵ در شکل مربوط به عملکرد علوفه خشک، در گروه A قرار گرفتند، به عبارت دیگر این نمونه‌ها علاوه بر تحمل تنش خشکی، عملکرد بالایی در شرایط تنش خشکی و بدون تنش دارند (شکل ۳). استفاده از نمودارهای سه‌بعدی برای تشخیص گروه A از سایر گروه‌ها توسط محققانی از قبیل شیرین زاده و همکاران (Shirinzadeh *et al*., 2009) و پوریامچی و همکاران (Poriamchi *et al*., 2011) نیز مورد استفاده و تایید قرار گرفته است.

جمع‌بندی نتایج حاصل از همبستگی عملکرد دانه و علوفه خشک نمونه‌های ارزن در شرایط تنش خشکی انتهای فصل و بدون تنش با شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی در این آزمایش نشان می‌دهد که شاخص‌های HARM، GMP، STI بهترین شاخص‌ها برای گزینش و شناسایی نمونه‌های متحمل به تنش خشکی انتهای فصل در بین نمونه‌های ارزن می‌باشند. نمونه‌های ۱۴۳-۱۵ و ۱۳۱-۱۵ (خراسان جنوبی) و ۲۴-۱۵ (یزد) نیز بر اساس شاخص‌های تحمل خشکی به عنوان متحمل‌ترین نمونه‌های ارزن به تنش خشکی انتهای فصل شناسایی شدند.

منابع مورد استفاده

References

Annan, K. 2001. Water for sustainable agriculture in developing regions-more crop for every scarce drop, P 132-133. In: Proceeding of 8th JIRCAS International Symposium, 27-28 November 2001. Epochal Tsukuba, Tsukuba Science City, Japan.

Biddinger, F. R., S. Chandra and V. Mahalakshmi. 1999. Genetic improvement of tolerance to terminal drought stress in pearl millet. PP: 59-64. In: J.M. Ribaut and D. Poland (Eds.), Molecular approaches for the genetic planning for the genetic improvement of cereals for stable production in water limited environments (Final report). A strategic planning workshop, held at CIMMIT, El Batan, Mexico, 21-25 June.

Blum, A. 2001. Wheat cellular thermo tolerance is related to yield under heat stress. Euphytica. 117 (2): 117-123.

Bradford, K. J. 1994. Water stress and the water relations of seed developments: A critical review. Crop Sci. 34 (1): 1-11.

Bruck, H., W. A. Payne and B. Sattelmacher. 2000. Effects of phosphorus and water supply on yield, transpiration, water –use efficiency and carbon isotope discrimination of pearl millet. Crop Sci. 40: 120-125.

Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing stress tolerance. Proceedings of the International Symposium on "Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress. AVRDC Publication. Tainan. Taiwan August 13-18.

Fischer, R. A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. Part 1: grain yield response. Aust. J. Agr. Res. 29: 897- 912.

Golombek, S. and E. A. D. Al- Ramamneh. 2002. Drought tolerance mechanisms of pearl millet. Challenges to

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.1.3.8]

Organic Farming and Sustainable Land Use in the Tropics and Subtropics. Deutscher Tropentag, October 9 - 11, 2002 in Kassel-Witzenhausen.

Kusaka, M., A. G. Lalusin and T. Fujimura. 2005. The maintenance of growth and turgor in pearl millet (*Pennisetum glaucum* L. Leeke) cultivars with different root structures and osmo-regulation under drought stress. Plant Sci. 168: 1-14.

Moghaddam, A. and M. H. Hadizadeh. 2002. Response of corn (*Zea mays* L.) hybrids and their parental lines to drought using different stress tolerance indices. Seed Plant Prod. J. 18 (3): 255-272. (In Persian with English abstract).

Poriamchi, H. M. A., M. R. Bihamta, S. A. Peighambari and M. R. Naghavi. 2011. Evaluation of drought tolerance in Kabuli type chickpea genotypes. Seed Plant Improv. J. 27 (3): 393-409. (In Persian with English abstract).

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

Saranga, Y., M. Menz, C. X. Jiang, R. J. Wright, D. Yakir and A. H. Paterson. 2001. Genomic dissection of genotype × environment interactions conferring adaptation of cotton to arid conditions. Genome Res. 11: 1988-1995.

Seghatoleslami, M. J., E. Majidi., M. Kafi., Gh. Noor Mohammadi and F. Darvish. 2005. Phenological and morphological response of three millets species to deficit irrigation. J. Agri. Sci. 11 (3): 89-99. (In Persian with English abstract).

Seghatoleslami, M. J., E. Majidi, M. Kafi, Gh. Noor Mohammadi and F. Darvish. 2007. Effect of drought stress at different growth stages on yield and water use efficiency of five Proso millet (*Panicum miliaceum*) genotypes. JWSS - Isfahan University of Technology. 11 (1): 215-227. (In Persian with English abstract).

Shirinzadeh, A., R. Zarghami and M. R. Shiri. 2009. Evaluation of drought tolerance in late and medium maize hybrids -using stress tolerance indices. Iran. J. Crop Sci. 10 (40): 416-427. (In Persian with English abstract).

Siddique, K. H. M., S. P. Loss, K. L. Regan and R. Jettner. 1999. Adaptation of cool season grain legumes in Mediterranean-type of environment of South-Western Australia. Aus. J. Agri. Res. 50: 375-387.

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

Taghvaei, M., M. Chaeichi, F. Sharifzadeh and A. Ahmadi. 2007. Evaluation of drought stress on yield and yield components and drought tolerance indices in hull-less and coated barley cultivars. Iran. J. Agri. Sci. 38 (1): 67-78. (In Persian with English abstract).

Turner, N. C., G. C. Wright and K. H. M. Siddique. 2001. Adaptation of grain legumes (Pulses) to water limited environments. Adv. Agron. 71: 193-231.

Yadav, R., S. Gayadin and A. K. Jaiswal. 2001. Morpho-physiological changes and variable yield of wheat genotypes under moisture stress conditions. Indian. J. Plant Physiol. 6: 390 – 394.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.1.3.8]

Evaluation of terminal drought tolerance in Foxtail millet (*Setaria italica*) accessions

Nakhaei, A.[1], M. R. Abbasi[2], E. Arazmjoo[3] and A. Azari NasrAbad[4]

ABSTRACT

Nakhaei, A, M. R. Abbasi, E. Arazmjoo, M. A. Azari. 2014. Evaluation of terminal drought tolerance in Foxtail millet (*Setaria italica*) accessions**. Iranian Journal of Crop Sciences. 16(1): 25-38. (In Persian).**

To evaluate the tolerance of 13 accessions of foxtail millet to terminal drought stress, two separate experiments were carried out at Agricultural Research Station of Birjand, Southern Khorasan, Iran, in 2005 and 2006, using randomized complete block design with three replications. In first experiment (stress condition) irrigation was stopped at the beginning of flowering stage (10% panicle emergence) and in second experiment (non-stress condition) the irrigation interval was seven days. Agronomic traits including; panicle number.m^{-2}, grain number.$panicle^{-1}$, 1000 grain weight, grain yield and dry forage yield were measured. Results showed that drought stress reduced all measured traits and grain yield was affected the most. Accessions 15-143, from Southern Khorasan and, and 15-24, from Yazd, had higher grain yield (1544.8 and 1468.3 $kg.ha^{-1}$, respectively) and dry forage yield (3522.3 and 2653 $kg.ha^{-1}$, respectively). Evaluation of foxtail millet accessions for tolerance to terminal drought using MP, TOL, SSI, GMP, STI and HARM and their correlation with grain yield and dry forage yield in stress and non-stress conditions showed that HARM, GMP and STI were suitable indices for identifying drought tolerant accessions. Three dimensions graph study showed that accessions 15-143 and 15-131, from Southern Khorasan, and 15-24, from Yazd, had higher grain yield and were tolerant to terminal drought stress.

Key words: Accessions, Drought Stress, Grain Yield and Foxtail millet.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.1.3.8]

Received: April, 2013 **Accepted:** October, 2013

1. MSc., Agriculture and Natural Resources Research Center, Southern Khorasan, Birjand, Iran
(Corresponding author) (Email: nakheia@yahoo.com)
2. Faculty member, Agriculture and Natural Resources Research Center, Khorasan-e Razavi Mashhad, Iran
3. Researcher, Agriculture and Natural Resources Research Center, Southern Khorasan, Birjand, Iran.
4. Faculty member, Agriculture and Natural Resources Research Center, Sothern Khorasan, Birjand, Iran