



## ارزیابی نمونه‌های ژنتیکی بومی ارزن معمولی (*Panicum miliaceum* L.) ایران در شرایط تنش شوری

### Evaluation of Native Common Millet (*Panicum miliaceum* L.) Accessions of Iran under Salinity Stress Conditions

محمد رضا عباسی<sup>۱\*</sup> و آرزیتا نخعی<sup>۲</sup>

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات علوم زراعی باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.  
۲- پژوهشگر، بخش تحقیقات علوم زراعی باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بیرجند، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۳۱

#### چکیده

عباسی، م. ر. و نخعی، آ. ۱۴۰۴. ارزیابی نمونه‌های ژنتیکی بومی ارزن معمولی (*Panicum miliaceum* L.) ایران در شرایط تنش شوری. نهال و بذر ۴۱: ۱۷۵-۲۰۵

به منظور ارزیابی نمونه‌های ژنتیکی ارزن معمولی (*Panicum miliaceum* L.) بومی ایران در شرایط تنش شوری، ۱۶۸ نمونه در قالب طرح آزمایشی اگمنند در سال ۱۴۰۰ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی محمدیه، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی، بیرجند، کشت شدند. دامنه عملکرد دانه در میان نمونه‌های ژنتیکی مورد بررسی از ۱۷۰ کیلوگرم تا ۳۹۲۰ کیلوگرم در هکتار بود. تعداد ۳۰ نمونه ژنتیکی برتر برای بررسی‌های بیشتر در آزمایش سال ۱۴۰۱ انتخاب شدند. نمونه‌های ژنتیکی انتخاب شده همراه با نمونه ژنتیکی بومی بیرجند (شاهد) در دو شرایط بدون تنش و تنش شوری با آب آبیاری به ترتیب سه و هشت دسی زیمنس بر متر در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی کشت و ارزیابی شدند. تجزیه واریانس داده‌ها، مقایسه میانگین‌ها، تجزیه همبستگی و رگرسیون، تجزیه به عامل‌ها، تجزیه خوشه‌ای، محاسبه شاخص‌های آبی برگ، محاسبه شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش و رسم بای پلات انجام شد. در آزمایش در شرایط بدون تنش عملکرد دانه از ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار در نمونه ژنتیکی ۲۸۸-۱۵ تا ۴۶۰۰ کیلوگرم در هکتار در نمونه ژنتیکی ۱۹۲-۱۵ تغییرات نشان داد. پراکنش نمونه‌های ژنتیکی در بای پلات از دو عامل اول حاصل از تجزیه به عامل‌ها، نمونه‌های ژنتیکی متحمل به شوری و با عملکرد دانه بالا را مشخص کرد. نتیجه مشابهی با رسم بای پلات عملکرد دانه و شاخص‌های وضعیت آبی برگ حاصل شد. تجزیه خوشه‌ای نتایج سایر تجزیه‌ها را تایید کرد. بر این اساس نمونه‌های ژنتیکی ۲۳-۱۵، ۴۹-۱۵، ۲۳۳-۱۵، ۱۹۲-۱۵ و فردوس (۹۱) و بومی بیرجند که عملکرد دانه بالایی داشتند، محتوای آب نسبی بالایی را نیز نشان دادند، بنابراین، به عنوان نمونه‌های ژنتیکی متحمل به شوری شناسایی شدند. نمونه‌های ژنتیکی متحمل به تنش شوری شناسایی شده می‌توانند در برنامه ملی به‌نژادی ارزن معمولی به عنوان والدین برای تولید ارقام متحمل به شوری آب آبیاری مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: ارزن معمولی، تجزیه خوشه‌ای، وضعیت آبی برگ، عملکرد علوفه خشک، عملکرد دانه.

تلفن: ۰۵۱۳۸۷۱۰۱۲

\* نگارنده مسئول: m.abbasi@areeo.ac.ir



© 2025 Seed and Plant. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

## مقدمه

ارزن معمولی (*Panicum miliaceum L.*) از گیاهان بومی ایران است و جمع آوری جامعی در سال‌های اخیر برای این محصول انجام شده است (Abbasi *et al.*, 2024). این گیاه بطور معمول به شرایط تنش‌های محیطی (شوری یا خشکی) تحمل دارند. وجود دوره رشد کوتاه و همچنین داشتن سامانه فتوسنتزی چهار کربنه این گیاهان را برای بهره‌برداری در زمین‌های حاشیه‌ای مناسب می‌سازد. با توجه به تغییر اقلیم و در نتیجه آن بروز خشکسالی‌های متوالی، نیاز برای محصولاتی که بتوانند چنین شرایطی را تحمل نمایند محرز می‌باشد. بنابراین، ارزیابی معمولی به عنوان نامزدهایی برای بهره‌برداری در چنین شرایطی می‌توانند مد نظر قرار گیرند (Saxena *et al.*, 2018).

با استفاده از صفات برگ‌گی و روابط آبی برگ‌گی و شاخص‌های رشد در ارزن‌های دم‌روباهی و معمولی تحت شرایط شوری و قلیایی نشان داده شد که صدمات ناشی از تنش شوری در ارزن دم‌روباهی بیشتر از ارزن معمولی بود (Kafi *et al.*, 2009). کافی و همکاران (Kafi *et al.*, 2009) نشان دادند که کاهش عملکرد دانه در ارزن معمولی و دم‌روباهی در شوری آب ۵/۵ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب برابر ۲۱ و ۲۰ درصد بود. علیزاده بناب و همکاران (Alizadeh Bonab *et al.*, 2007) نشان دادند که سطوح ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم در ارزن معمولی باعث کاهش معنی‌داری در وزن خشک ریشه، اندام هوایی و وزن خشک کل شده

است. خدارحمی و همکاران (Khodarahmei *et al.*, 2024) نشان دادند که ارزن معمولی در شوری آب هشت دسی‌زیمنس بر متر عملکرد وزن خشک گیاه ۱۷۶۰ کیلوگرم بود و نتیجه گرفتند که آستانه اقتصادی تحمل به شوری آب آبیاری برای این گیاه پنج دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد.

در سایر نقاط جهان کلکسیون‌های بزرگی از گونه‌های ارزن جمع‌آوری شده که در تولید ژرم‌پلاس‌م برتر نقش به‌سزایی دارند از جمله کلکسیون ارزن‌های دانه‌ریز موسسه بین‌المللی تحقیقات محصولت برای مناطق نیمه خشک حاره‌ای (International Crops Research Institute for Semi-Arid Tropics = ICRISAT) که بیش از ۸۰۰ نمونه ژنتیکی دارد (Saha *et al.*, 2016). در پژوهش‌های قبلی بر روی ارزن دم‌روباهی موجود در بانک ژن گیاهی ملی ایران برای تنش شوری تعداد محدودی (۱۳ نمونه ژنتیکی) از این ارزن‌ها ارزیابی و نمونه‌های پرتانسیل و متحمل به شوری شناسایی شده است (Nakhaei *et al.*, 2019). ولی گزارشی که واکنش مجموعه ارزن‌های معمولی بانک ژن گیاهی ملی ایران را نسبت به تنش شوری ارزیابی کرده باشد در دسترس نیست.

بنابراین، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی کلیه نمونه‌های ژنتیکی موجود در کلکسیون ارزن‌های معمولی بومی ایران در شرایط تنش شوری آب آبیاری و شناسایی نمونه‌های ژنتیکی متحمل برای استفاده در برنامه‌های به‌نژادی این محصول انجام شد.

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش نمونه های ژنتیکی ارزن معمولی بومی ایران در شرایط بدون تنش و تنش شوری با آبیاری با آب شور در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ مورد ارزیابی قرار گرفتند. آزمایش در شرایط بدون تنش شوری در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بیرجند، محمد شهر (محمدیه)، کیلومتر ۲۰ جاده بیرجند-کرمان، طول جغرافیایی، ۵۸ درجه و ۵۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی، ۳۲ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۸۱ متر اجرا شد. میزان هدایت الکتریکی آب و خاک در شرایط بدون تنش شوری به ترتیب ۳/۴۹ و ۴/۵۵ دسی‌زیمنس بر متر بود. محل کشت آزمایش در شرایط شور، ایستگاه جدید واقع در محمدیه با هدایت الکتریکی آب و خاک به ترتیب هشت و ۷/۷۱ دسی‌زیمنس بر متر در مرحله قبل از اجرای آزمایش بود. همچنین بافت خاک مزرعه شاهد و شور به ترتیب لومی و لومی-شنی با اسیدیته به ترتیب ۸/۲۲ و ۸/۱۲ بود. آزمایش در دو سال بقرار زیر انجام شد:

### سال اول

در آزمایش سال اول ۱۶۸ نمونه ژنتیکی ارزن معمولی موجود در کلکسیون بانک ژن گیاهی ملی ایران مورد در بهار سال ۱۴۰۰ در قالب طرح آزمایشی اگمنتد (Augmented design) با شوری آب آبیاری هشت دسی‌زیمنس بر متر در ایستگاه تحقیقاتی محمدیه بیرجند اجرا شد. تعداد شاهد‌ها برای استفاده در طرح آزمایشی

اگمنتد بر اساس تعداد بلوک و از فرمول  $(B > (10/C - 1) + 1)$  بدست آمد. در این فرمول B تعداد بلوک و C تعداد شاهد است. رقم پیشاهنگ، توده اکرائینی، سه نمونه ژنتیکی برتر از آزمایشات قبلی (۱۵-۱۸۵، ۱۵-۱۵۷، ۱۵-۱۵۶)، ۱۵-۲۱۶، و نمونه بومی بیرجند، مجموعاً هفت نمونه ژنتیکی به عنوان شاهد‌های آزمایش بودند. در طرح اگمنتد، مواد در ۱۰ بلوک و در هر بلوک ۲۴ نمونه ژنتیکی کشت شدند. هر کرت شامل دو ردیف به طول دو متر و فاصله ردیف ۵۰ سانتیمتر بود. فاصله بوته روی ردیف پنج تا شش سانتیمتر در نظر گرفته شد. وجین دستی و آبیاری طبق عرف منطقه هر ۱۰ روز یک‌بار بصورت نشتی انجام شد.

برای تجزیه و تحلیل آماری داده های حاصل از اجرای طرح آزمایشی اگمنتد فقط شاهد‌ها در قالب بلوک‌های کامل تصادفی برای صفات مختلف مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. سپس براساس این تجزیه واریانس، ابتدا داده‌ها در صورت نیاز تصحیح و سپس محاسبات (برآورد آماره‌های توصیفی جامعه) انجام شد. بدین ترتیب که اثر هر بلوک به صورت انحراف میانگین شاهد‌های آن بلوک از میانگین کل شاهد‌ها محاسبه گردید. چنانچه اثر هر بلوک ناقص  $R_j = (Y_{.j} - Y_{..})$  نشان داده شود، صفت تصحیح شده هر توده بومی برابر است با  $\hat{Y}_{ij} = T_{ij} - R_j$  که  $\hat{Y}_{ij}$  مقدار مشاهده اولیه و  $T_{ij}$  مقدار تصحیح شده است.

با استفاده از نتایج سال اول ارزیابی

نمونه های ژنتیکی (موجود در بانک ژن گیاهی ملی ایران) نمونه های برتر برای سال دوم انتخاب شدند. به عبارت دیگر نمونه های ژنتیکی متحمل به تنش شوری و همچنین نمونه های ژنتیکی دارای عملکرد بالاتر و ویژگی های مطلوب زراعی (از نظر تولید علوفه و دانه و صفات شکل و طول خوشه و تحمل به خوابیدگی) برای آزمایشات مزرعه ای سال دوم انتخاب شدند.

### سال دوم

سی نمونه ژنتیکی ارزن معمولی گزینش شده (به همراه یک نمونه ارزن بومی بیرجند، مجموعاً ۳۱ نمونه) از آزمایش سال اول، در بهار سال ۱۴۰۱ برای واکنش به تنش شوری در بیرجند در دو آزمایش جداگانه تحت شرایط تنش شوری (شوری آب هشت دسی زیمنس بر متر) و شرایط بدون تنش (سه دسی زیمنس بر متر) در قالب طرح آزمایشی بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار ارزیابی شدند. هر کرت (تیمار) شامل دو ردیف به طول دو متر و فاصله ردیف ۵۰ سانتیمتر بود. فاصله بوته روی ردیف پنج تا شش سانتیمتر در نظر گرفته شد. وجین دستی و آبیاری طبق عرف منطقه هر ۱۰ روز یک بار بصورت نشتی انجام شد.

### ارزیابی و اندازه گیری صفات

برای ارزیابی و اندازه گیری از دو ردیف کشت شده در هر کرت، یک ردیف برای عملکرد علوفه (در زمان خمیری بذر) و یک ردیف برای عملکرد دانه (بعد از رسیدن دانه) برداشت شد. عملکرد

علوفه تر مستقیماً پس از برداشت توزین گردید. برای عملکرد علوفه خشک، مقدار نیم کیلو گرم علوفه تر از هر کرت توزین و پس از خشک شدن در آون ۶۵ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت، مقدار علوفه خشک کرت تعیین شد. عملکرد دانه هر خط پس از برداشت، خرمن کوبی و بوجاری در رطوبت هوا خشک (حدود ۱۲ درصد) محاسبه گردید.

نمره تحمل به تنش شوری بطور چشمی بر اساس مقدار سبزی برگ و ساقه از ۱ تا ۹ به هر کرت در زمان برداشت علوفه داده شد، بر این اساس امتیاز ۱: بسیار حساس امتیاز ۵: نسبتاً متحمل و امتیاز ۹: بسیار متحمل در نظر گرفته شد. سایر صفات به شرح زیر یادداشت گردیدند (اندازه گیری ها در پنج بوته بطور تصادفی در هر ردیف ثبت و میانگین مربوطه در تجزیه های آماری استفاده شد:

- تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی پس از اولین آبیاری.

- ارتفاع بوته (سانتیمتر) در ۵۰ درصد گلدهی.

- طول و عرض برگ، در عریض ترین قسمت برگ پرچم در زمان گلدهی، توسط خط کش اندازه گیری و برحسب سانتیمتر ثبت شد.

- کرکداری گیاه (۱: بدون کرک ۵: متوسط ۹: زیاد).

- طول خوشه در زمان شکوفایی کامل توسط خط کش اندازه گیری و برحسب سانتیمتر ثبت شد.

- وزن ۱۰۰ دانه (گرم)

که در زیر ذکر شده است، یک بار بر اساس عملکرد دانه و یکبار بر اساس عملکرد علوفه خشک محاسبه شدند. این شاخص‌ها شامل: شاخص پایداری عملکرد (Yield stability) (index = YSI)، شاخص عملکرد (Yield index = YI)، شاخص حساسیت به تنش (Stress susceptibility index = SSI)، میانگین هارمونیک (Harmonic mean = HM)، میانگین هندسی بهره‌وری (Geometric mean productivity = GMP)، بهره‌وری (Mean productivity = MP)، شاخص تحمل به تنش (Stress tolerance Tolerance = STI) (index = STI)، شاخص تحمل (TOL) و نمره استاندارد تحمل به تنش (Standardized stress tolerance score = STS) بودند (Abdolshahi et al., 2013).

محاسبه سایر شاخص‌ها از روابط زیر بدست آمد:

$$SSI = \frac{1 - \left[ \frac{[Ys]}{Yp} \right]}{SI}, SI = 1 - \left[ \frac{\bar{YS}}{\bar{YP}} \right]$$

$$STI = \frac{(Yp)(Ys)}{YP^2}$$

$$TOL = Yp - Ys$$

$$MP = (Yp + Ys)/2$$

$$GMP = (Yp \times Ys)^{1/2}$$

$$HM = 2(Ys \times Yp)/(Ys + Yp)$$

$$YI = \frac{Ys}{\bar{Y}_s}$$

$$YSI = Ys/Yp$$

$\bar{Y}_s$ ،  $\bar{Y}_p$ ،  $Y_s$ ،  $Y_p$  به ترتیب عملکرد دانه

- عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) - برای محاسبه شاخص وضعیت آبی برگ، در سال دوم، با تهیه پنج برگ پرچم از هر کرت و قرار دادن آنها در پلاستیک و محیط سرد بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و وزن تر آنها محاسبه شد. سپس برگ‌های هر کرت در ظرف آب مناسبی برای ۴۸ ساعت غوطه‌ور شدند و متعاقباً وزن اشباع آنها اندازه‌گیری گردید. در ادامه، برگ‌ها در آون خشک و وزن خشک هر کدام یادداشت شد.

برای محاسبه وضعیت آبی برگ از رابطه‌های زیر استفاده شد (Smart and Bingham, 1974):

میزان آب نسبی برگ (Relative water content = RWC%) =

$$100 \times (FW - DW) / (TW - DW)$$

میزان آب اشباع برگ (Saturated water content = WCS) =

$$(TW - DW) / DW$$

آب برگ کمبود اشباع (Water saturation deficit = WSD%) =

$$(TW - FW) / (TW - DW) \times 100$$

تراکم بافت برگ (Leaf texture density = LTD) =

$$(DW / FW) \times 1000$$

در این روابط DW Fresh weight = FW و Turgid weight = TW به ترتیب وزن برگ تر، وزن برگ خشک و وزن برگ آماس می‌باشند. لازم به ذکر است برای بررسی روابط آبی دو تکرار یادداشت‌برداری شد. شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش

تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌ها به ترتیب از نرم افزارهای Excel و SPSS 13 استفاده شد.

## نتایج و بحث

### سال اول

تجزیه واریانس داده‌ها برای نمونه‌های ژنتیکی شاهد استفاده شده در طرح آزمایشی اگمتد در سال اول نشان داد که فقط برای عملکرد دانه بین بلوکها در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی دار وجود داشت (جدول ۱). بنابراین، فقط داده‌ها برای این صفت بر اساس تفاوت میانگین بین بلوکها تصحیح گردید. داده‌های بقیه صفات بدون تصحیح گزارش شدند. شاهد‌های ارزن معمولی مورد مطالعه در این آزمایش از نظر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی دار داشتند (جدول ۱).

عملکرد دانه از ۱۷۰ کیلو در نمونه ژنتیکی ۶۷-۱۵ (با منشاء مریوان کردستان) تا ۳۹۲۰ کیلوگرم در هکتار در نمونه ژنتیکی ۱۵-۲۳ (با منشاء قائنات) متغیر بود (جدول ۲). نمونه‌های گزینش شده بر اساس داده‌های عملکرد دانه در محیط شور و سایر داده‌های موجود در بانک ژن گیاهی ملی ایران از جمله، تحمل به ورس، شکل گل آذین، تراکم گل آذین، طول پانیکل، رشد خوشه و سایر خصوصیات مطلوب زراعی برای آزمایش سال دوم انتخاب شدند (جدول ۳).

نمونه در شرایط بدون تنش، تنش و میانگین عملکرد نمونه‌ها در شرایط بدون تنش و تنش می باشند.

شاخص STS از رابطه زیر بدست آمد (Abdolshahi et al., 2013):

$$STS = STI + GMP + HM + YI + YSI - SSI - MP$$

قابل ذکر است داده‌های خام قبل از استفاده برای محاسبه این شاخص، با استفاده از فرمول تابع Z:

$$Z_{ij} = (X_{ij} - X_i) / S_i$$

استانداردسازی شدند.

### تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌ها

داده‌ها در صورت نیاز تبدیل به ریشه دوم یا لگاریتمی شدند. تجزیه واریانس ساده به تفکیک دو محیط بدون تنش و تنش شوری، تجزیه همبستگی، تجزیه رگرسیون و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی دار (Least significance difference = LSD) انجام شد.

تجزیه به عامل‌ها با استفاده از چرخش وریمکس انجام شد. این تجزیه یکبار بر اساس صفات زراعی و شاخص‌های آبی و بار دیگر برای شاخص‌های تحمل به تنش و حساسیت انجام شد. سپس بر اساس دو عامل اول در این تجزیه بای پلات‌های مربوطه رسم شد. تجزیه خوشه‌ای به روش K-means با استفاده از صفات زراعی و شاخص‌های روابط آبی برگ نمونه‌های ژنتیکی را به سه گروه تقسیم کرد. برای ثبت و

جدول ۱- تجزیه واریانس برای صفات مطالعه شده نمونه‌های ژنتیکی شاهد ارزن معمولی در طرح آزمایشی اگمنتد در شرایط تنش شوری در سال ۱۴۰۰

Table 1. Analysis of variance for studied traits of check accessions in augmented experimental design under salinity stress conditions in 2021

Source of variation	منبع تغییرات	درجه آزادی df	طول برگ پرچم Flag leaf length	عرض برگ پرچم Flag leaf width	ارتفاع گیاه Plant height	عملکرد دانه Grain yield
Block	بلوک	9	10	0.028	55	4653 **
Accession	نمونه ژنتیکی	6	25	0.023	158	70891**
Error	خطا	53	13.80	0.077	68	14794

\*\* : Significant at the 1% probability level.

\*\* : معنی دار در سطح احتمال یک درصد.

مشاهده نشد. در محیط تنش شوری بین نمونه های ژنتیکی برای تعداد روز تا گلدهی، طول خوشه و وزن ۱۰۰ دانه تفاوت معنی دار بود (جدول ۴).

تجزیه واریانس داده‌ها، به تفکیک دو محیط بدون تنش و تنش شوری، نشان داد که برای صفات روابط آبی برگ، و همچنین نمره چشمی تنش در هر دو محیط تفاوت معنی دار وجود داشت (جدول ۵).

مقایسه میانگین‌ها برای صفات زراعی و فنولوژیکی نمونه‌های ژنتیکی نشان داد که میانگین تعداد روز تا گلدهی در شرایط بدون تنش در نمونه ژنتیکی ۱۹۴-۱۵ (با منشاء همدان) و نمونه ژنتیکی ۲۱۰-۱۵ (با منشاء آذربایجان غربی) با ۴۴/۷ روز تا گلدهی کوتاه‌ترین و رقم اصلاح شده پیشاهنگ با ۵۸/۲ روز تا گلدهی طولانی‌ترین بود (جدول ۶). این نمونه‌های ژنتیکی در شرایط تنش شوری نیز رفتار مشابهی برای تعداد روز تا گلدهی داشتند (جدول ۶).

همچنان که مشاهده می‌شود، نمونه‌های ژنتیکی برتر از اکثر مناطق کشور گزینش شدند و این نکته موید ارزش توده‌های بومی ارزن در مناطق مختلف کشور است. هر چند که از مجموع ۱۰ درصد نمونه‌های ژنتیکی برتر در کل نمونه‌ها از نظر عملکرد دانه (با عملکرد ۲۸۰۰ تا ۳۶۰۰ کیلوگرم در هکتار) در سال اول، ۷۶ درصد منشاء خراسان جنوبی و ۱۸ درصد منشاء خراسان رضوی داشتند. این نتیجه نشان می‌دهد که برای دسترسی به نمونه‌های ژنتیکی پریپتانسیل ارزن معمولی با جستجو در استان خراسان به ویژه خراسان جنوبی می‌توان نمونه‌های ژنتیکی مناسبی را بدست آورد.

## سال دوم

تجزیه واریانس داده‌ها، به تفکیک دو محیط بدون تنش و تنش شوری، نشان داد که برای صفات زراعی و فنولوژیکی بین نمونه‌های ژنتیکی تفاوت معنی داری وجود داشت (جدول ۴). ارتفاع گیاه و تعداد روز تا رسیدگی دانه در محیط بدون تنش تفاوت معنی دار

جدول ۲- آماره های تمایل به مرکز و پراکندگی برای صفات مطالعه شده نمونه های ژنتیکی ارزن معمولی بومی ایران در شرایط تنش شوری در سال ۱۴۰۰

Table 2. Center tendency and dispersion statistics for studied traits of native common millet accessions of Iran under salinity stress conditions in 2021

Statistics	آماره	طول برگ (سانتیمتر) Flag leaf length (cm)	عرض برگ (سانتیمتر) Flag leaf width (cm)	ارتفاع گیاه (سانتیمتر) Plant height (cm)	کرکداری گیاه Plant pubescence	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg ha <sup>-1</sup> )
Mean	میانگین	21.09	1.40	68.30	-	1920
Standard error of mean	خطای استاندارد از میانگین	0.24	0.00	0.60	-	0.05
Mode	نما	23.00	1.50	71.00	5.0	-
Standard deviation	انحراف معیار استاندارد	3.73	0.29	9.59	-	0.80
Minimum	کمینه	10.50	0.40	42.00	1.0	170
Maximum	بیشینه	30.00	2.20	94.00	9.0	3920

جدول ۳- منشاء و عملکرد دانه نمونه های ژنتیکی ارزن معمولی بومی ایران انتخاب شده در شرایط تنش شوری در سال ۱۴۰۰

Table 3. Origin and grain yield of selected native common millet accessions of Iran under salinity stress conditions in 2021

نمونه ژنتیکی Accession	Origin	منشاء	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg ha <sup>-1</sup> )	شماره نمونه ژنتیکی Accession No.	Origin	منشاء	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg ha <sup>-1</sup> )
15-23	Qaenat	قائنات	3920	15-286	Khorasan-e- Razavi	خراسان رضوی	1337
15-86	Gonabad	گناباد	3449	15-123	Lordegan	لردگان	1133
Ferdous (91)	Ferdous	فردوس	3216	15-48	Shahr-e-Kord	شهرکرد	1084
15-241	South Khorasan	خراسان جنوبی	3207	15-19	Mehriz	مهریز	1031
15-235	South Khorasan	خراسان جنوبی	3035	15-30-1	Bafq	بافق	912
15-223	South Khorasan	خراسان جنوبی	2798	15-302-2	West Azarbayjan	آذربایجان غربی	860
15-192	Hamedan	همدان	2794	15-296	Kerman	کرمان	814
Pishahang	Karaj	کرج	2617	15-298-1	Kerman	کرمان	749
15-10	Bafq	بافق	2160	15-237	South Khorasan	خراسان جنوبی	651
Ukranian Landrace	Ukraine	اکراین	2092	15-194	Hamedan	همدان	638
Semnan 172-SH-MIL-11	Semnan	سمنان	2061	15-297-2	Kerman	کرمان	584
15-271	Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad	کهکلیویه و بویراحمد	2012	15-30-2	Bafq	بافق	566
15-49	Isfahan	اصفهان	1788	15-121	Bafq	بافق	535
15-156	Unknown	ناشناخته	1763	15-288	Khorasan-e- Razavi	خراسان رضوی	338
15-298-2	Kerman	کرمان	1727	15-210	West Azarbayjan	آذربایجان غربی	277

جدول ۴- تجزیه واریانس برای صفات زراعی و فنولوژیکی نمونه‌های ژنتیکی ارزن معمولی انتخاب شده در شرایط بدون تنش و تنش شوری در سال ۱۴۰۱

Table 4. Analysis of variance for different traits in selected Iranian common millet accessions under non-stress and salinity stress conditions in 2022

Source of variation	منبع تغییرات	درجه آزادی df	روز تا گلدهی Day to flowering	ارتفاع گیاه Plant height	طول خوشه Panicle length	روز تا رسیدگی Day to maturity	عملکرد علوفه خشک Dry forage yield	وزن صد دانه 100-grain weight	عملکرد دانه Grain yield
Non-Stress بدون تنش									
Block	بلوک	2	15.5**	59	16.8	23.6	6.1	0.001	1.57
Accession	نمونه ژنتیکی	30	61.9**	122	41.6**	92.5	9.3**	0.038**	4.18**
Error	خطا	60	2.1	118.0	13.0	82.4	4.0	0.009	0.888
Salinity stress تنش شوری									
Block	بلوک	2	17.2	52.7	4.8	43.4	0.8	0.029	3.43
Accession	نمونه	30	127.0**	254.0	55.5**	64.2	5.6	0.032**	2.34
Error	خطا	60	16.1	163.0	10.2	64.7	3.7	0.010	1.61

\*\* : Significant at the 1% probability level.

\*\* : معنی دار در سطح احتمال یک درصد.

جدول ۵- تجزیه واریانس برای شاخص‌های وضعیت آبی برگ در نمونه‌های ژنتیکی ارزن معمولی انتخاب شده در شرایط بدون تنش و تنش شوری در سال ۱۴۰۱

Table 5. Analysis of variance for leaf water status indices in selected common millet accessions under non-stress and salinity stress conditions in 2022

Source of variation	منبع تغییرات	درجه آزادی df	مقدار آب نسبی برگ Relative water content	میزان آب اشباع Water content at saturation	میزان کمبود اشباع آب برگ Water saturation deficit	تراکم بافت برگ Leaf tissue density	نمره تحمل به تنش شوری Salinity stress tolerant score
Non-stress بدون تنش							
Block	بلوک	1	1.3	0.11	0.0001	1.3	-
Accession	نمونه	30	87.7**	0.67**	0.0090**	73.4**	-
Error	خطا	30	5.0	0.03	0.000497	3.7	-
Salinity stress تنش شوری							
Block	بلوک	1	1.6	0.0005	0.0002	8.76	0.13
Accession	نمونه	30	211.0**	2.3600**	0.0210**	556.00**	22.20**
Error	خطا	30	2.1	0.1000	0.0002	14.80	0.20

\*\* : Significant at the 1% probability level.

\*\* : معنی دار در سطح احتمال یک درصد.

ژنتیکی ۲۸۸-۱۵ (با منشاء خراسان رضوی) با ۶۸/۳ گرم بر کیلو گرم بیشترین مقدار بود (جدول ۷). مقایسه میانگین‌های نمره چشمی تحمل به تنش شوری برای نمونه‌های ژنتیکی نشان داد که نمونه‌های متحمل با برگ‌های سبز و نمونه‌های حساس با برگ‌های خشکیده مشخص می‌شدند، نمونه‌های ژنتیکی ۱۲۱-۱۵ (با منشاء بافق) و فردوس (۹۱) با نمره ۱ حساسترین و نمونه‌های ژنتیکی ۲۴۱-۱۵ (با منشاء خراسان جنوبی)، ۴۹-۱۵ (با منشاء اصفهان)، رقم اصلاح شده پیشاهنگ و نمونه ژنتیکی اوکراینی با نمره ۹ متحمل‌ترین نمونه‌ها بودند (جدول ۷).

بر اساس ارزیابی سال اول برای کلیه نمونه‌های ژنتیکی در شرایط شور و ارزیابی سال دوم بر روی ۳۰ نمونه ژنتیکی برتر انتخاب شده، در شرایط بدون تنش، نشان داد که عملکرد دانه از ۳/۰ تن در هکتار در نمونه ژنتیکی شماره ۱۵-۲۸۸ (با منشاء خراسان رضوی) تا ۴/۶ تن در هکتار در نمونه ژنتیکی ۱۹۲-۱۵ (با منشاء همدان) تغییرات داشت (جدول ۷). عملکرد دانه ارزن رقم اصلاح شده پیشاهنگ با تولید حدود ۲/۳ تن در هکتار در بود. یزدی‌زاده و همکاران (Yazdizadeh et al., 2020) عملکرد دانه ژرم‌پلاسما ارزن معمولی مورد بررسی را از ۰/۷۸ تا ۳/۰۵ تن در هکتار گزارش کردند که در محدوده یافته‌های پژوهش حاضر است.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ارتفاع گیاه در زمان گلدهی برای نمونه ژنتیکی ۲۸۶-۱۵ (با منشاء خراسان رضوی) با ۶۲/۲ سانتیمتر بلندترین و در نمونه ژنتیکی ۲-۳۰۰-۱۵ (با منشاء بافق) با ۶۸/۳ سانتیمتر کوتاه‌ترین بود. میانگین عملکرد دانه نمونه ژنتیکی ۲۸۸-۱۵ (با منشاء خراسان رضوی) با ۰/۳ تن در هکتار کمترین و در نمونه ژنتیکی بومی بیرجند با ۴/۵ تن در هکتار بیشترین بود (جدول ۶).

مقایسه میانگین‌ها برای شاخص‌های وضعیت آبی برگ نشان داد که محتوای آب نسبی برگ در نمونه‌های ژنتیکی ۱۲۳-۱۵ (با منشاء لردگان)، ۱۹۴-۱۵ (با منشاء همدان)، ۲۸۸-۱۵ (با منشاء خراسان رضوی)، ۲۹۶-۱۵ (با منشاء کرمان) با ۲۰ تا ۲۱ درصد کمترین و در نمونه ژنتیکی بومی بیرجند با ۴۷ درصد بیشترین بود (جدول ۷). مقدار آب در حالت اشباع (یا آب اشباع) برگ از ۲/۱ در نمونه ژنتیکی بیرجند تا ۴/۶ در نمونه ژنتیکی ۲-۳۰-۱۵ (با منشاء بافق) متفاوت بود. نمونه ژنتیکی بومی بیرجند با ۵۲/۷ درصد کمترین و نمونه ژنتیکی شماره ۲۸۸-۱۵ (با منشاء خراسان رضوی) با ۸۰ درصد بیشترین میزان کمبود اشباع آب برگ را نشان دادند (جدول ۷).

میانگین تراکم بافت برگ در نمونه‌های ژنتیکی ۳۰۲-۱۵ (با منشاء آذربایجان غربی) با ۴۰/۶ گرم بر کیلو گرم و فردوس (۱۹) با ۴۱/۳ گرم بر کیلو گرم کمترین مقدار و نمونه

جدول ۶- میانگین صفات زراعی و فنولوژیکی نمونه‌های ژنتیکی اوزن‌های معمولی انتخاب شده در شرایط بدون تنش و تنش شوری در سال ۱۴۰۱

Table 6. Mean of agronomic and phenological of selected common millet accessions under non-stress and salinity stress conditions in 2022

نمونه ژنتیکی Accession	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield (ton ha <sup>-1</sup> )		عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار) Dry forage yield (ton ha <sup>-1</sup> )		روز تا گلدهی Day to flowering (day)		روز تا رسیدگی Day to maturity (day)		ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)		طول خوشه (سانتی‌متر) Panicle length (cm)		وزن صد دانه (گرم) 100-grain weight (g)		نمره تحمل به تنش شوری Salinity stress tolerant score
	بدون تنش Non-stress	تنش شوری Salinity stress	بدون تنش Non-stress	تنش شوری Salinity stress	بدون تنش Non-stress	تنش شوری Salinity stress	بدون تنش Non-stress	تنش شوری Salinity stress	بدون تنش Non-stress	تنش شوری Salinity stress	بدون تنش Non-stress	تنش شوری Salinity stress	بدون تنش Non-stress	تنش شوری Salinity stress	تنش شوری Salinity stress
	15-10	4.5	1.8	7.6	7.0	57.3	31.0	75.3	71.0	86.0	81.3	12.3	16.6	0.43	0.47
15-121	1.5	1.3	4.3	4.2	46.0	48.3	73.0	78.3	74.0	54.7	19.5	18.3	0.57	0.43	1.0
15-123	3.0	2.0	3.6	6.3	49.7	49.0	70.0	73.3	77.0	74.7	12.0	7.7	0.53	0.40	8.7
15-156	4.2	1.9	4.3	4.3	51.3	52.0	77.7	80.7	83.7	75.7	12.3	8.7	0.50	0.43	5.0
15-19	2.0	1.0	7.5	4.4	50.7	54.3	78.3	78.0	73.7	55.0	9.7	7.0	0.37	0.37	4.3
15-192	4.6	3.0	7.9	6.6	56.0	60.3	86.3	79.3	83.7	90.3	7.3	7.7	0.47	0.40	7.7
15-194	3.4	1.5	4.4	4.1	44.7	47.7	66.3	72.0	82.0	66.3	15.0	19.7	0.70	0.73	1.7
15-210	1.7	1.5	4.3	4.9	44.7	45.7	74.7	79.7	66.0	62.0	18.5	9.7	0.67	0.47	2.0
15-223	3.8	3.3	8.6	7.1	58.3	58.3	80.7	84.7	82.3	81.0	8.3	8.2	0.43	0.40	7.3
15-23	4.2	2.5	8.9	6.6	56.0	58.3	84.6	80.0	80.0	67.7	7.7	9.7	0.57	0.37	7.3
15-235	4.5	3.0	6.8	3.2	51.7	57.0	88.7	86.3	84.0	63.3	11.2	9.3	0.50	0.53	7.3
15-237	2.0	1.8	4.9	5.8	47.7	48.7	76.0	81.7	85.3	68.7	16.0	18.0	0.57	0.60	3.3
15-241	3.6	3.0	7.8	7.3	57.7	40.0	81.3	85.3	75.7	68.0	8.3	10.0	0.43	0.50	9.0
15-271	2.5	2.3	3.9	4.0	45.3	49.7	75.7	79.0	74.3	69.3	17.7	14.6	0.67	0.60	3.3
15-286	3.7	1.6	5.8	3.5	49.7	53.3	77.0	82.0	92.7	71.7	10.0	10.8	0.50	0.50	2.0
15-288	0.3	0.2	3.7	2.2	46.0	46.0	68.0	70.7	72.3	54.7	11.0	14.3	0.37	0.37	4.3
15-296	2.7	1.3	6.1	4.5	52.7	49.7	80.7	76.7	81.0	75.0	5.8	10.3	0.53	0.47	5.0
15-297	3.1	2.1	6.2	4.5	45.3	47.0	78.3	75.3	82.0	64.7	15.8	16.3	0.73	0.73	8.0
15-298-1	3.0	2.3	4.4	5.3	45.0	46.7	77.0	77.7	74.3	64.7	14.0	13.0	0.77	0.63	1.3
15-298-2	3.0	2.0	4.5	4.0	46.0	45.7	72.0	75.7	80.0	68.0	15.2	17.3	0.77	0.63	7.3
15-300-1	1.1	0.8	4.5	3.4	47.7	45.0	71.3	73.3	70.7	64.0	18.0	21.3	0.60	0.47	7.0
15-300-2	1.1	0.7	3.4	3.2	45.3	45.0	72.0	75.3	68.3	56.0	16.3	20.3	0.57	0.47	5.7
15-302	1.7	1.1	3.4	6.5	46.3	47.7	70.7	74.7	72.7	60.3	15.2	15.6	0.63	0.43	3.7
15-48	1.6	1.0	6.7	3.8	49.0	50.3	85.7	75.3	77.0	67.3	11.3	8.7	0.40	0.53	5.3
15-49	3.4	2.7	9.0	6.6	52.7	54.3	83.0	83.3	81.7	77.7	9.8	8.0	0.40	0.37	9.0
15-86	3.7	2.2	6.5	5.3	54.7	59.3	75.0	88.3	87.3	71.7	10.3	8.3	0.53	0.53	2.3
Birjand Landrace	4.4	3.4	6.6	5.9	53.7	56.3	83.7	83.3	74.7	83.3	8.3	8.7	0.53	0.50	8.7
Ferdous (91)	4.5	2.0	7.7	7.0	55.0	58.3	82.3	74.3	91.3	75.0	9.3	10.3	0.47	0.37	1.0
Pishahang	3.1	1.7	4.4	4.6	58.0	60.3	77.0	80.7	82.7	77.3	9.3	12.3	0.57	0.43	9.0
Semnan (74)	3.6	1.8	4.1	5.0	48.3	55.0	80.3	81.7	83.7	76.3	9.2	13.3	0.50	0.50	7.0
Ukranian Landrace	2.4	4.2	4.9	4.7	48.7	50.0	80.0	83.0	82.3	84.7	14.8	10.7	0.67	0.60	9.0
LSD 1%	0.73	0.99	1.56	1.50	1.13	3.15	7.12	6.31	8.52	10.1	2.83	2.51	0.07	0.08	0.35
LSD 5%	0.76	1.03	1.62	1.55	1.16	3.25	7.35	6.51	8.8	10.34	2.92	2.59	0.08	0.082	0.36

جدول ۷- میانگین شاخص‌های وضعیت آبی برگ نمونه‌های ژنتیکی ارزن معمولی انتخاب شده در شرایط بدون تنش و تنش شوری در سال ۱۴۰۱  
Table 6. Mean of leaf water status indices of selected common millet accessions under non-stress and salinity stress conditions in 2022

نمونه ژنتیکی Accession	میزان آب نسبی برگ (%) Relative water content (%)		میزان آب اشباع برگ (گرم آب بر گرم ماده خشک) Leaf water saturation (g H <sub>2</sub> O g DW <sup>-1</sup> )		میزان کمبود اشباع آب برگ (%) Leaf water saturation deficit (%)		تراکم بافت برگ (گرم بر کیلوگرم) Leaf tissue density (g kg <sup>-1</sup> )	
	بدون تنش	تنش شوری	بدون تنش	تنش شوری	بدون تنش	تنش شوری	بدون تنش	تنش شوری
	Non-stress	Salinity stress	Non-stress	Salinity stress	Non-stress	Salinity stress	Non-stress	Salinity stress
15-10	43.5	9.9	3.13	5.9	0.565	0.901	42.4	62.9
15-121	38.6	3.0	3.86	4.2	0.614	0.970	40.2	89.0
15-123	35.7	5.4	2.31	5.0	0.643	0.946	54.9	79.0
15-156	42.5	11.5	2.79	4.3	0.570	0.885	45.5	66.7
15-19	34.7	17.2	2.69	3.1	0.653	0.828	51.7	65.2
15-192	29.5	20.1	2.90	4.1	0.705	0.799	53.9	54.8
15-194	33.6	7.3	3.09	4.1	0.664	0.927	49.2	76.8
15-210	42.9	26.6	2.02	5.6	0.578	0.734	53.9	40.1
15-223	49.0	22.7	2.85	3.8	0.510	0.773	41.7	53.8
15-23	48.3	18.8	2.57	5.3	0.517	0.812	44.7	50.0
15-235	43.0	4.2	2.95	4.4	0.570	0.958	44.1	84.5
15-237	51.1	17.4	2.97	5.6	0.489	0.826	39.7	50.8
15-241	34.1	31.4	3.09	3.8	0.659	0.686	48.8	45.3
15-271	50.3	16.5	2.73	3.7	0.497	0.835	42.2	62.0
15-286	39.4	7.9	2.98	5.8	0.606	0.921	46.1	68.6
15-288	38.8	1.2	3.55	5.4	0.612	0.988	42.2	94.4
15-296	36.8	4.5	3.63	3.7	0.632	0.955	42.9	85.9
15-297	34.8	22.1	3.36	4.7	0.652	0.779	46.1	49.3
15-298-1	54.2	8.8	4.06	4.2	0.458	0.913	31.3	73.1
15-298-2	48.7	7.2	3.52	2.8	0.513	0.928	36.9	83.2
15-300-1	53.7	4.7	3.24	2.6	0.463	0.953	36.5	88.9
15-300-2	50.0	7.4	5.26	4.0	0.498	0.926	27.5	77.0
15-302	45.1	25.2	3.27	5.8	0.548	0.748	40.4	40.7
15-48	38.7	6.2	2.93	6.4	0.613	0.938	47.0	71.9
15-49	43.9	25.2	3.22	4.5	0.560	0.748	41.4	47.0
15-86	38.6	24.7	3.58	4.6	0.614	0.753	42.0	46.6
Birjand Landrace	50.3	44.2	2.60	1.6	0.496	0.558	43.3	58.3
Ferdous (91)	47.8	27.9	3.38	4.5	0.522	0.721	38.3	44.4
Pishahang	35.5	19.5	3.24	6.0	0.645	0.805	46.6	46.1
Semnan(74)	40.1	21.0	3.08	5.0	0.599	0.790	44.8	48.9
Ukranian Landrace	44.0	25.1	3.37	5.1	0.560	0.749	40.3	44.0
LSD 5%	1.75	1.15	0.146	0.232	0.017	0.011	1.51	3.02
LSD 1%	1.81	1.19	0.151	0.240	0.018	0.012	1.55	3.12

بسیار غنی برای صفات مرتبط با تحمل به تنش شوری در میان نمونه‌های ژنتیکی ارزن معمولی بومی ایران وجود دارد.

شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش خشکی توسط پژوهشگران متفاوتی برای ارزیابی نمونه‌ها در شرایط تنش‌های محیطی بر اساس اندازه‌گیری عملکرد دانه در دو محیط بدون تنش و تنش استفاده شده است (Abbasi *et al.*, 2018; Abdolshahi *et al.*, 2013). محاسبه شاخص استاندارد شده تحمل به تنش (STS) بر اساس عملکرد دانه نشان داد، نمونه‌های ژنتیکی ارزن اوکراینی، بومی بیرجند، ۱۵-۲۲۳، ۱۵-۲۴۱ و ۱۵-۲۳۵ جزو نمونه‌های با تحمل بالا به تنش بودند. این نمونه‌های ژنتیکی در شرایط بدون تنش و تنش شوری عملکرد بالایی داشتند (جدول ۶ و ۸).

شاخص استاندارد شده تحمل به تنش شوری محاسبه شده بر اساس عملکرد علوفه خشک نشان داد که نمونه‌های ژنتیکی ۱۵-۳۰۲، ۱۵-۱۲۳، ۱۵-۲۴۱، ۱۵-۱۰ و فردوس (۱۹) جزو نمونه‌های با تحمل بالا به تنش شوری مشخص شدند (جدول ۹). ارزن اوکراینی در جدول با تحمل متوسط مشخص شد، در صورتی که نمونه ۱۵-۲۴۱ همانند آنچه که در محاسبه این شاخص با استفاده از عملکرد دانه نشان داد از تحمل بالا به تنش شوری برخوردار بود (جدول ۹).

مقایسه میانگین‌های شاخص‌های وضعیت آبی برگ نمونه‌های نشان داد که نمونه‌های ژنتیکی ۱۵-۴۹ (با منشاء اصفهان)، اوکراینی، ۱۵-۲۲۳ (با منشاء خراسان جنوبی)، فردوس (۹۱) و بومی بیرجند که عملکرد دانه بالایی دارا بودند مقادیر بالایی برای محتوای آب نسبی برگ (RWC) نیز داشتند (جدول ۶ و ۷). صفات وضعیت آبی برگ در ارزیابی و گروه بندی سایر گیاهان از جمله شبدر شیرین توسط پژوهشگران مختلف استفاده شده است (Abbasi *et al.*, 2018; Al Sherif, 2009).

علیزاده بناب و همکاران (Alizadeh *et al.*, 2007) بیان کردند که تنش شوری و دما بر جوانه زنی، رشد گیاهچه و روابط یونی ارزن معمولی تاثیر منفی داشت و موجب کاهش بروز این صفات در ژرم پلاسما مورد بررسی شد. کافی و همکاران نیز (Kafi *et al.*, 2009) با بررسی ژنوتیپ‌های ارزن معمولی، که از نقاط مختلف خراسان جنوبی جمع‌آوری شده بودند، نشان دادند که ژنوتیپ قائن نسبت به بقیه نمونه‌ها تحمل بیشتری به تنش شوری داشت. یزدی‌زاده و همکاران (Yazdizadeh *et al.*, 2020) نیز با ارزیابی ۱۴۳ نمونه ژنتیکی ارزن معمولی موجود در دانشگاه کرمان در شرایط تنش شوری، نمونه‌های ژنتیکی پرتانسیل را در نمونه‌های مورد بررسی شناسایی کردند. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تنوع ژنتیکی

جدول ۸- شاخص های تحمل و حساسیت به تنش شوری محاسبه شده، با استفاده عملکرد دانه، برای نمونه های ژنتیکی ارزن معمولی انتخاب شده

Table 8. Calculated salinity stress tolerance and susceptible indices, using grain yield, for selected common millet accessions

نمونه ژنتیکی Accession	تحمل TOL	تحمل به تنش STI	میانگین بهره‌وری MP	میانگین هندسی بهره‌وری GMP	میانگین هارمونیک HM	حساسیت به تنش SSI	پایداری عملکرد YSI	عملکرد YI	نمره استاندارد شده تحمل به تنش STS
Ukranian Landrace	-3.12	4.26	0.88	0.87	0.85	-4.26	14.10	2.53	30.87
Birjand Landrace	0.00	0.34	1.52	1.63	1.73	-0.33	10.89	1.62	18.05
15-223	-0.55	0.72	1.15	1.27	1.38	-0.72	10.49	1.51	17.79
15-241	-0.44	0.58	0.88	0.99	1.09	-0.58	9.28	1.17	15.02
15-235	0.56	-0.09	1.36	1.42	1.46	0.09	9.28	1.17	13.95
15-192	0.67	-0.15	1.41	1.46	1.50	0.15	9.28	1.17	13.85
15-49	-0.33	0.42	0.62	0.71	0.80	-0.42	8.08	0.83	12.21
15-271	-0.89	0.93	-0.07	0.02	0.11	-0.93	6.47	0.38	9.64
15-23	0.78	-0.38	0.94	0.94	0.94	0.38	7.27	0.60	9.15
15-298-1	-0.33	0.31	0.19	0.27	0.34	-0.31	6.47	0.38	8.60
15-86	0.56	-0.38	0.51	0.52	0.52	0.38	6.07	0.26	6.55
15-297	0.00	-0.05	0.14	0.19	0.23	0.05	5.67	0.15	6.27
15-123	0.00	-0.09	0.03	0.08	0.11	0.09	5.27	0.04	5.34
15-298-2	0.00	-0.09	0.03	0.08	0.11	0.09	5.27	0.04	5.34
15-237	-0.89	0.85	-0.61	-0.53	-0.46	-0.85	4.46	-0.19	5.26
Ferdous (91)	1.68	-0.98	0.83	0.68	0.53	0.99	5.27	0.04	3.70
15-156	1.45	-0.95	0.62	0.49	0.36	0.95	4.86	-0.08	2.89
15-210	-0.89	0.78	-0.93	-0.86	-0.79	-0.77	3.26	-0.53	2.59
Semnan(74)	0.90	-0.76	0.24	0.18	0.11	0.76	4.46	-0.19	2.39
Pishahang	0.45	-0.56	-0.07	-0.09	-0.12	0.57	4.06	-0.30	1.89
15-121	-0.89	0.71	-1.14	-1.08	-1.02	-0.71	2.45	-0.76	0.78
15-286	1.23	-1.03	0.19	0.06	-0.07	1.03	3.66	-0.42	0.12
15-194	1.01	-1.00	-0.02	-0.13	-0.25	1.00	3.26	-0.53	-0.67
15-296	0.45	-0.83	-0.50	-0.56	-0.61	0.84	2.45	-0.76	-2.09
15-302	-0.44	-0.17	-1.14	-1.11	-1.08	0.17	1.65	-0.98	-2.56
15-48	-0.44	-0.26	-1.24	-1.22	-1.20	0.26	1.25	-1.10	-3.59
15-10	1.90	-1.16	0.72	0.51	0.30	1.16	-1.16	-0.19	-4.03
15-300-1	-0.78	0.15	-1.62	-1.58	-1.54	-0.15	0.45	-1.32	-4.54
15-19	0.00	-0.76	-1.03	-1.06	-1.09	0.76	1.25	-1.10	-4.55
15-300-2	-0.67	-0.21	-1.67	-1.65	-1.62	0.21	0.04	-1.43	-6.09
15-288	-1.00	-0.09	-2.36	-2.34	-2.31	0.09	-1.96	-2.00	-10.16

TOL: Tolerance, STI: Stress tolerance index, MP: Mean productivity, GMP: Geometric mean productivity, HM: Harmonic mean, SSI: Stress susceptibility index, YSI: Yield stability index, YI: Yield index, STS: Standardized stress tolerance score.

جدول ۹- شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش شوری محاسبه شده، با استفاده از عملکرد علوفه خشک، برای نمونه‌های ژنتیکی ارزن معمولی انتخاب شده

Table 9. Calculated salinity stress tolerance and susceptible indices, using dry forage yield, for selected common millet accessions

نمونه ژنتیکی	تحمل	تحمل به تنش	شاخص میانگین بهره‌وری	میانگین هندسی بهره‌وری	میانگین هارمونیک	حساسیت به تنش	پایداری عملکرد	عملکرد	نمره استاندارد شده تحمل به تنش
Accession	TOL	STI	MP	GMP	HM	SSI	YSI	YI	STS
15-302	-2.48	3.17	-0.29	-0.43	-0.55	-3.19	3.20	3.22	13.99
15-123	-2.22	2.65	-0.29	-0.39	-0.46	-2.67	2.67	3.09	12.15
15-241	-0.11	0.02	1.58	1.62	1.65	-0.02	0.02	3.74	8.75
15-10	-0.05	-0.03	1.40	1.43	1.47	0.03	-0.03	3.55	7.81
Ferdous (91)	0.02	-0.07	1.43	1.47	1.50	0.07	-0.07	3.55	7.73
15-223	0.55	-0.34	1.79	1.81	1.82	0.34	-0.34	3.61	7.47
15-237	-1.03	0.82	-0.01	0.02	0.06	-0.83	0.83	2.77	6.35
15-192	0.41	-0.31	1.36	1.38	1.40	0.31	-0.31	3.29	6.10
15-23	1.07	-0.61	1.72	1.70	1.68	0.61	-0.61	3.29	5.48
15-49	1.14	-0.63	1.76	1.73	1.70	0.64	-0.64	3.29	5.43
15-298-1	-1.03	0.89	-0.37	-0.34	-0.30	-0.89	0.89	2.45	5.15
Birjand Landrace	0.02	-0.12	0.64	0.68	0.71	0.12	-0.12	2.84	4.50
Semnan (74)	-1.03	0.93	-0.58	-0.56	-0.52	-0.94	0.94	2.26	4.45
15-210	-0.84	0.68	-0.55	-0.51	-0.46	-0.68	0.68	2.19	3.55
15-86	0.35	-0.37	0.39	0.41	0.43	0.37	-0.37	2.45	2.22
Pishahang	-0.57	0.37	-0.62	-0.58	-0.52	-0.38	0.38	2.00	1.98
Ukranian Landrace	-0.31	0.09	-0.40	-0.36	-0.31	-0.10	0.10	2.06	1.58
15-156	-0.44	0.23	-0.76	-0.72	-0.66	-0.23	0.23	1.80	0.78
15-121	-0.38	0.15	-0.80	-0.76	-0.70	-0.15	0.15	1.74	0.32
15-271	-0.51	0.31	-1.01	-0.97	-0.91	-0.31	0.31	1.61	0.15
15-194	-0.24	0.01	-0.80	-0.76	-0.70	-0.01	0.01	1.68	-0.32
15-296	0.61	-0.62	-0.04	-0.04	-0.04	0.62	-0.63	1.93	-0.67
15-297	0.68	-0.66	-0.01	-0.01	-0.01	0.66	-0.67	1.93	-0.76
15-298-2	-0.11	-0.13	-0.80	-0.76	-0.71	0.13	-0.13	1.61	-0.95
15-19	1.60	-1.11	0.42	0.32	0.23	1.11	-1.12	1.87	-2.10
15-300-2	-0.31	0.04	-1.48	-1.44	-1.38	-0.04	0.04	1.10	-2.79
15-300-1	0.28	-0.56	-1.01	-1.00	-0.97	0.57	-0.57	1.22	-3.74
15-48	1.47	-1.17	-0.08	-0.18	-0.27	1.18	-1.18	1.48	-4.05
15-286	1.07	-1.05	-0.51	-0.57	-0.62	1.06	-1.06	1.29	-4.66
15-235	1.93	-1.48	-0.26	-0.46	-0.63	1.49	-1.50	1.10	-6.65
15-288	0.55	-1.08	-1.73	-1.76	-1.76	1.09	-1.09	0.45	-8.62

TOL: Tolerance, STI: Stress tolerance index, MP: Mean productivity, GMP: Geometric mean productivity, HM: Harmonic mean, SSI: Stress susceptibility index, YSI: Yield stability index, YI: Yield index, STS: Standardized stress tolerance score.

در محیط بدون تنش انجام داد. ضرایب همبستگی بالا بین شاخص STS و شاخص های MP، GMP، HM و YI (جدول ۱۰) نشان داد که استفاده از این شاخص ها در گزینش نمونه های ژنتیکی برای تحمل به تنش شوری می تواند نتایج مشابهی داشته باشند. بنابراین، می توان از این شاخص ها برای گزینش نمونه های ژنتیکی متحمل به شوری در ارزن معمولی استفاده کرد. عبدالشاهی و همکاران (Abdolshahi *et al.*, 2013). همبستگی معنی داری بین شاخص STI و شاخص های MP، GMP، HM برای گزینش ژرم پلاسما گندم برای تحمل به تنش خشکی گزارش نکردند که با یافته های پژوهش حاضر مغایرت دارد. این مغایرت ممکن است به دلیل نوع محصول و شرایط تنش مورد بررسی باشد.

ضرایب همبستگی بین صفات زراعی و همچنین شاخص های وضعیت آبی برگ رابطه معنی داری را به تفکیک دو محیط بدون تنش و تنش شوری نشان داد (جدول ۱۱). عملکرد دانه با اغلب صفات زراعی و همچنین شاخص های وضعیت آبی برگ همبستگی معنی داری داشت که بیشترین مقدار با ارتفاع گیاه (در محیط شور ۰/۶۷۰ و  $p < 0.01$  و در محیط بدون تنش ۰/۶۹۱ و  $p < 0.01$ ) و کمترین را با تراکم بافت برگ (در محیط شور ۰/۴۵۸ و  $p < 0.01$  و محیط بدون تنش غیر معنی دار) نشان داد (جدول ۱۱).

همبستگی بسیار معنی داری ( $r = 0.65^{**}$ ) بین عملکرد دانه نمونه های ژنتیکی در محیط بدون تنش و تنش شوری وجود داشت (جدول ۱۰). این نشان دهنده اهمیت عملکرد دانه در کارایی آنها در محیط تنش شوری دارد. بنابراین گزینش نمونه ها برای تحمل به تنش شوری بر اساس نتایج عملکرد دانه در محیط بدون تنش امکان پذیر است. این یافته با نتایج عبدالشاهی و همکاران (Abdolshahi *et al.*, 2013) در مطالعه ژنوتیپ های گندم در شرایط تنش خشکی همخوانی دارد. عملکرد دانه با شاخص های SSI و TOL همبستگی منفی معنی دار و با سایر شاخص های تحمل و حساسیت به تنش، همبستگی مثبت معنی داری نشان دادند (جدول ۱۰).

ضریب همبستگی مثبت و معنی دار بالا بین شاخص STS، محاسبه شده بر اساس عملکرد علوفه خشک، و عملکرد علوفه خشک در محیط تنش و عدم همبستگی آن با عملکرد علوفه خشک در محیط بدون تنش نشان داد که نمی توان گزینش نمونه های ژنتیکی متحمل به شوری ارزن معمولی را بر اساس نتایج عملکرد علوفه خشک در محیط بدون تنش انجام داد (جدول ۱۰). در صورتی که شاخص STS، محاسبه شده بر اساس عملکرد دانه، با عملکرد دانه در هر دو محیط همبستگی معنی دار و مثبت نشان داد. بنابراین، بر اساس عملکرد دانه می توان گزینش نمونه ژنتیکی متحمل به تنش شوری را

جدول ۱۰- ضرایب همبستگی برای شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش شوری، با استفاده از عملکرد دانه (بالای قطر جدول) و با عملکرد علوفه خشک (پایین قطر جدول)، برای نمونه‌های ژنتیکی ارزن معمولی انتخاب شده (درجه آزادی = ۲۹)

Table 10. Correlation coefficients between tolerance and susceptible indices, using grain yield (above table diameter) and dry forage yield (below table diameter) for selected common millet accessions (df=29)

	شاخص تحمل TOL_G	تحمل به تنش STI_G	شاخص میانگین بهره‌وری MP_G	میانگین هندسی بهره‌وری GMP_G	میانگین هارمونیک HM_G	حساسیت به تنش SSI_G	عملکرد دانه در محیط غیر تنش GY_NS	عملکرد دانه در محیط تنش GY_SS	پایداری عملکرد YSI_G	عملکرد YI_G	نمره استاندارد شده تحمل به تنش، دانه STS_G	نمره استاندارد شده تحمل به تنش، علوفه STS_F
TOL_F		-0.877**	0.358*	0.304	0.251	0.875**	0.667**	-0.126	-0.877**	-0.126	-0.318	0.105
STI_F	-0.956**		0.075	0.118	0.158	-1.000**	-0.274	0.524**	1.000**	0.524**	0.671**	0.070
MP_F	0.292	-0.144		0.996**	0.986**	-0.080	0.935**	0.881**	0.075	0.881**	0.766**	0.395*
GMP_F	0.276	-0.142	0.998**		0.997**	-0.123	0.911**	0.905**	0.118	0.905**	0.800**	0.405*
HM_F	0.258	-0.138	0.141	0.998**		-0.163	0.883**	0.921**	0.158	0.921**	0.828**	0.408*
SSI_F	0.956**	-1.000**	0.903**	0.141	0.137		0.269	-0.528**	-1.000**	-0.528**	-0.675**	-0.073
FY_NS	0.659**	-0.525**	0.854**	0.903**	0.892**	0.524**		0.655**	-0.274	0.655**	0.490**	0.355*
FY_SS	-0.260	0.385*	-0.141	0.854**	0.859**	-0.385*	0.555**		0.524**	1.000**	0.975**	0.367*
YSI_F	-0.956**	1.000**	0.857**	-0.141	-0.137	-1.000**	-0.524**	0.386*		0.524**	0.671**	0.070
YI_F	-0.256	0.382*	0.447*	0.857**	0.861**	-0.382*	0.558**	1.00**	0.524**		0.975**	0.367*
STS_G	0.040	-0.003	0.574**	0.447*	0.453*	0.002	0.364*	0.418*	0.671**	0.421*		0.313
STS_F	-0.614**	0.726**	0.998**	0.574**	0.580**	-0.727**	0.183	0.914**	0.07	0.912**	0.313	

\* and \*\*: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

\* و \*\*: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

TOL: Tolerance, STI: Stress tolerance index, MP: Mean productivity, GMP: Geometric mean productivity, HM: Harmonic mean, SSI: Stress susceptibility index, YSI: Yield stability index, YI: Yield index, STS: Standardized stress tolerance score, GY: Grain yield, FY: Dry forage yield, F: Forage, G: Grain, NS: Non-stress, SS: Salinity stress.

عملکرد دانه با طول خوشه همبستگی منفی معنی دار (در محیط تنش شوری ۰/۴۶۶-،  $p < 0.01$  و محیط بدون تنش ۰/۵۷۲-،  $p < 0.01$ ) داشت. این یافته ها منطقی به نظر می رسد، چون در پژوهش حاضر خوشه های با طول بلند عمدتاً خوشه های با تراکم باز با تعداد دانه کم بودند، ولی خوشه های کوتاه متراکم و دارای دانه های بیشتر و در نتیجه عملکرد دانه بیشتر داشتند. در همبستگی بین عملکرد دانه و روابط آبی برگ نیز بیشترین همبستگی با محتوای آب نسبی برگ (در محیط شور ۰/۵۶۳ و  $p < 0.01$  و در محیط بدون تنش غیر معنی دار) بدست آمد (جدول ۱۱). یافته های پژوهش حاضر با نتایج یزدی زاده و همکاران (Yazdizadeh et al., 2020) همخوانی دارد. این پژوهشگران نیز نشان دادند که بیشترین همبستگی بین عملکرد دانه و عملکرد علوفه خشک وجود داشت که با یافته های پژوهش حاضر همخوانی دارد. از طرفی آنها نشان دادند که عملکرد دانه با بیشتر صفات زراعی-مورفولوژیکی بجز با طول خوشه و عرض برگ پرچم همبستگی مثبت معنی دار داشت (Yazdizadeh et al., 2020).

نکته قابل توجه وجود همبستگی معنی دار بین نمره استاندارد شده تحمل به تنش شوری با ارتفاع گیاه (۰/۴۲۸،  $p < 0.05$ ) و عملکرد دانه

بسیار مهم می باشد. به عبارت دیگر عدم وجود همبستگی بین نمره استاندارد شده تحمل به تنش و سایر صفات بجز دو صفت ذکر شده نشان داد که برای آن صفات در نمونه های ژنتیکی ارزن مورد مطالعه می توان نمونه های متحمل به تنش شوری انتظار داشت. این یافته دست به نژاد گران را برای گزینش و تولید ژرم پلاسما متحمل به تنش شوری در ارزن معمولی باز می گذارد. به عبارت دیگر، مجموعه نمونه های ژنتیکی ارزن معمولی بانک ژن گیاهی ملی ایران دارای تنوع بسیار بالا برای استفاده در برنامه بهنژادی این محصول می باشد.

رگرسیون عملکرد دانه در برابر سایر صفات نشان داد که سه صفت ارتفاع گیاه، تعداد روز تا رسیدگی و محتوای آب اشباع برگ (WCS) حدود ۷۵ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند. از طرفی صفت محتوای آب اشباع رابطه منفی و دو صفت دیگر رابطه مثبت بر عملکرد دانه داشتند و رابطه ریاضی بین عملکرد دانه و صفات مذکور به قرار زیر است:

$$Y = -7.95 + 0.081X_1 + 0.074X_2 - 0.365X_3$$

در این رابطه، Y عملکرد دانه و  $X_1$  تا  $X_3$  به ترتیب ارتفاع گیاه، تعداد روز تا رسیدگی و محتوای آب اشباع برگ می باشند.

جدول ۱۱- ضرایب همبستگی بین میانگین صفات مطالعه شده نمونه‌های ژنتیکی اوزن معمولی انتخاب شده در شرایط شور (بالای قطر جدول) و بدون تنش (پایین قطر جدول) (درجه آزادی = ۲۹)

Table 11. Correlation coefficients for studied traits of selected common millet accessions under salinity stress (above table diameter) and non-stress (below table diameter) conditions (df = 29)

صفت Trait	مقدار آب نسبی برگ RWC	میزان آب اشباع برگ WCS	کمبود اشباع آب برگ WSD	تراکم بافت برگ LTD	نمره استاندارد شده تحمل به شوری STS	روز تا گلدهی Day to flowering	ارتفاع گیاه Plant height	طول خوشه Panicle length	عملکرد علوفه تر Fresh yield	عملکرد علوفه خشک Dry forage yield	روز تا رسیدگی Day to maturity	وزن صد دانه 100-grain weight	عملکرد دانه Grain yield
RWC		-0.159	-10.000**	-0.842**	0.265	0.309	0.422*	-0.391*	0.551**	0.617**	0.499**	-0.072	0.563**
WCS	1.000**		0.159	-0.292	-0.185	-0.08	-0.024	-0.051	-0.069	0.044	-0.107	-0.081	-0.212
WSD	0.192	-0.192		0.842**	-0.265	-0.309	-0.422*	0.391*	-0.551**	-0.617**	-0.499**	0.072	-0.563**
LTD	-1.000**	-0.784**	0.741**		-0.151	-0.274	-0.407*	0.345	-0.538**	-0.650**	-0.446*	0.05	-0.458**
STS						0.152	0.428*	-0.259	0.284	0.185	0.253	-0.114	0.466**
Day to flowering	-0.184	-0.24	0.184	0.241			0.316	-0.562**	0.211	0.088	0.528**	-0.288	0.327
Plant height	-0.187	-0.098	0.187	0.097		0.473**		-0.433*	0.701**	0.532**	0.315	-0.064	0.670**
Panicle length	0.326	0.198	-0.326	-0.304		-0.769**	-0.455*		-0.464**	-0.359*	-0.522**	0.434*	-0.466**
Fresh yield	-0.089	-0.26	0.089	0.202		0.766**	0.475**	-0.612**		0.893**	0.303	-0.21	0.642**
Dry forage yield	-0.114	-0.259	0.114	0.213		0.735**	0.405*	-0.635**	0.951**		0.217	-0.278	0.500**
Day to maturity	-0.038	-0.249	0.038	0.169		0.561**	0.347	-0.592**	0.598**	0.716**		-0.015	0.650**
100-grain	0.301	0.17	-0.301	-0.275		-0.572**	-0.188	0.612**	-0.488**	-0.515**	-0.367*		0.166
Grain yield	-0.102	-0.313	0.102	0.245		0.656**	0.691**	-0.572**	0.682**	0.588**	0.562**	-0.121	

\* and \*\*: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

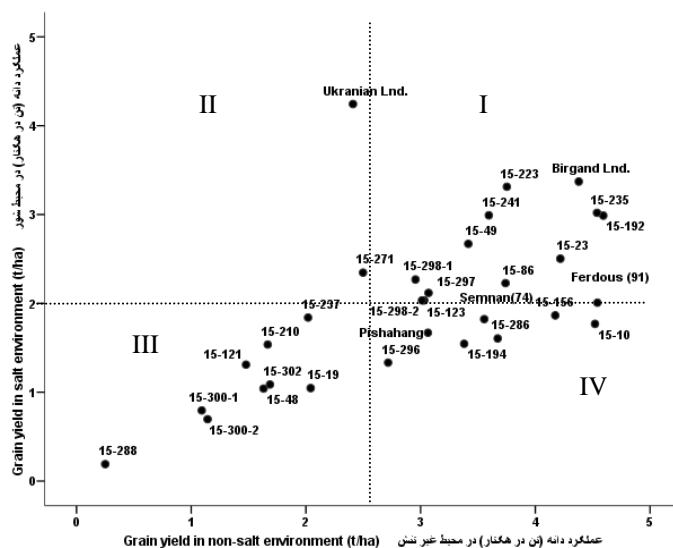
\* و \*\*: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

RWC: Relative water content, WCS: Water content at saturation, WSD: Water saturation deficit, LTD: Leaf tissue density, STS: Salinity stress tolerance score.



۱۵ و به عبارت کلی نمونه‌های ظاهر شده در بخش I بای پلات جز نمونه‌های پر عملکرد و متحمل به تنش بودند (شکل ۲).

بای پلات استفاده شدند، مجدداً نمونه ژنتیکی ارزن بومی بیرجند، و نمونه‌های ژنتیکی ۱۵-۲۲۳، ۱۵-۲۳۵، ۱۵-۱۹۲، ۱۵-۲۲۳ و ۲۳-۱۵



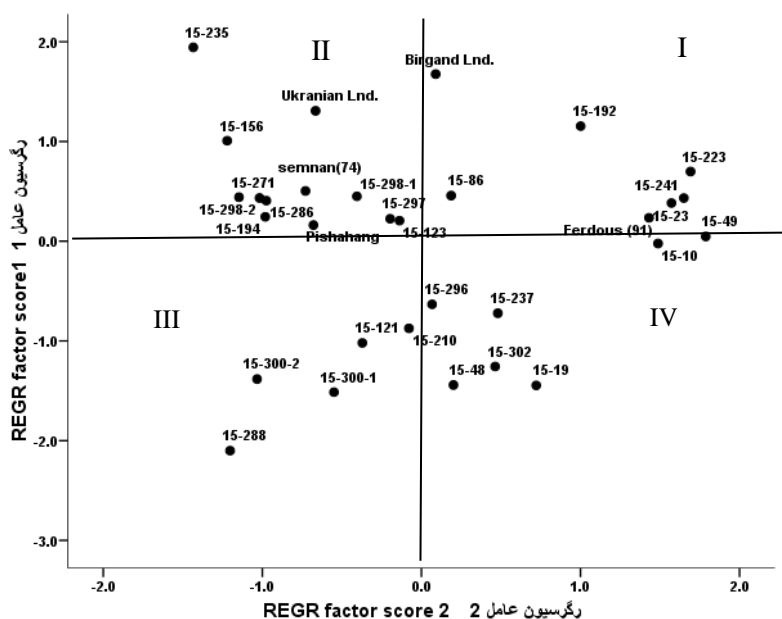
شکل ۲- توزیع نمونه‌های ژنتیکی ارزن معمولی انتخاب شده در بای پلات حاصل از عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش شوری

Fig. 2. Biplot distribution of selected common millet accessions based on grain yield under non-stress and salinity stress conditions

شکل ۱ و ۲ دیگر پراکنش نمونه‌های ارزن را برای تحمل به تنش شوری نشان داد. بر این اساس نمونه‌های ژنتیکی که در ناحیه I بای پلات قرار گرفتند، همانند نمونه‌های ۱۵-۴۹، ۱۵-۲۲۳، ۱۵-۲۳۵، ۱۵-۲۳۵، ۱۵-۲۲۳ و ۱۵-۲۳۵ و نمونه ژنتیکی بومی بیرجند ۱۵-۲۳۵، ۱۵-۲۳۵، ۱۵-۲۳۵ و ۱۵-۲۳۵ با پتانسیل عملکرد و تحمل بالا به تنش شوری شناسایی شدند. در این بای پلات نیز نمونه‌های ژنتیکی که در ناحیه I بای پلات قرار گرفتند را می‌توان به عنوان نمونه‌های متحمل به تنش شوری با عملکرد بالای علوفه و دانه در نظر گرفت (شکل ۳).

وقتی بای پلات برای توزیع نمونه‌ها بر اساس دو عامل اول حاصل از تجزیه به عامل استفاده شد (شکل ۳)، نتیجه همانند دو شکل قبل (شکل ۱ و ۲) بدست آمد. دو عامل اول در تجزیه به عامل‌ها مجموعاً ۶۳ درصد از تغییرات مشاهده شده عملکرد دانه نمونه‌های ژنتیکی را توجیه کردند. از طرفی ارتفاع گیاه، عملکرد دانه و عملکرد علوفه خشک بیشترین اثر را بر عامل اول (عامل عملکرد) داشتند، در صورتی که عامل دوم (عامل وضعیت آبی برگ) بیشترین تاثیر را از WSD و RWC دریافت می‌کرد. بنابراین، شکل ۳ نیز همانند دو





شکل ۴- توزیع نمونه‌های ژنتیکی ارزن معمولی در بای پلات بر اساس دو عامل حاصل از تجزیه به عامل‌ها، عامل اول: متاثر از شاخص‌های تحمل بر اساس عملکرد دانه و عامل دوم: متاثر از شاخص‌های تحمل بر اساس عملکرد علوفه خشک

Fig. 4. Biplot distribution of common millet accessions based on two factors in factor analysis, factor 1: effected by tolerance indicies based on grain yield, and factor 2: affected by tolerance indicies based on dry forage yield

شوری داشتند. بر اساس عملکرد دانه و محتوای آب نسبی برگ نمونه‌های ژنتیکی بومی بیرجند، ۱۵-۲۲۳، ۱۵-۲۳۵ (با منشاء خراسان جنوبی)، فردوس (۹۱)، ۲۳-۱۵ (با منشاء نیم بلوک قائنات) و اوکراینی جزو نمونه‌های ژنتیکی با عملکرد بالا و متحمل به تنش شوری تعیین شدند. که مجدداً نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها و موارد دیگر را تایید کردند (جدول ۸).

تجزیه خوشه‌ای به روش K-means نمونه‌های ژنتیکی را به سه گروه تقسیم کرد (جدول ۱۲). گروه اول دارای هفت و دو گروه دیگر هر کدام داری ۱۲ نمونه ژنتیکی بودند (جدول ۱۲). عملکرد

در هر چهار شکل حاصل از بای پلات، نمونه‌های ژنتیکی موجود در ناحیه I به عنوان نمونه‌های متحمل به تنش شوری و با عملکرد بالا (دانه و علوفه شناسایی شدند. در صورتی که نمونه‌های ژنتیکی که در ناحیه II بای پلات‌ها قرار گرفتند دارای عملکرد بالا ولی حساس به تنش شوری بودند که ممکن است برای شرایط سطوح شوری پایین‌تر مناسب باشند. نمونه‌های ژنتیکی که در ناحیه IV بای پلات‌ها قرار گرفتند، دارای تحمل بالا به تنش شوری ولی عملکرد پایین بودند. نمونه‌های ژنتیکی که در ناحیه III بای پلات‌ها قرار گرفتند، عملکرد پایین و تحمل پایین به شرایط

علوفه و دانه و همچنین میزان تحمل به تنش شوری (نمره استاندارد شده تحمل به تنش) از گروه یک تا گروه سه افزایش می‌یافت (جدول ۱۳). بنابراین، نمونه‌های ژنتیکی گروه سوم به عنوان نمونه‌های متحمل تر و پریپتانسیل تر در شرایط تنش شوری تعیین شدند. در صورتی که نمونه‌های ژنتیکی گروه دوم دارای تحمل و عملکرد متوسط بودند. نمونه‌های ژنتیکی گروه اول تحمل به تنش شوری و عملکرد پایین داشتند. بنابراین، نمونه‌های ژنتیکی گروه سوم برای استفاده در برنامه‌های به‌ترزادی ارزن معمولی به‌عنوان والدین برای تولید ژرم‌پلاسم متمل به تنش شوری مناسب می‌باشند.

جدول ۱۲- گروه بندی نمونه‌های ژنتیکی ارزن معمولی انتخاب شده بر اساس تجزیه خوشه ای K-means و فاصله هر نمونه ژنتیکی از مرکز خوشه

Table 12. Grouping of selected common millet accessions using K-mean cluster analysis and distance of each accession from the center of the cluster

نمونه ژنتیکی Accession	خوشه Cluster	فاصله Distance
15-210	1.0	6.5
15-237	1.0	10.2
15-271	1.0	5.3
15-297	1.0	7.6
15-298-1	1.0	5.7
15-300-2	1.0	11.0
15-302	1.0	9.7
15-121	2.0	11.9
15-123	2.0	9.8
15-156	2.0	11.1
15-19	2.0	11.5
15-194	2.0	10.5
15-235	2.0	13.2
15-286	2.0	12.2
15-288	2.0	15.3
15-296	2.0	8.7
15-298-2	2.0	8.0
15-300-1	2.0	12.4
15-48	2.0	6.1
15-10	3.0	16.9
15-192	3.0	14.4
15-223	3.0	8.7
15-23	3.0	8.1
15-241	3.0	10.8
15-49	3.0	7.2
15-86	3.0	7.0
Birgand Landrace	3.0	15.3
Ferdous (91)	3.0	11.4
Pishahang	3.0	12.6
Semnan (74)	3.0	8.6
Ukranian Landrace	3.0	11.2

جدول ۱۳- میانگین صفات استفاده شده برای برای مراکز خوشه‌های ۱ تا ۳ در تجزیه خوشه‌ای K-mean نمونه‌های ژنتیکی ارزن معمولی انتخاب شده در شرایط تنش شوری

Table 13. Mean of traits used for center of clusters in selected common millet accessions produced in K-mean cluster analysis under salinity conditions

Trait	صفت	Group گروه		
		1	2	3
Day to flowering	تعداد روز تا گلدهی	46.4	49.3	54.1
Plant height (cm)	ارتفاع گیاه (سانتیمتر)	69.2	72.4	80.2
Panicle length (cm)	طول خوشه (سانتیمتر)	15.8	12.7	10.0
Fresh forage yield (Kg ha <sup>-1</sup> )	عملکرد علوفه تر (کیلوگرم در هکتار)	11900	12900	21200
Dry forage yield (Kg ha <sup>-1</sup> )	عملکرد علوفه خشک (کیلوگرم در هکتار)	4600	4600	6600
Day to maturity	روز تا رسیدگی	76.3	76.3	81.0
100-grain (g)	وزن صد دانه (گرم)	0.61	0.51	0.48
Grain yield (Kg ha <sup>-1</sup> )	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	1900	2000	3200
Relative water content (%)	مقدار آب نسبی برگ (%)	32.3	23.5	33.1
Water content saturation (g H <sub>2</sub> O g DW <sup>-1</sup> )	مقدار آب اشباع (گرم آب بر گرم وزن خشک)	4.1	3.7	3.8
Water saturation deficit (%)	کمبود آب اشباع برگ	0.68	0.76	0.67
Leaf tissue density (g kg <sup>-1</sup> )	تراکم بافت برگ (گرم بر کیلوگرم)	48.2	62.1	47.1
Salinity tolerance score (1-9)	نمره تحمل به تنش (۱-۹)	3.9	4.9	6.8

عباسی و همکاران (Abbasi *et al.*, 2018) نشان دادند که استفاده از شاخص‌های وضعیت آبی برگ و تجزیه به عامل‌ها و رسم بای‌پلات مربوطه، می‌تواند نمونه‌های متحمل به تنش شوری را در مجموعه گونه‌های مختلف شبدر شیرین شناسایی کرد. اسلام و همکاران (Islam *et al.*, 2001) نیز بر کارایی استفاده از شاخص‌های وضعیت آبی برگ برای تعیین نمونه‌های ژنتیکی متحمل به تنش شوری در ارزنهای معمولی و دم‌روباهی تاکید کردند. سایر پژوهشگران نیز از شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش و متعاقب آن تجزیه به عامل‌ها برای گروه بندی ژرم‌پلاسم متحمل به تنش شوری (Abbasi *et al.*, 2017) و خشکی (Abolshahi *et al.*, 2013) استفاده کرده‌اند.

نتایج سایر پژوهشگران نشان داده شده است که ژنوتیپ‌هایی که محتوای نسبی آب برگ بالاتری دارند تحمل بیشتری نسبت به تنش خشکی از خود نشان دادند (Nouri *et al.*, 2011). اکثر و همکاران (Akter *et al.*, 2020) نیز با ارزیابی ژنوتیپ‌های ارزن دم‌روباهی در شرایط تنش شوری (۶۰ تا ۱۲۰ میلی مولار آب شور) و اندازه‌گیری فراسنجه‌های فیزیولوژیکی نشان دادند که ژنوتیپ‌های متحمل مقادیر بالایی از محتوای نسبی آب برگ داشتند که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. بنابراین، محتوای نسبی آب برگ می‌تواند به عنوان شاخص مهمی برای انتخاب نمونه‌های ژنتیکی متحمل برای تولید ارقام متحمل به شوری استفاده شود (Bayoumi *et al.*, 2008).

نمونه‌های ژنتیکی ارزن‌های معمولی موجود در بانک ژن گیاهی ملی ایران برای تحمل به تنش شوری وجود دارد. بنابراین این تنوع می‌تواند بطور مستقیم و یا با استفاده از آنها به عنوان والدین در برنامه‌های بهنژادی ارزن معمولی مورد استفاده قرار گیرد. از سوی دیگر، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اندازه‌گیری شاخص محتوی نسبی آب برگ به راحتی قابلیت جداسازی نمونه‌های ژنتیکی متحمل از حساس به تنش شوری را داشت. بنابراین، این صفت می‌تواند به عنوان معیار گزینش سریع و کم هزینه برای غربال کردن و شناسایی ژرم‌پلاسم متحمل به تنش شوری در ارزن معمولی استفاده شود.

### سپاسگزاری

این مقاله با استفاده از قسمتی از داده‌های پروژه پژوهشی با عنوان ارزیابی ارزن‌های بومی ایران در شرایط تنش شوری به شماره مصوب ۱۲-۴۴-۰۳-۰۳-۰۰۳-۰۰۳-۹۹۰۰۹-۱۳۰۰۰۰ موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه و نگارش شده است. نگارندگان بدین وسیله از پشتیبانی مدیریت آن موسسه و مراکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی و جنوبی برای فراهم آوردن اجرای این پژوهش سپاسگزاری می‌کنند.

### تعارض منافع

نگارندگان اعلام می‌دارند هیچ گونه تعارض منافی با دیگر اشخاص حقیقی/حقوقی ندارند.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که شاخص STS قابلیت رتبه‌بندی ژرم‌پلاسم ارزن معمولی را نسبت به تنش شوری دارد. با توجه به ضریب تبیین بالای تجزیه رگرسیون ( $R^2 = 0.75$ ) و ورود صفت WCS به معادله رگرسیون که با عملکرد دانه رابطه منفی نشان داد، بار دیگر استفاده از شاخص‌های وضعیت آبی برگ در شناسایی نمونه‌های ژنتیکی با عملکرد بالای دانه مشخص می‌شود. میزان WCS در شرایط تنش شوری در نمونه‌های ژنتیکی مورد مطالعه نسبت به شرایط بدون تنش افزایش یافت، بنابراین، افزایش کمتر در نمونه‌هایی ژنتیکی دیده می‌شود که تحمل بیشتری به شرایط تنش شوری و در نتیجه عملکرد دانه بیشتری داشتند (He, et al., 2022).

کشور ایران مرکز اولیه تنوع ژنتیکی ارزن‌های دانه ریز از جمله ارزن معمولی نیست، ولی به دلیل قدمت بالای ورود این گیاهان به ایران که بیش از ۴۰۰۰ سال قبل با حرکت کوچ نشینان از سمت آسیای مرکزی به اروپا (FAO, 1995)، این گیاهان وارد ایران شده‌اند و در نواحی مختلف کشور با کشت متوالی و گزینش نمونه‌های مطلوب توسط کشاورزان و کشت مجدد آنها، ژرم‌پلاسم بومی شده‌ای از این گونه در کشور تولید شده که به خوبی با شرایط آب و هوای مناطق مختلف ایران سازگار شده‌اند (Abbasi et al., 2024).

نتایج پژوهش حاضر بخوبی نشان داد که تنوع بسیار بالایی برای صفات گوناگون در میان

## References

- Abbasi, M.R., Amirabadizadeh, H., Nakhaei, A., [...], Beheshti, A., Pourpayghambar, M. and Mehrani, A. 2024.** Seed collection and evaluation of Iranian millets genetic resources. *Iranian Journal of Seed Sciences and Research*, 11(1), pp.1-14 (in Persian). DOI: 10.22124/jms.2024.8035.
- Abbasi, M.R., Hosseini, S. and Pourakbar, L. 2018.** Differential response to salt stress within and among Iranian *Melilotus* species. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49(2), pp.248-267. DOI: 10.1080/00103624.2018.1424895
- Abdolshahi, R., Safarian, A., Nazari, M., Pourseyedi, S. and Mohammadi-Nejad, G. 2013.** Screening drought-tolerant genotypes in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) using different multivariate methods. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 59(5), pp.685-704. DOI: 10.1080/03650340.2012.667080
- Akter, S., Mannan, M., Mamun, M.A.A. and Islam, M. 2020.** Physiological basis of salinity tolerance in foxtail millet. *Bangladesh Agronomy Journal*, 22, pp.11-24. DOI: 10.3329/baj.v22i2.47617
- Alizadeh Bonab, G., Ghasemi, G.K. and Taghizadeh, S. 2007.** Investigation of salinity and temperature effects on germination, seedling growth and ion relation of *Panicum miliaceum*. *Pazhouhesh va Sazandegi*, 74, pp.115-122 (in Persian).
- Al Sherif, E.A. 2009.** *Melilotus indicus* (L.) All., a salt-tolerant wild leguminous herb with high potential for use as a forage crop in salt-affected soils. *Flora-morphology, distribution, functional ecology of plants*, 204(10), pp.737-746. DOI: 10.1016/j.flora.2008.10.004
- Bayoumi, T.Y., Eid, M.H. and Metwali E.M. 2008.** Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat varieties. *African Journal of Biotechnology*, 7, 2341-2352. DOI: 10.4314/ajb.v7i14.58998
- Boussora, F., Triki, T., Bennani, L., Bagues, M., Ben Ali, S., Ferchichi, A., Ngaz, K. and Guasmi, F. 2024.** Mineral accumulation, relative water content and gas exchange are the main physiological regulating mechanisms to cope with salt stress in barley. *Scientific Reports*, 14(1), e14931. DOI: 10.3390/genes13112040.
- FAO. 1995.** Sorghum and millets in human nutrition. Food and Nutrition Series, No. 27. FAO, Rome, Italy. 184 pp.
- He, H., Zhou, W., Lü, H. and Liang, B. 2022.** Growth, leaf morphological and physiological adaptability of leaf beet (*Beta vulgaris* var. cicla) to salt stress: A soil culture

- experiment. *Agronomy*, 12(6), p.1393. DOI: 10.3390/agronomy12061393.
- Islam, M.S., Akhter, M.M., El Sabagh, A., Liu, L.Y., Nguyen, N.T., Ueda, A., Masaoka, Y. and Saneoka, H. 2011.** Comparative studies on growth and physiological responses to saline and alkaline stresses of Foxtail millet (*Setaria italica* L.) and Proso millet (*Panicum miliaceum* L.). *Australian Journal of Crop Science*, 5(10), pp.1269-77.
- Kafi, M., Zamani, Gh. and Ghoraiishi, S.Gh. 2009.** Relative salt tolerance of south Khorasan millets. *Desert*, 14(1), 63-70.
- Khodarahmi, Y., Soltani Mohammadi, A., Bromand Nasab, S. and Alizadeh, H.A. 2024.** Investigating the effect of salinity and deficit irrigation stress on the yield and yield components of millet in the climate conditions of Ilam. *Irrigation and Water Engineering*, 15(1), pp.55-71. DOI: 10.22125/iwe.2024.428535.1774
- Nakhaei, A., Arzmjoo, E. and Abbasi, M.R. 2019.** Evaluation of yield and agronomic traits of foxtail millet (*Setaria italica* (L.) Beauv) genotypes under salinity stress and introduction of the best salinity tolerance index. *Environmental Stress in Crop Science*, 12(3), pp.933-948. DOI: 10.22077/escs.2019.1569.1355
- Nouri, A., Etminan, A., da Silva, J.A.T. and Mohammadi, R. 2011.** Assessment of yield, yield-related traits and drought tolerance of durum wheat varieties (*Triticum turgidum* var. durum Desf.). *Australian Journal of Crop Science*, 5, pp 8-16.
- Saha, D., Gowda, M.C., Arya, L., Verma, M. and Bansal, K.C. 2016.** Genetic and genomic resources of small millets. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 35(1), pp.56-79. DOI: 10.1080/07352689.2016.1147907
- Saxena, R., Vanga, S.K., Wang, J., Orsat, V. and Raghavan, V. 2018.** Millets for food security in the context of climate change: a review. *Sustainability*, 10(7), e2228. DOI: 10.3390/su10072228
- Smart, R.E. and Bingham, G.E. 1974.** Rapid estimates of relative water content. *Plant physiology*, 53(2), pp.258-260.
- Yazdizadeh, M., Fahmideh, L., Mohammadi-Nejad, G., Solouki, M. and Nakhoda, B. 2020.** Association analysis between agronomic traits and AFLP markers in a wide germplasm of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) under normal and salinity stress conditions. *BMC Plant Biology*, 20(1), e427. DOI: 10.1186/s12870-020-02639-2

**RESEARCH ARTICLE**

DOI: 10.22092/spj.2026.371990.1461

**Evaluation of Native Common Millet (*Panicum miliaceum L.*) Accessions of Iran  
under Salinity Stress Conditions**

**M. R. Abbasi<sup>1\*</sup>  and A. Nakhaei<sup>2</sup>**

**1. Assistance Professor, Field and Horticultural Crops Sciences Research Department, Khorasan-e-Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center; Agricultural Research Education and Extension Organization, Mashhad, Iran.**

**2. Researcher, Field and Horticultural Crops Sciences Research Department, South Khorasan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization, Birjand, Iran.**

**ABSTRACT**

**Abbasi, M. R. and Nakhaei, A. 2025.** Evaluation of native common millet (*Panicum miliaceum L.*) accessions of Iran under salinity stress conditions. *Seed and Plant*, 41, pp.175-205 (in Persian).

This study was carried out to identify salinity tolerance in native common millet accessions of Iran. A set of 168 accessions of common millet (*Panicum miliaceum L.*) conserved in the National Plant Gen Bank of Iran were evaluated in 2020 growing season under salinity stress conditions (irrigation water with EC of 8 dS m<sup>-1</sup>) in Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of South Khorasan, Birjand, Iran. The superior 30 accessions of common millet together with Birjand landrace were selected for planting in 2022 growing season. The experimental design for evaluation of selected accessions was randomized complete block design with three replications and undertwo conditions (irrigation water with EC = 3 ds m<sup>-1</sup> and EC = 8 ds m<sup>-1</sup>). Analysis of variance, correlation, regression, K-means cluster analysis, factor analysis, and biplot were used for processing of data. Leaf water status (RWC, WSD, WCS, LTD) and tolerance and susceptible indices (STI, NP, TOL, HM, GMP, SSI, YI, YSD, STS) were calculated and used in the analyses. Grain yield varied from 200 kg ha<sup>-1</sup> in accession 15-19 to 4600 kg ha<sup>-1</sup> in accession 15-192. Mean comparisons of leaf water status indices grouped the accessions alike grain yield. Biplot based on two first factors of factor analysis identified the best accessions with high mean grain and dry forage yields. Cluster analysis revealed the same results. Based on this findings, accessions 15-23, 15-49, 15-223, 15-192, Ferdous (91) and native Birjand accessions, which had high grain yield, also showed high relative water content (RWC) were identified as salinity stress tolerant. These accessions can be used for development of salinity tolerant germplasm in the national common millet breeding program.

**Keywords:** Common millet, leaf water status, cluster analysis, dry forage yield, grain yield.

## Introduction

There is a collection of common millet (*Panicum miliaceum* L.) accessions in Iran, which has been collected and conserved in the National Plant Gen Bank of Iran (Abbasi *et al.*, 2024). The short life-cycle duration and C4 type photosynthesis system of common millet makes it suitable for be grown in the marginal lands. Considering climate change, decreasing in precipitation and its irregular distribution, scarcity of irrigation water, and increasing temperatures in Iran, it necessitates to search for some suitable alternative crops adapted to developing environmental conditions in cropping systems. Millets including common millet are suitable candidates for cultivation in such conditions. Salinity tolerance in some common millet germplasm have been conducted in Iran. Kafi *et al.* (2009) showed that 21% decreasing in grain yield of common millet under 5.5 ds m<sup>-1</sup> salinity stress conditions. Alizadeh Bonab *et al.*, (2007) reported that 100 mM NaCl significantly affected studied common millet germplasm, and shoot and root dry matter significantly decreased. However, complete set of common millet accessions collection of the National Plant Gen Bank of Iran has not been evaluated for salinity tolerance.

This study carried out to identify water salinity tolerance of complete set of common millet accessions of Iran for being used as parents for development of salinity tolerant germplasm in common millet breeding programs.

## Materials and Methods

A complete set of 168 common millet accessions of the National Plant Gen Bank of Iran were planted in a field experiment and irrigated with water with 8 ds m<sup>-1</sup> in Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of South Khorasan, Birjand (E 58° 59', N 32° 52', with elevation of 1381 m above sea level) using augmented design in 2021. Field soil texture was sandy-loam. Each accession was planted in two rows with two meters length and 50 cm row spacing. Agronomic and phenological traits were measured and recorded. Based on grain yield and some more traits (panicle length, panicle shape and lodging), 30 accessions were selected for being grown in 2022.

In 2022 growing season, selected accessions were planted in two separate experiments (None-stress irrigated with 3 ds m<sup>-1</sup> and salinity stress irrigated with 8 ds m<sup>-1</sup> irrigation water) using randomized complete block design with three replications. Each accession was planted in two rows with two meters length and 50 cm row spacing.

Days to flowering and maturity, plant height, width and length of flag leaf, plant pubescence, panicle length, 100-grain weight, grain and forage yields were measured and recorded. Leaf water status, relative water content (%RWC), water content saturation (WCS), Water saturation deficit (WSD%), Leaf tissue density (LTD) were estimated and used in the analyses following Smart and Bingham (1974).

Stress tolerance and susceptible indices (STI, NP, TOL, HM, GMP, SSI, YI, YSD, STS) were calculated based on grain yield and dry forage yield. Analysis of variance, correlation, regression, K-means cluster analysis, factor analysis, and biplot were used for analysis of data. Excel and SPSS softwares were employed for statistical analyses.

## Results and Discussion

In 2021 experiment, grain yield varied from 170 kg ha<sup>-1</sup> to 3920 kg ha<sup>-1</sup>. The results of this experiment showed that there were high variation for tolerance to salinity among the common millet accessions. Based on grain yield and other agronomic traits 30 accessions were selected for second year experiment in 2022. In this experiment, grain yield varied from 300 kg ha<sup>-1</sup> in accessions 15-288 to more than 4600 kg ha<sup>-1</sup> in accession 15-192.

Mean comparisons of leaf water status indices grouped the accessions alike grain yield. Based on these traits, the accessions 15-49, Ukrainian, 15-223, Ferdous (91) and native Birjand, which had high grain yield, and also high relative water content (RWC) were identified as salinity tolerant. Correlation analysis showed significant correlation coefficients between grain yield and dry forage yield ( $r = 0.729$ ,  $p < 0.01$ ). This finding is in accordance with reported result by Yazdizadeh *et al.*, (2020). There was significant correlation coefficients between salinity tolerance score and days to maturity.

Biplot based on the two first factors of factor analysis identified the superior accessions, which had salinity tolerance and high grain and dry forage yields. When grain yield-RWC biplot or grain yield- salinity tolerance score biplot were drawn, the results were alike. Cluster analysis also showed similar results.

In conclusion, accessions 15-49, 15-23, 15-223, Ferdous (91) and Birjand landrace were identified as salinity tolerant. These accessions can be used for development of salinity toerant germplasm in that national common millet breeding program.

## References

- Abbasi, M.R. Amirabadizadeh, H., Nakhaei, A., [...], Beheshti, A., Pourpayghambar, M. and Mehrani, A. 2024. Seed collection and evaluation of Iranian millets genetic resources. *Iranian Journal of Seed Sciences and Research*, 11(1), pp.1-14 (in Persian). DOI: 10.22124/jms.2024.8035.
- Alizadeh Bonab, G., Ghasemi, G.K. and Taghizadeh, S. 2007. Investigation of salinity and temperature effects on germination, seedling growth and ion relation of *Panicum miliaceum*. *Pazhouhesh va Sazandegi*, 74, pp.115-122. (in Persian).
- Kafi, M., Zamani, Gh. and Ghoraiishi, S.Gh. 2009. Relative salt tolerance of south Khorasan millets. *Desert*, 14(1), 63-70.
- Smart, R.E. and Bingham, G.E. 1974. Rapid estimates of relative water content. *Plant physiology*, 53(2), pp.258-260.
- Yazdizadeh, M., Fahmideh, L., Mohammadi-Nejad, G., Solouki, M. and Nakhoda, B. 2020. Association analysis between agronomic traits and AFLP markers in a wide germplasm of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) under normal and salinity stress conditions. *BMC Plant Biology*, 20(1), e427. DOI: 10.1186/s12870-020-02639-2

\*Corresponding author: m.abbasi@areeo.ac.ir

Tel.: +98513871012

Received: 10 May 2025

Accepted: 22 July 2025



2025© Seed and Plant. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.