اثر شوری بر جوانه‌زنی و ارتباط آن با وضعیت رشد رویشی ژنوتیپ‌های *Bromus danthoniae* از مناطق شور و غیر شور ایران

معصومه رضایی[۱]، احمد ارزانی[۲*]، قدرت‌اله سعیدی[۲] و فاطمه حاجی‌هادی‌ریسه[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۲/۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۵/۷)

چکیده

گونه *Bromus danthoniae* Trin. گراس مرتعی، بومی اقلیم‌های سخت بیابانی و از منابع ژنتیکی مهم متحمل به تنش‌های محیطی به‌ویژه شوری محسوب می‌شود. در مطالعه حاضر ۲۴ ژنوتیپ جمع‌آوری شده از استان‌های ایلام، کردستان، کرمانشاه (مناطق غیر شور) و آذربایجان غربی (منطقه شور سواحل دریاچه ارومیه)، در مرحله جوانه‌زنی و تیمارهای شوری با غلظت‌های ۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰، ۲۴۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم مورد بررسی قرار گرفت. صفات درصد جوانه‌زنی، شاخص سرعت جوانه‌زنی، بنیه بذر، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن تر و وزن خشک گیاهچه اندازه‌گیری شد. در ضمن رابطه جوانه‌زنی و زنده ماندن بوته‌ها (٪) پس از چهار هفته اعمال تنش شوری ۳۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم در مرحله رشد رویشی اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که شوری اثر بسیار معنی‌دار و کاهنده برای کلیه صفات داشت. همچنین اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ با شوری نیز بسیار معنی‌دار بود. ژنوتیپ‌های USLN3 و KER4 به‌ترتیب با ۱۳٪ و ۹۸٪ کاهش جوانه‌زنی در شرایط تنش ۳۰۰ میلی‌مولار، به‌ترتیب کمترین و بیشترین تأثیر را از تنش شوری داشتند. براساس نتایج تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌ها در سه گروه قرار گرفتند، گروه اول شامل ژنوتیپ‌های متحمل، متعلق به مناطق شور، گروه دوم شامل ژنوتیپ‌های حساس متعلق به مناطق غیر شور و گروه سوم شامل ترکیبی از ژنوتیپ‌های مناطق مختلف بود. رابطه معنی‌داری بین جوانه‌زنی و صفت زنده ماندن گیاه در مرحله رشد رویشی تحت تنش شوری مشاهده نشد که نشان‌دهنده مکانیسم‌های متفاوت درگیر در تحمل به تنش شوری در مرحله گیاهچه و رشد رویشی در گونه *B. danthoniae* می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: انتخاب طبیعی، تحمل، تنش شوری، مرتع، هالوفیت

۱، ۲ و ۳. به‌ترتیب دانشجوی دکتری، استادان و دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: a_arzani@cc.iut.ac.ir

مقدمه

شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیر زیستی در سراسر جهان است که عملکرد محصولات و بهره‌وری مراتع را به‌شدت تهدید می‌کند و از طرفی اصلاح تحمل به شوری در گونه‌های زراعی و مرتعی به‌طور مستقیم به وجود و شناسایی منابع ژنتیکی تحمل و استفاده از روش‌های کارآمد برای ارزیابی تحمل به شوری وابسته است (۶). گونه مرتعی هالوفیت *Bromus danthoniae* Trin. از جمله معدود گراس‌های قادر به رشد در سواحل شور دریاچه ارومیه بوده (۲۷) و خویشاوند نزدیک گیاه مدل *Brachypodium distachyon* است.

بدون تردید یکی از حساس‌ترین مراحل رشدی گیاه نسبت به تنش شوری، مرحله جوانه‌زنی است (۱۴) به این علت که این مرحله مبنای استقرار اولیه گیاه است و در عملکرد نهایی تأثیر زیادی دارد و وقوع تنش در این مرحله می‌تواند برای گیاه عواقب جبران‌ناپذیری داشته باشد (۲۶). تنش شوری از طریق کاهش پتانسیل آب (تنش اسمزی)، تجمع یون‌های سدیم و کلر (سمیت یونی)، خسارت گروه‌های اکسیژن فعال و برهم زدن تعادل یون‌های غذایی در محیط ریشه موجب اختلال در رشد و نمو گیاه می‌شود (۶ و ۷).

گونه *B. danthoniae*. یک گونه گراس مرتعی یک‌ساله، ویژه مناطق استپی و بیابانهای صخره‌ای بوده و به‌لحاظ سازگاری گسترده آن به شرایط محیطی سخت از غرب مدیترانه تا هیمالیا گسترش پیدا کرده است (۱۶). این گیاه به‌خوبی در دامنه‌های خشک کوهستانی و اقلیم‌های سخت بیابان رشد می‌کند و با تنش‌های محیطی مانند دما (سرما یا گرما)، خشکی و شوری سازگار شده و بنابراین از منابع ژنتیکی مهم تحمل به تنش‌ها به‌ویژه تنش شوری محسوب شده است و نیز اساس بررسی نحوه سازش بسیاری از گونه‌ها در خاک‌های شور را فراهم می‌نماید (۵ و ۲۷).

در شرایط تنش شوری گیاهان مختلف براساس نوع گیاه و میزان حساسیت، مکانیسم‌های پیچیده و متفاوتی را برای مقابله با اثرات تنش اسمزی و سمیت یونی به‌کار می‌گیرند. مثلاً در گیاهان حساس به شوری افزایش غلظت یون سدیم در سیتوپلاسم سلول‌ها موجب خسارت شدید سلولی می‌شود، درحالی‌که در گیاهان متحمل، هدایت و تجمع یون‌های مضر به درون واکوئول و یا اندام‌های غیر فعال گیاه و یا خروج این یون‌ها از دیواره سلولی و بافت‌های گیاهی (ریشه یا برگ) صورت گرفته و نیز خسارات ناشی از تنش از طریق مدیریت تجمع یون‌ها در گیاه کاهش می‌یابد (۲۴ و ۲۹). تا کنون مطالعات متعددی روی اثر تنش شوری بر جوانه‌زنی بذور گیاهان مختلف به‌ویژه گراس‌ها انجام شده و بر تأثیرپذیری متفاوت این گونه‌ها تأکید شده است (۵ و ۱۸). اما با وجود اهمیت گونه *B. danthoniae* در تولید پایدار مراتع و نیز با توجه به انطباق زیست‌محیطی بالا و نقش آن در جلوگیری از فرسایش خاک، بازیابی مراتع و بیابان‌زدایی، تاکنون اطلاعات اندکی در مورد تحمل به شوری در این گونه به‌ویژه در مرحله جوانه‌زنی وجود دارد. اگرچه گزارش‌هایی روی اثرات شوری بر جوانه‌زنی و رشد رویشی سایر گونه‌های بروموس، از جمله *Bromus tectorum* L. (۲۵) و *Bromus inermis* (۲۸ و ۲۹) موجود می‌باشد.

در مطالعه حاضر ژنوتیپ‌های جمع‌آوری شده گونه *B. danthoniae* از نواحی غرب ایران شامل استان‌های ایلام، کردستان، کرمانشاه و آذربایجان غربی مورد بررسی قرار می‌گیرد. این پراکنش در مناطق مختلف اقلیمی نشان‌دهنده تنوع ژرم‌پلاسم جمع‌آوری شده از نظر سازگاری به تنش‌های غیر زیستی متفاوت است. به‌ویژه اینکه برخی ژنوتیپ‌های مربوط به استان آذربایجان غربی از حاشیه دریاچه ارومیه و نیز نواحی ساحلی که پس از پسروی آب دریاچه ارومیه به‌وجود آمده است، جمع‌آوری شده و نشان‌دهنده تحمل بسیار بالای این ژنوتیپ‌ها به تنش شوری است. به‌طوری‌که می‌تواند به‌عنوان یک ذخیره ژنتیکی مهم در برنامه‌های به‌نژادی برای افزایش تحمل به شوری گیاهان مرتعی و حتی زراعی مورد استفاده قرار گیرد (۵).

با توجه به اینکه تا کنون مطالعه تأثیر تنش شوری بر

جوانه‌زنی گونه *B. danthoniae* انجام نشده است، هدف از انجام این مطالعه بررسی آثار سطوح مختلف شوری بر جوانه‌زنی بذور جمع‌آوری شده ژنوتیپ‌های مختلف این گونه از مناطق متنوع جغرافیایی غرب ایران بوده است، ضمن اینکه رابطه بین واکنش ژنوتیپ‌ها در مرحله گیاهچه با واکنش آنها در مرحله رشد رویشی تحت تنش شوری مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

مواد ژنتیکی

در این آزمایش تعداد ۲۴ ژنوتیپ گونه *Bromus danthoniae* جمع‌آوری شده از چهار استان غربی ایران شامل استان ایلام (۳ ژنوتیپ)، کردستان (۷ ژنوتیپ)، کرمانشاه (۱ ژنوتیپ) و آذربایجان غربی (۶ ژنوتیپ از سواحل قدیمی دریاچه ارومیه و ۷ ژنوتیپ از سواحل جدید ناشی از پسروی آب دریاچه) استفاده شد. مشخصات جغرافیایی محل‌های جمع‌آوری ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است.

اعمال تیمار شوری

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در اتاقک رشد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه صنعتی اصفهان اجرا شد. فاکتور اول ژنوتیپ (۲۴ ژنوتیپ) و فاکتور دوم شوری با شش سطح شوری نمک طعام (NaCl) با غلظت‌های ۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰، ۲۴۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار (به‌ترتیب تقریباً معادل ۰، ۶، ۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر) استفاده شد. برای ممانعت از تبخیر، دور پتری دیش‌ها با پارافیلم پوشانده شد و در دستگاه ژرمیناتور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با تناوب ۸ ساعت نور و ۱۶ ساعت تاریکی قرار گرفتند (۱۷). بذور با استفاده از هیپوکلریت سدیم ۵٪ به‌مدت ۵ دقیقه ضدعفونی سطحی شده و پس از شست‌وشو با آب مقطر تعداد ۲۰ عدد بذر از هر ژنوتیپ به‌صورت تصادفی در پتری دیش‌های ۹ سانتی‌متری از پیش ضدعفونی شده روی کاغذ صافی کشت شدند. شمارش بذور جوانه زده (بذوری که طول ریشه‌چه در آنها حداقل ۲ میلی‌متر شده باشد) یک روز پس از کشت شروع شده و در روزهای سوم، پنجم، هفتم و نهم پس از کشت تکرار شد و پس از آن صفات مربوط به جوانه‌زنی مانند طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و وزن تر گیاهچه اندازه‌گیری شد. سپس گیاهچه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه در آون قرار گرفت تا وزن خشک گیاهچه‌ها اندازه‌گیری شود. همچنین شاخص‌هایی مانند درصد جوانه‌زنی، شاخص سرعت جوانه‌زنی، بنیه بذر (براساس روابط زیر) و نسبت وزن خشک به وزن تر گیاهچه محاسبه شد.

$$GP= Ni/Ns\times100 \quad (۱)$$

در این رابطه درصد جوانه‌زنی (GP) برابر است با نسبت تعداد کل بذرهای جوانه زده در روزهای شمارش (Ni) به تعداد بذر کشت شده (Ns) (۱۵).

$$GRI= \sum(Ni/Ti) \quad (۲)$$

در این رابطه شاخص سرعت جوانه‌زنی (GRI) برابر است با مجموع تعداد بذر جوانه زده در روز iام (Ni) به تعداد روز تا شمارش iام (Ti) (۱۵).

$$SV = (SL + RL) \times GP \quad (۳)$$

در این رابطه بنیه بذر (SV) برابر است با حاصل ضرب مجموع طول ریشه‌چه (RL) و ساقه‌چه (SL)، در درصد جوانه‌زنی (GP) (۱) .

تجزیه و تحلیل داده‌ها

آزمون نرمال بودن داده‌ها با استفاده از تست کولموگروف – اسمیرنوف انجام شد و برای صفات مختلف، در صورت نیاز تبدیل زاویه‌ای داده‌ها انجام شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS صورت گرفت و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار EXCEL استفاده شد و گروه‌بندی دو بعدی ژنوتیپ‌ها با استفاده از نرم‌افزار JMP 11 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها به روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) صورت پذیرفت. به‌منظور ارزیابی ارتباط بین تحمل به

جدول ۱. مشخصات جغرافیایی محل‌های جمع‌آوری ژنوتیپ‌های *Bromus danthoniae*

محل جمع‌آوری	تعداد ژنوتیپ	نام ژنوتیپ	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع (متر)
آذربایجان غربی (ساحل دریاچه ارومیه)	۳	USLN2, USLN3, USLN4	۳۷° ۱۱‘	۴۵° ۲۱‘	۱۲۹۲
آذربایجان غربی (ساحل دریاچه ارومیه)	۳	USLN19, USLN22, USLN23	۳۲° ۲۱‘	۴۵° ۱۷‘	۱۲۹۵
آذربایجان غربی (ساحل دریاچه ارومیه)	۱	USLN12	۳۷° ۵۷‘	۴۵° ۲۸‘	۱۳۰۵
آذربایجان غربی (حاشیه دریاچه ارومیه)	۳	USL14, USL15, USL19	۳۷° ۱۱‘	۴۵° ۲۱‘	۱۲۸۷
آذربایجان غربی (حاشیه دریاچه ارومیه)	۲	USL2, USL3	۳۶° ۴۸‘	۴۵° ۴۵‘	۱۳۳۴
آذربایجان غربی (حاشیه دریاچه ارومیه)	۱	USL25	۳۶° ۴۶‘	۴۵° ۵۰‘	۱۷۳۷
کرمانشاه – جاده حمیل	۱	KER4	۳۳° ۵۰‘	۴۶° ۴۳‘	۱۲۴۵
ایلام – ایلام	۲	IL1, IL5	۳۳° ۳۹‘	۴۶° ۲۸‘	۱۹۲۶
ایلام – ایوان	۱	IL9	۳۳° ۵۱‘	۴۶° ۱۵‘	۱۱۱۳
کردستان – ۲۵ کیلومتری کامیاران	۴	KUR6, KUR8, KUR9, KUR10	۳۴° ۵۹‘	۴۶° ۵۷‘	۱۳۸۱
کردستان – سنندج	۱	KUR4	۳۵° ۲۳‘	۴۶° ۴۹‘	۱۸۵۶
کردستان – مریوان	۲	KUR11, KUR14	۳۵° ۳۶‘	۴۶° ۰۱‘	۱۳۰۲

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس صفات مربوط به جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه تحت تیمار شوری در ژنوتیپ‌های *Bromus danthoniae*

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن تر گیاهچه	وزن خشک گیاهچه	وزن تر به وزن خشک	بنیه بذر
ژنوتیپ	۲۳	۰/۱۶**	۴/۴**	۰/۹۰**	۰/۹۶**	۰/۰۷**	۰/۰۲**	۰/۱۱**	۲۱/۸**
سطح شوری	۵	۳/۲۱**	۲۴/۷**	۴۸**	۸۷/۳**	۲/۸۶**	۰/۴۷**	۲/۴۲**	۷۳۲**
ژنوتیپ × سطح شوری	۱۱۵	۰/۰۴*	۰/۳۱*	۰/۲۲**	۰/۵۲**	۰/۰۲**	۰/۰۰۴**	۰/۰۳**	۴/۲۴**
اشتباه آزمایشی	۲۸۸	۰/۰۳	۰/۲۲	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۱/۰۳
ضریب تغییرات (٪)		۲۲/۹	۲۷	۲۸	۲۹	۲۶	۳۲	۴۵	۳۱/۶

*و**: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

تنش در مرحله جوانه‌زنی و رشد رویشی این ژنوتیپ‌ها، از داده‌های مربوط به درصد زنده ماندن بوته‌ها تحت تنش ۳۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، ارائه شده در جدول Supplementary table 1 در مطالعه رضایی و همکاران (۲۰۱۷) استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها برای همه صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌دار ($p < 0.01$) وجود داشته است (جدول ۲). تیمارهای مختلف شوری نیز تأثیر بسیار معنی‌داری بر صفات جوانه‌زنی و گیاهچه ($p < 0.01$)

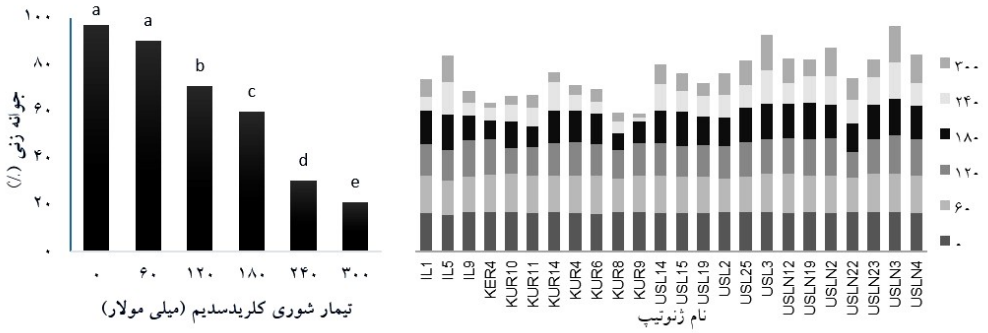
ژنوتیپ‌های مورد مطالعه داشته است. ضمن‌اینکه نتایج نشان داد اثر متقابل ژنوتیپ × شوری نیز بسیار معنی‌دار بوده است. معنی‌دار شدن اثر متقابل بین ژنوتیپ و تیمار در این آزمایش حاکی از تأثیرپذیری متفاوت ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از سطوح مختلف شوری بوده (۱۹) و نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی کافی در این ژنوتیپ‌هاست که امکان انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل و حساس را فراهم می‌کند.

شکل ۱ و ۲ تأثیر سطوح مختلف تنش شوری را بر میانگین ژنوتیپ‌ها برای صفات درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی و همچنین تفاوت ژنوتیپ‌ها را براساس نمودار تجمعی این صفات در سطوح مختلف تنش نشان می‌دهد. با توجه به این دو شکل، اگرچه با افزایش تیمار شوری میانگین برای این دو صفت کاهش داشته است، اما مقدار میانگین این صفات تحت تنش ۶۰ میلی‌مولار کلرید سدیم تفاوت معنی داری با شرایط شاهد (۰ میلی‌مولار) نداشته و این مقدار تنش تأثیر زیادی بر درصد جوانه‌زنی و شاخص سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های *B. danthoniae* نداشته است. اما سطوح بالاتر تنش میانگین این دو صفت را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. نتایج مشابهی نیز برای *B. inermis* گزارش شده است، به‌طوری‌که بذور این گیاه تا تنش ۲۰ میلی‌مولار شوری کاهش معنی‌داری در درصد جوانه‌زنی نشان ندادند (۳۰).

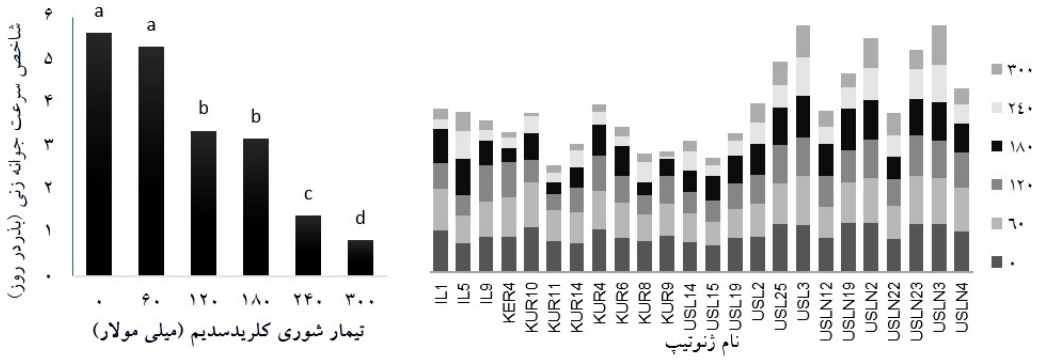
مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها برای صفات درصد و شاخص سرعت جوانه‌زنی در شرایط ۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم در جدول ۳ آورده شده است. بر این اساس ژنوتیپ‌های USLN3 و KER4 به‌ترتیب با ۱۳ و ۹۸ درصد کاهش جوانه‌زنی در شرایط تنش ۳۰۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد، کمترین و بیشترین تأثیر را از تنش شوری گرفته‌اند. همچنین ژنوتیپ‌های USLN3 و KUR10 به‌ترتیب با ۳۱ و ۹۹ درصد، کمترین و بیشترین کاهش را در شاخص سرعت جوانه‌زنی به خود اختصاص داده‌اند. در نظر گرفتن هم‌زمان نتایج حاصل از شکل‌های ۱و ۲ و جدول ۳ نشان می‌دهد میزان کاهش مقادیر برای هر صفت در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت است، به‌طوری‌که عموماً ژنوتیپ‌های دارای کد USL (جمع‌آوری شده از حاشیه دریاچه ارومیه) و USLN (جمع‌آوری شده از سواحل جدید دریاچه ارومیه) در سطوح بالاتر تنش، بیشترین مقادیر را برای هر دو صفت داشته‌اند که نشان‌دهنده کمترین میزان کاهش برای این صفات در شرایط تنش شدید بوده و حاکی از تحمل بالاتر این ژنوتیپ‌ها در مقایسه با ژنوتیپ‌های جمع‌آوری شده از سایر نواحی غربی ایران می‌باشد.

مقایسه درصد تغییرات برای دو صفت درصد و سرعت جوانه‌زنی بیانگر این است که در ژنوتیپ‌های *B. danthoniae* مورد مطالعه، به‌طورکلی تیمار شوری اثر کاهشی بیشتری بر سرعت جوانه‌زنی نسبت به درصد جوانه‌زنی داشته است. در این زمینه نتایج متفاوت و متناقضی برای دیگر گونه‌های گیاهی مطرح شده است. به‌عنوان مثال حساسیت بیشتر سرعت جوانه‌زنی نسبت به درصد جوانه‌زنی تحت تنش شوری در Turfgrass (۳۲) و گندم گزارش شده است، به‌طوری‌که در گندم در بررسی سطوح ۰ تا ۱۵۰ میلی‌مولار نمک طعام کاهش سرعت جوانه‌زنی از تیمار ۱۲۵ میلی‌مولار آغاز شد، درحالی‌که آغاز کاهش در سرعت جوانه‌زنی از تیمار ۷۵ میلی‌مولار بوده است (۹)؛ اما در سایر گونه‌های گراس نتایج متفاوتی منتشر شده است (۱۸). با وجودی‌که حساسیت مرحله جوانه‌زنی نسبت به تنش شوری حتی در گیاهان هالوفیت (شورپسند) نیز گزارش شده است، اما سرعت بالای جوانه‌زنی یک ویژگی اساسی برای گیاهانی است که سازگار به مناطق تحت شرایط تنش شوری هستند و لازم است بلافاصله پس از کاهش غلظت نمک در خاک که پس از وقوع بارندگی رخ می‌دهد، فرایند جوانه‌زنی و استقرار گیاه را کامل کنند (۱۰).

تنش شوری در اولین مرحله از تأثیر بر فعالیت‌های گیاهی از طریق تنش اسمزی عمل می‌کند، به‌طوری‌که ابتدا جذب آب جنین را مختل کرده و باعث تأخیر یا ممانعت در جوانه‌زنی می‌شود (۱۳). از طرف دیگر تنش شوری در طی مراحل جوانه‌زنی باعث مختل شدن واکنش‌های بیوشیمیایی سلول و فعالیت‌های آنزیمی به‌ویژه آنزیم‌های آمیلاز و گلوکوزیداز



شکل ۱. تأثیر سطوح مختلف تنش شوری بر میانگین ژنوتیپ‌های *Bromus danthoniae* برای صفت درصد جوانه‌زنی و تفاوت ژنوتیپ‌ها براساس نمودار تجمعی آن صفت. حروف مشابه روی ستون‌ها نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون LSD می‌باشد.



شکل ۲. تأثیر سطوح مختلف تنش شوری بر میانگین ژنوتیپ‌های *Bromus danthoniae* برای صفت شاخص سرعت جوانه‌زنی و تفاوت ژنوتیپ‌ها براساس نمودار تجمعی آن صفت. حروف مشابه روی ستون‌ها نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون LSD می‌باشد.

می‌شود. این آنزیم‌ها در هیدرولیز مواد نشاسته‌ای ذخیره شده در بذر و تولید انرژی لازم برای سایر فرایندهای متابولیکی سلول نقش دارند (۲۲). علاوه بر این تنش شوری موجب تغییر در وضعیت هورمونی جنین و تولید آبسیزیک اسید (ABA) شده که از طریق القای خواب و تحمل خشک شدن بذر و ممانعت از نمو جنین و انتقال به رشد رویشی، تأثیر اساسی بر پاسخ به تنش اسمزی در مرحله جوانه‌زنی دارد (۱۱).

نتایج نشان داد ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری از نظر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه داشته و تنش شوری تأثیر کاهشی معنی‌داری بر این دو صفت داشته است. ضمن اینکه سطح ۱۲۰ میلی‌مولار کلریدسدیم موجب کاهش شدید میانگین ژنوتیپ‌ها از نظر این دو صفت، نسبت به سطح قبل خود شده است. مقادیر مربوط به این صفات در سطح ۱۸۰ میلی‌مولار بسیار کم و در سطوح ۲۴۰ و ۳۰۰ برای صفت طول

جدول ۳. مقایسه میانگین برای صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی در ژنوتیپ‌های *Bromus danthoniae* تحت شرایط صفر و ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم

کد ژنوتیپ	درصد جوانه‌زنی			سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز)		
	۰ میلی‌مولار	۳۰۰ میلی‌مولار	میزان تغییر (٪)	۰ میلی‌مولار	۳۰۰ میلی‌مولار	میزان تغییر (٪)
IL1	۹۳/۲۷ ab	۱۹/۳۴b-h	۷۹	۶/۷۳a-d	۰/۴۸d-h	۹۳
IL5	۸۴/۶۶a	۴۶/۵۴a-d	۴۵	۳/۳fg	۱/۴۶b-g	۵۶
IL9	۱۰۰a	۸/۶۳d-h	۹۱	۴/۷۸c-f	۰/۳۹d-h	۹۲
KER4	۱۰۰ a	۱/۳۹h	۹۸	۴/۹۱c-f	۰/۱۱gh	۹۸
KUR10	۱۰۰ a	۴/۴۴gh	۹۵	۸/۰۱ab	۰/۰۶h	۹۹
KUR11	۹۶/۶۱ a	۱۰/۷۱c-h	۸۸	۳/۷۵fg	۰/۲۳e-h	۹۴
KUR14	۱۰۰ a	۶/۴۸e-h	۹۳	۳/۳۴abc	۰/۱۲fgh	۹۶
KUR4	۹۳/۲۷ ab	۶/۴۸e-h	۹۳	۶/۹۹c-g	۰/۱۹fgh	۹۷
KUR6	۹۱/۸۱ ab	۱۰/۴۷d-h	۸۸	۴/۶c-g	۰/۳۹d-h	۹۱
KUR8	۱۰۰ a	۵/۶۲f-h	۹۴	۳/۷۸fg	۰/۲۳e-h	۹۴
KUR9	۱۰۰ a	۱/۱۱h	۹۸	۵/۰۸c-f	۰/۱۱gh	۹۸
USL14	۹۵/۱۱ a	۲۳/۷b-h	۷۴	۳/۳۵fg	۰/۴۵d-h	۸۷
USL15	۹۴/۲۸ a	۲۰/۲۷b-h	۷۸	۲/۷g	۰/۲۶e-h	۹۰
USL19	۹۵/۱۱ a	۱۰/۸۴c-h	۸۸	۴/۴۵d-g	۰/۲۲e-h	۹۵
USL2	۱۰۰ a	۲۹/۸۳a-g	۷۰	۴/۸۶c-f	۱/۳۴b-h	۷۲
USL25	۱۰۰ a	۳۹/۵۸a-f	۶۰	۹/۲۲a	۲/۳bcd	۷۵
USL3	۱۰۰ a	۷۹/۸a	۲۰	۸/۶۸ab	۳/۹۷ab	۵۴
USLN12	۹۶/۶۱ a	۴۰/۴۱a-d	۵۸	۴/۵۴c-g	۱/۰۷c-h	۷۶
USLN19	۱۰۰ a	۱۹/۱b-h	۸۱	۹/۳۸a	۰/۷۸d-h	۹۱
USLN2	۹۶/۶۱ a	۵۲/۶۲ab	۴۵	۹/۲۷a	۳/۵abc	۶۲
USLN22	۱۰۰ a	۲۹/۵۷a-g	۷۰	۴/۱۷efg	۱/۹۳b-e	۵۴
USLN23	۱۰۰ a	۲۱/۳b-h	۷۸	۹/۲۲a	۱/۵۸b-f	۸۳
USLN3	۱۰۰ a	۸۶/۴۲a	۱۳	۸/۸۵ab	۶/۱۳a	۳۱
USLN4	۹۳/۰۸ ab	۵۱/۹۸abc	۴۴	۶/۲۷b-e	۱/۰۴c-h	۸۳

حروف مشابه در هر صفت نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون LSD می‌باشد.

ریشه‌چه نزدیک به صفر و برای صفت طول ساقه‌چه تقریباً صفر است (داده‌ها ارائه نشده است). از طرفی دیگر مقایسه ژنوتیپ‌های جمع‌آوری شده از سواحل و حواشی دریاچه ارومیه با سایر ژنوتیپ‌ها نشان داد که این ژنوتیپ‌ها دارای بیشترین مقادیر از نظر صفات طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در سطوح بالای تنش بودند. نتایج مشابهی دال بر تأثیرپذیری متفاوت صفات طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه بر اثر تیمار شوری در بوفالوگراس (*Buchloe dactyloides*) و

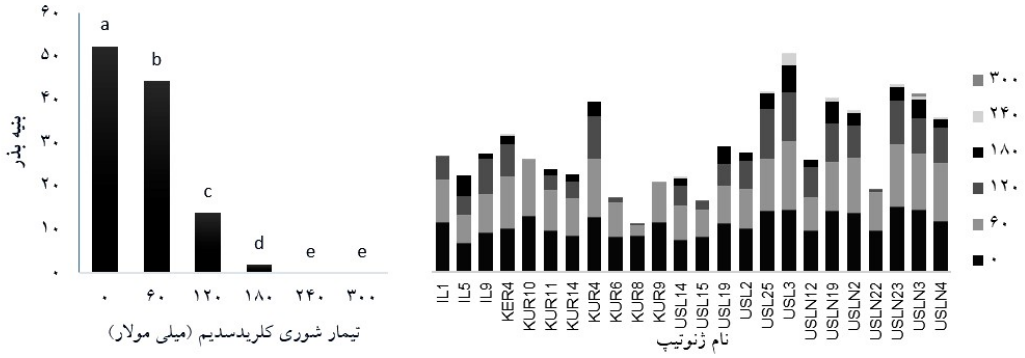
گونه *Bouteloua gracilis* گزارش شده است (۳۳).

تأثیر سطوح مختلف تنش شوری بر میانگین ژنوتیپ‌ها برای صفت بنیه بذر و همچنین تفاوت ژنوتیپ‌ها براساس نمودار تجمعی این صفات در سطوح مختلف تنش در شکل ۳ نشان داده شده است. بر این اساس اگرچه افزایش سطح شوری اثر معنی‌داری بر بنیه بذور داشته، تیمار ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl بیشترین کاهش را نسبت به سطح قبل در این ژنوتیپ‌ها برای این صفت در پی داشته است. به‌طوری‌که در ژنوتیپ‌های حساس به شوری که عمدتاً از نواحی غرب ایران جمع‌آوری شده‌اند به‌ویژه نمونه‌های مربوط به استان کردستان مانند KUR8، KUR9 و KUR10 مقدار این صفت به صفر رسیده است. از طرف دیگر بین تیمارهای ۲۴۰ و۳۰۰ میلی‌مولار نمک اختلاف معنی‌داری بین میانگین ژنوتیپ‌ها وجود ندارد چرا که در تیمار ۲۴۰ میلی مولار به غیر از برخی ژنوتیپ‌های جمع‌آوری شده از سواحل دریاچه ارومیه (USLN2، USLN3، USLN19 و USLN23) و یک ژنوتیپ از حاشیه دریاچه (USL3) برای سایر ژنوتیپ‌ها مقدار این صفت به صفر رسیده است و در تیمار ۳۰۰ میلی‌مولار تنها ژنوتیپ USLN3 مقدار غیر صفر دارد. با توجه به این که طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه صفات تعیین کننده در محاسبه شاخص بنیه بذر بوده و ژنوتیپ‌های مختلف تأثیرات متفاوتی را برای این دو صفت در تیمارهای مختلف شوری گرفته‌اند، بنابراین تفاوت نسبتاً شدید بین ژنوتیپ‌ها در این شاخص به‌دلیل اثر تصاعدی دو صفت قابل انتظار خواهد بود.

شکل ۴، تأثیر سطوح مختلف تنش شوری بر میانگین ژنوتیپ‌های *Bromus danthoniae* برای سه صفت وزن تر، وزن خشک و نسبت این دو صفت و تفاوت ژنوتیپ‌ها براساس نمودار تجمعی آن صفات را در سطوح مختلف تنش نشان می‌دهد. با توجه به این شکل، اگرچه با افزایش تیمار شوری میانگین برای این صفات کاهش داشته است، اما اعمال تنش ۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم موجب بیشترین مقدار کاهش میانگین برای صفات وزن تر و و وزن خشک نسبت به سطح قبل خود شده است. از طرف دیگر مقادیر مربوط به نمودارهای تجمعی این صفات در ژنوتیپ‌های مختلف حاکی از این است که ژنوتیپ‌های دارای کد USL و USLN (جمع‌آوری شده از سواحل و حواشی دریاچه ارومیه)، عمدتاً مقادیر بالاتری را از نظر این صفات در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها به خود اختصاص داده‌اند.

نتایج گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس درصد جوانه‌زنی و شاخص سرعت جوانه‌زنی در سطوح مختلف شوری با روش گروه‌بندی دو بعدی، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را به سه گروه متمایز تفکیک کرد (شکل ۵). گروه اول شامل متحمل‌ترین ژنوتیپ‌هاست که عمدتاً شامل نمونه‌های جمع‌آوری شده از سواحل و حواشی دریاچه ارومیه (۴ ژنوتیپ از سواحل دریاچه ارومیه شامل USLN2، USLN3، USLN19، USLN23 و دو ژنوتیپ از حواشی دریاچه ارومیه شامل USL3, USL25) بوده و گروه دوم حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها هستند که فقط شامل ژنوتیپ‌های جمع‌آوری شده از غرب ایران است (دو نمونه از کردستان KUR8, KUR9، یک نمونه از کرمانشاه KER4 و یک نمونه از ایلام IL9) و گروه سوم ژنوتیپ‌های با تحمل متوسط است که ترکیبی از نمونه‌های غرب و شمال غرب کشور را در خود جای داده است. توجه به صفات متمایز کننده گروه‌ها نشان‌دهنده این است که درصد جوانه‌زنی و شاخص سرعت جوانه‌زنی در سطوح بالای تنش بیشترین نقش را در تفکیک و تمایز گروه‌ها ایفا کرده است.

با توجه به نتایج به‌دست آمده ژنوتیپ‌های منشأ گرفته از نواحی ساحلی دریاچه ارومیه به‌طورکلی تحمل بیشتری نسبت به تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی در مقایسه با ژنوتیپ‌های جمع‌آوری شده از سایر نقاط نشان دادند. در تأیید این نتایج، ناز و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند در گراس بیابانی *Sporobolus ioclados* ژنوتیپ‌های گیاهی منشأ گرفته از مناطق بسیار شور در مقایسه با مناطق با شوری کمتر تحمل بالاتری در مرحله جوانه‌زنی نشان دادند. نتایج مشابهی در سایر گونه‌های گیاهی نظیر *Ambrosia artemisiifolia* (۱۲) و



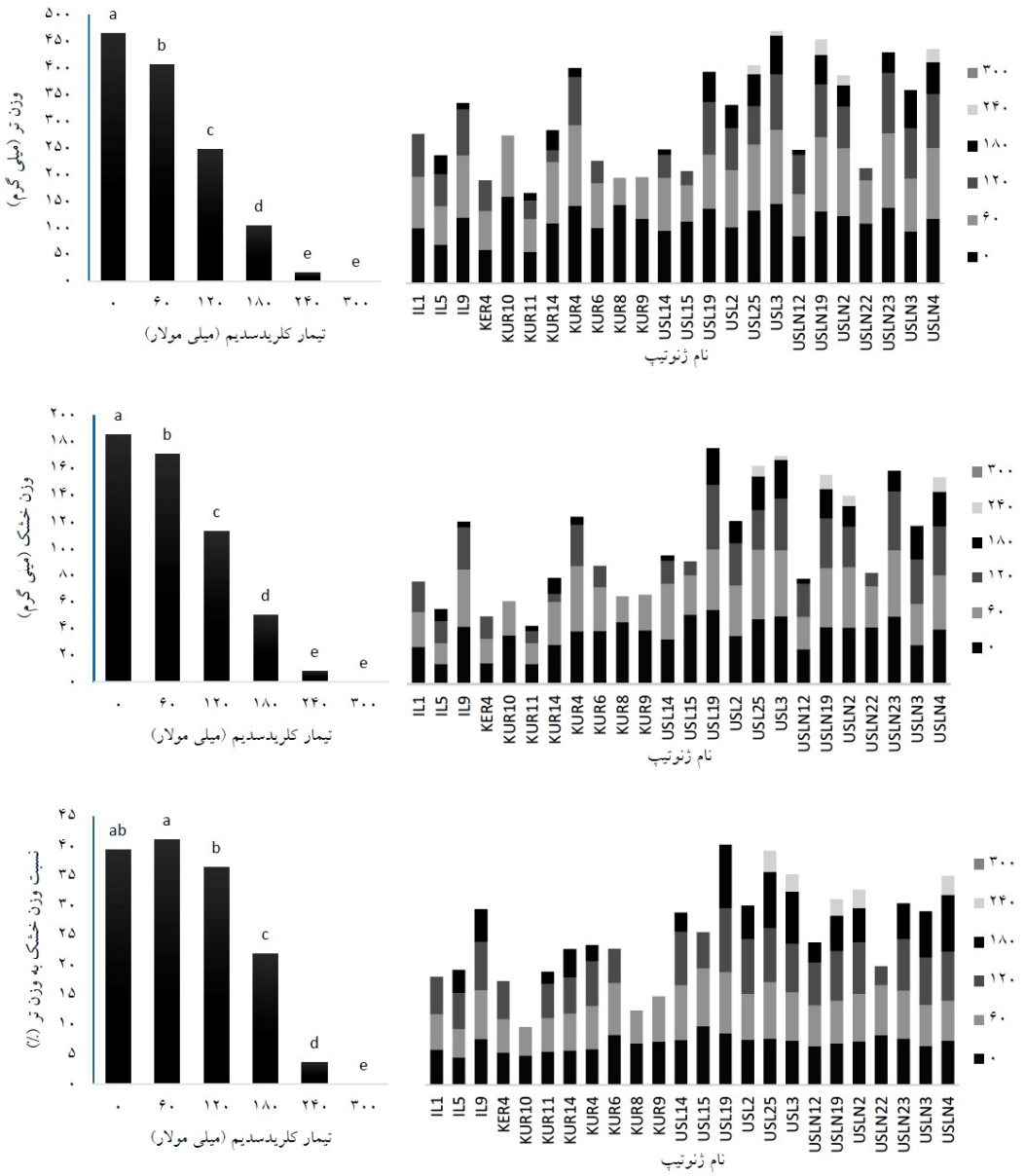
شکل ۳. تأثیر سطوح مختلف تنش شوری بر میانگین ژنوتیپ‌های *Bromus danthoniae* برای صفت بنیه بذر و تفاوت ژنوتیپ‌ها براساس نمودار تجمعی آن صفت. حروف مشابه روی ستون‌ها نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون LSD می‌باشد.

Medicago truncatula (۸) گزارش شده است. از آنجا که تنش شوری می‌تواند طی سالیان متمادی از طریق انتخاب طبیعی، پتانسیل تحمل ژنتیکی جمعیت‌های گیاهی در منطقه تحت تنش را افزایش داده و بروز پاسخ‌های بسیار متنوعی در گیاهان را به‌دنبال داشته باشد (۲۰)؛ این پاسخ‌ها در واقع مؤلفه‌های سازگاری در گونه‌های گیاهی و یا جمعیت‌های مختلف یک گونه بوده و با تثبیت شدن در ساختار ژنتیکی گیاه، در نهایت موجب ایجاد ژنوتیپ‌ها و یا جمعیت‌های سازگار با شرایط تنش در گیاهان خواهد شد (۲۳).

بررسی رابطه بین درصد جوانه‌زنی بذور در شرایط تنش (۳۰۰ میلی‌مولار) و تحمل گیاه در مرحله رشد رویشی تحت شرایط تنش (۳۵۰ میلی‌مولار) در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه *B. danthoniae* از طریق محاسبه ضریب همبستگی نشان داد، همبستگی مثبت بین این دو صفت از نظر آماری معنی‌دار نبود (شکل ۶). عدم همبستگی تحمل به تنش در مراحل رشدی متفاوت گیاه، پیش از این در مطالعات متعددی چون گندم، گزارش شده است (۳ و ۲۱). با این وجود در مطالعه حاضر انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش شوری براساس درصد جوانه‌زنی بالا در شرایط تنش در نهایت به شناسایی بوته‌های متحمل در مرحله رشد رویشی منتهی خواهد شد. در تأیید این نتایج ژنوتیپ‌های گراس سوروف (*Echinochloa crusgalli*) که براساس تحمل بالا در مرحله جوانه‌زنی انتخاب شدند در مرحله رشد رویشی نیز تحمل بالایی داشتند؛ چرا که تحمل بالاتر در مرحله جوانه‌زنی، خسارت کمتر و رشد بهتر گیاهچه را به‌دنبال داشته و تحمل شرایط تنش را در فاز رویشی گیاه تسهیل می‌کند (۲).

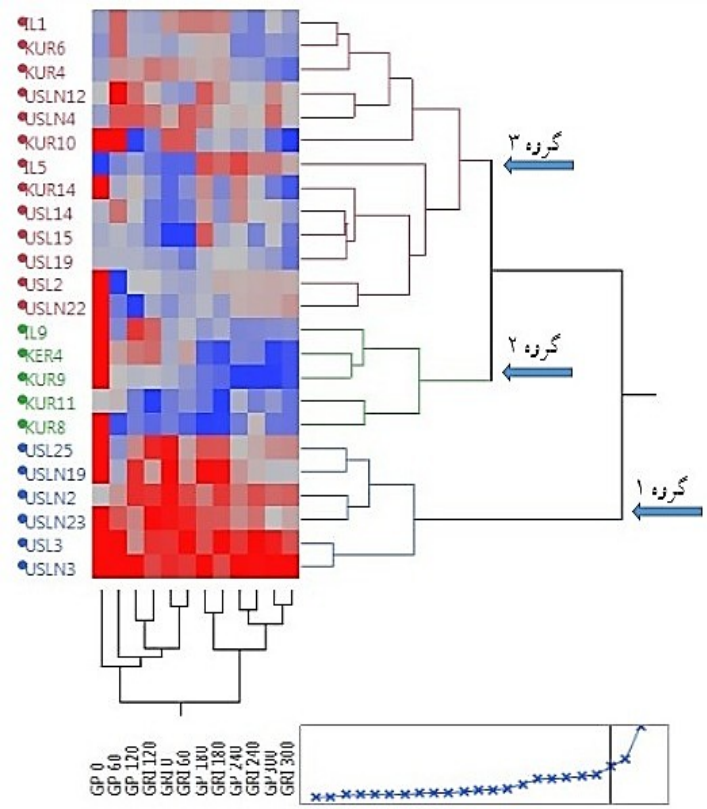
در مطالعه حاضر پراکندگی نقاط در شکل ۶ حاکی از این است که اگرچه ژنوتیپ‌های با درصد جوانه‌زنی بالا در شرایط تنش شدید، در مرحله رشد رویشی نیز تحمل بالایی نشان داده‌اند، اما ژنوتیپ‌های زیادی نیز وجود دارند که علی‌رغم بروز درصد جوانه‌زنی کم تا متوسط (بین ۳۰ تا ۶۰ درصد) در شرایط تنش، در مرحله رشد رویشی تحمل خوبی (بیش از ۸۰٪ زنده ماندن) نشان داده‌اند. در نتیجه به احتمال قوی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از مکانیزم‌های متفاوتی برای تحمل به شوری در دو مرحله رشدی ذکر شده استفاده می‌کنند. تفاوت در مکانیزم‌های تحمل به تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی و رشد رویشی در مطالعات گوناگون اثبات شده است (۲ و ۳۱).

گزارش‌های پیش از این نیز حاکی از واکنش متفاوت ژنوتیپ‌های گیاهی در مراحل مختلف رشدی در مواجه با تنش شوری بوده و در بیشتر گیاهان حساسیت به تنش شوری در

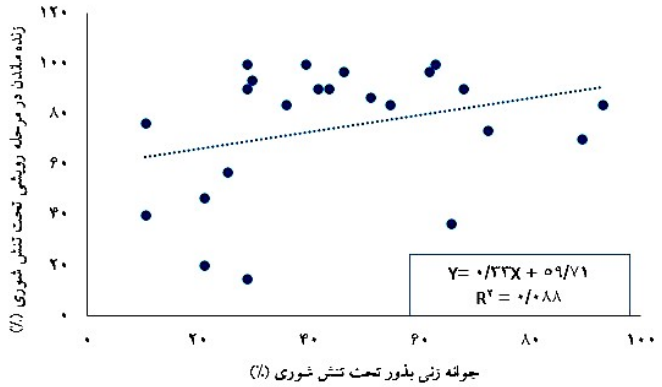


شکل ۴. تأثیر سطوح مختلف تنش شوری بر میانگین ژنوتیپ‌های *Bromus danthoniae* برای سه صفت وزن تر، وزن خشک و نسبت این دو صفت و تفاوت ژنوتیپ‌ها براساس نمودار تجمعی آن صفات. حروف مشابه روی ستون‌ها نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون LSD می‌باشد.

مرحله جوانه‌زنی بیش از سایر مراحل رشدی گیاه گزارش شده است (۴). اگرچه در بعضی گونه‌ها نتایج متناقضی نیز منتشر شده است به‌طوری‌که بنا بر گزارش زنگ وهمکاران (۲۰۱۲) تحمل بوته‌های بالغ نسبت به مرحله جوانه‌زنی در گونه علف بوفالو (*Buchloe dactyloides*) بیشتر بوده اما در گونه چمن آبی (*Bouteloua gracilis*) شرایط برعکس است. بنابراین در



شکل ۵. دندروگرام حاصل از گروه‌بندی ژنوتیپ‌های *Bromus danthoniae* براساس صفت درصد و سرعت جوانه‌زنی در سطوح مختلف شوری با روش کلاسترینگ دو بعدی



شکل ۶. رابطه بین درصد جوانه‌زنی بذور تحت تنش ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم و درصد زنده ماندن بوته‌ها در مرحله رشد رویشی در ۳۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم درژنوتیپ‌های *Bromus danthoniae*

مطالعات تحمل به شوری در گیاهان ارزیابی تحمل در همه مراحل رشدی گیاه ضروری به‌نظر می‌رسد؛ چرا که غربال‌گری یک ژرم‌پلاسم فقط بر پایه تحمل در مرحله جوانه‌زنی نمی‌تواند بر تحمل گیاه در مراحل بعدی رشد دلالت کامل داشته باشد.

در مطالعه حاضر با استفاده از ژنوتیپ‌های ایرانی گونه *B. danthoniae* جمع‌آوری شده از مناطق شور و غیر شور نشان داد تنوع ژنتیکی بالایی بین ژنوتیپ‌های مختلف این گونه از نظر تحمل به شوری در مرحله جوانه‌زنی وجود دارد. خزانه ژنی این گونه وحشی در طی صدها هزار سال انتخاب طبیعی و تکامل تحت شرایط تنش‌های غیر زیستی نظیر خشکی و شوری بالا غنی شده است. بنابراین می‌توان از تنوع قابل توجهی که در ویژگی‌های مختلف درون گونه‌ای جنس مزبور برای ژنوتیپ‌های مناطق غرب و شمال غرب کشور وجود دارد در برنامه‌های مدیریت مراتع و اصلاح گیاهان زراعی به‌ویژه غلات استفاده کرد.

منابع مورد استفاده

1. Abdul-Baki, A. A. and J. D. Anderson. 1973. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop Science* 13: 630-633.
2. Abogadallah, G. M., M. M. Serag, T. M. El-Katouny, and W. P. Quick. 2010. Salt tolerance at germination and vegetative growth involves different mechanisms in barnyard grass (*Echinochloa crusgalli* L.) mutants. *Plant Growth Regulation* 60: 1-12.
3. Almansouri, M., J. M.Kinet and S. Lutts. 2001. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant and Soil* 231: 243-254.
4. Almeida, D. M., M. C. Almadanim, T. Lourenço, I. A. Abreu, N. J. Saibo and M. M. Oliveira. 2016. Screening for abiotic stress tolerance in rice: salt, cold, and drought. *In:* P. Duque (Ed.) *Environmental Responses in Plants: Methods and Protocols* 155-182.
5. Anderson, E. K., T. B. Voigt, S. Kim, D. K. Lee. 2015. Determining effects of sodicity and salinity on switchgrass and prairie cordgrass germination and plant growth. *Industrial Crops and Products* 64: 79-87.
6. Arzani, A. 2008. Improving salinity tolerance in crop plants: a biotechnological view. *In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant* 44: 373–383.
7. Arzani A. and A. Ashraf. 2016. Smart engineering of genetic resources for enhanced salinity tolerance in crop plants. *Critical Reviews in Plant Sciences* 35: 146–189.
8. Cordeiro, M. A., K. S. Moriuchi, T. D. Fotinos, K. E. Miller, S. V. Nuzhdin, E. J. Von Wettberg and D. R. Cook. 2014. Population differentiation for germination and early seedling root growth traits under saline conditions in the annual legume *Medicago truncatula* (Fabaceae). *American Journal of Botany* 101: 488-498.
9. Datta, J. K., S. Nag, A. Banerjee and N. K. Mondal. 2009. Impact of salt stress on five varieties of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under laboratory condition. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management* 13: 93-97.
10. Debez, A., K. Ben Hamed, C. Grignon and C. Abdelly. 2004. Salinity effects on germination, growth and seed production of the halophyte *Cakile maritima*. *Plant and Soil* 262: 179-189.
11. Del Pozo, J. C., M. Lopez Matas, E. Ramirez Parra and C. Gutierrez. 2005. Hormonal control of the plant cell cycle. *Physiologia Plantarum* 123: 173-183.
12. DiTommaso, A. 2004. Germination behavior of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) populations across a range of salinities. *Weed Science* 52: 1002-1009.
13. El-Katony, T. M., A. H. A. F Khedr and N. G. Soliman. 2015. Nutrients alleviate the deleterious effect of salinity on germination and early seedling growth of the psammophytic grass *Elymus farctus*. *Botany* 93: 559-571.
14. Kader, M. A. and S. C. Jutzi. 2004. Effects of thermal and salt treatments during imbibition on germination and seedling growth of sorghum at 42/19˚C. *Journal of Agronomy and Crop Science* 190: 35-38.
15. Kader, M. A., 2005. A comparison of seed germination calculation formulae and the associated interpretation of resulting data. *Journal and Proceeding of the Royal Society of New South Wales* 138: 65–75.
16. Kamari, G., F. Felber and F. Garbari. 1998. Mediterranean chromosome number reports-8. *Flora Mediterranea* 8: 213-313
17. Li, Q., J. Tan, W. Li, G. Yuan, L. Du, S. Ma and J. Wang. 2015. Effects of environmental factors on seed germination and emergence of Japanese brome (*Bromus japonicus*). *Weed Science* 63: 641-646.

18. Ma, H. Y., B. S. Lv, X. W. Li and Z. W. Liang. 2014. Germination Response to Differing Salinity Levels for 18 Grass Species from the Saline-alkaline Grasslands of the Songnen Plain, China. *Pakistan Journal of Botany* 46: 1147-1152.
19. Munir, A., A. Shahzad, M. Iqbal, M. Asif, A. H Hirani. 2013. Morphological and molecular genetic variation in wheat for salinity tolerance at germination and early seedling stage. *Australian Journal of Crop Science* 7: 66-74.
20. Munns, R. and M. Tester. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology* 59:651-681.
21. Munns, R., R. A. James. 2003. Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. *Plant and Soil* 253: 201-218.
22. Muscolo, A., M. R. Panuccio and A.Eshel. 2013. Ecophysiology of *Pennisetum clandestinum*: a valuable salt tolerant grass. *Environmental and Experimental Botany* 92: 55-63.
23. Naz, N., S. Fatima, M. Hameed, M. Naseer, R. Batool, M. Ashraf, F. Ahmad, M. S. A. Ahmad, A. Zahoor and K. S. Ahmad. 2016. Adaptations for salinity tolerance in *Sporobolus ioclados* (Nees ex Trin.) Nees from saline desert. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 223: 46-55.
24. Panta, S., T. Flowers, P. Lane, R. Doyle, G. Haros, S. Shabala. 2014. Halophyte agriculture: success stories. *Environmental and Experimental Botany* 107: 71-83.
25. Rasmuson, K. E. and J. E. Anderson. 2002. Salinity affects development, growth, and photosynthesis in cheatgrass. *Journal of Range Management* 55: 80-87
26. Rauf, M., M. Munir., M. U. Hassan., M. Ahmad and M. Afzal. 2007. Performance of wheat genotypes under osmotic stress at germination and early seedling growth stage. *African Journal of Biotechnology* 6:971-975.
27. Rezaei, M., A. Arzani, G. Saeidi and M. Karami. 2017. Physiology of salinity tolerance in *Bromus danthoniae* genotypes originated from saline and non-saline areas of West Iran. *Crop and Pasture Science* 68: 92-99.
28. Shen, Y. Y., Y. Li and S. G. Yan. 2003. Effects of salinity on germination of six salt-tolerant forage species and their recovery from saline conditions. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 46: 263-269.
29. Tabatabaei, S. and P. Ehsanzadeh. 2016. Comparative response of a hulled and a free-threshing tetraploid wheat to plant growth promoting bacteria and saline irrigation water. *Acta Physiologiae Plantarum* 38: 30.
30. doi:10.1007/s11738-015-2056-8
31. Yang, H., Z. Huang, C. C. Baskin, J. M. Baskin, Z. Cao, X. Zhu, M. Dong. 2009. Responses of caryopsis germination, early seedling growth and ramet clonal growth of *Bromus inermis* to soil salinity. *Plant and Soil* 316: 265-275.
32. Yu, X. D., F. Du and Y. W. Zhang. 2010. Effects of salt stress on switchgrass seed germination and seedling growth. *Acta Agrestia Sinica* 6: 13.
33. Zhang, Q., K. Rue and J. Mueller. 2014. The effect of glycinebetaine priming on seed germination of six turfgrass species under drought, salinity, or temperature stress. *HortScience* 49: 1454-1460.
34. Zhang, Q., K. Rue and S. Wang. 2012. Salinity effect on seed germination and growth of two warm-season native grass species. *HortScience* 47: 527-530.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 7, No. 4, Winter 2018, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Effect of Salinity on Germination and Its Relationship with Vegetative growth in *Bromus danthoniae* Genotypes from Saline and Non-Saline Areas of Iran

M. Rezaei[1], A. Arzani[2]*, G. Saeidi[2] and F. Haji Hadi[4]

(Received: April 21-2017; Accepted: July 29-2017)

Abstract

Bromus danthoniae Trin. is an annual grass species that is well adapted to harsh climates and could be considered as an important genetic resources for tolerance to environmental stresses such as salinity. In this study, 24 genotypes collected from Ilam, Kurdistan, Kermanshah (non-saline areas) and West Azerbaijan (saline area: shores of Uremia Salt Lake) provinces of Iran were investigated at the germination stage under salt treatments with concentrations of 0, 60, 120, 180, 240 and 300 mM sodium chloride. Germination percentage, germination rate index, seed vigor, root length, shoot length and seedling fresh and dry weights were measured. In addition, the relationship between the percentage of germination in 300 mM sodium chloride and the survival rate (%) after four weeks in 350 mM sodium chloride at the vegetative stage was evaluated. The results of analysis of variance showed that salinity treatments caused significant reductions in all the studied traits. Genotypic variation and the interaction of genotype × salt treatments were also significant. Genotypes USLN3 and KER4 were found to be the most tolerant and sensitive genotypes to salinity stress, with 13% and 98% reduction in germination percentage at 300 mM NaCl, respectively. Cluster analysis divided the genotypes into three groups, with one group containing only tolerant genotypes from Uremia Salt Lake, another one comprising only sensitive genotypes from non-saline regions, and the third one containing genotypes from both regions. The correlation between the germination percentage and the survival rate at the vegetative stage was not significant, indicating that different mechanisms are, perhaps, responsible for salinity tolerance at the germination and vegetative stages in *B. danthoniae*.

Keywords: Grass land, Halophyte, Natural selection, Salinity, Tolerance

1, 2, 3. PhD. Student, Professors and MSc. Student, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
*. Corresponding Author, Email: a.arzani@cc.iut.ac.ir