

بررسی سطوح مختلف تنش شوری و خشکی بر جوانه زنی و رشد گیاهچه *Pennisetum divisum. var. henrard.* ریش پری دو شاخ

فاطمه جمالی^{۱*}، وحید اعتماد^۲

۱. دانشجوی دکتری، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

۲. دانشیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۰۹)

چکیده

تحقیق در مورد اختلالات شوری و خشکی بر الگوی رشد و جوانه زنی در بین جمعیت علف‌های مرعی برای تعیین پتانسیل گونه‌های مناسب جهت ترمیم و حفاظت و همچنین تولید علوفه بسیار مهم است. به این منظور پژوهشی جهت ارزیابی تنش شوری و خشکی گیاه ریش پری دو شاخ در مرحله آغازین رشد بذر و گیاهچه سال ۱۳۹۹ در آزمایشگاه بذر دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران- کرج در قالب طرح کاملاً تصادفی و در ۳ تکرار انجام گردید. تیمارهای این آزمایش شامل ۴ سطح شوری (۲۰۰، ۱۵۰، ۱۰۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید)، ۴ سطح خشکی (۲-، ۴-، ۶- و ۸- بار پلی اتیلن گلیکول) و آب مقطر (شاهد) بود. صفات مورد ارزیابی شامل درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و طول ریشه‌چه بود. نتایج نشان داد درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه با افزایش شدت تنش شوری تا ۲۰۰ میلی‌مولار افزایش و پس از آن کاهش یافت بطوری که در شوری ۳۰۰ میلی‌مولار بذرها جوانه نزدند. در تنش خشکی صفات مورد مطالعه تا ۶- بار افزایش یافته و سپس کاهش یافت. نتایج نشان داد گیاه ریش پری دو شاخ گیاهی نسبتاً مقاوم به تنش‌های شوری و خشکی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: "ریش پری دو شاخ"، "جوانه زنی"، "تنش شوری"، "تنش خشکی"، "احیای مراتع".

Investigation of differential level of salinity and drought stresses on the germination and growth of *Pennisetum divisum. var. henrard.*

F. Jamali^{1*}, V. Etemad

1. Ph.D. student, Tehran University of Agriculture and Natural Resources.

2. Associate Professor of Agriculture and Natural Resources Campus, University of Tehran.

(Received: Aug. 18, 2022 – Accepted: Oct. 01, 2022)

Abstract

Research on the effect of salinity and drought stresses on germination and growth pattern among pasture grass populations is very important to determine the potential of suitable species for restoration and protection as well as fodder production. For this purpose, a research was carried out to evaluate the salinity and drought stresses of the *Pennisetum divisum* species initial stage of seed and seedling growth at seed laboratory of the faculty of agriculture of university of Tehran, Karaj, Iran in 2018. The experiment was conducted in a completely randomized design (CRD) with three replications. The treatments of this experiment included four levels of salinity (100-150-200 and 300 mM sodium chloride), four levels of drought stress (2-, 4-, 6- and 8-bar Polyethylene glycol) and distilled water (control). The evaluated traits included germination percentage, germination speed, stem length and root length. The results showed that the germination percentage, germination speed, root length and shoot length increased with increasing of salinity stress up to 200 mM and then decreased so that practically no seeds germinated in 300 mM. The studied traits increased up to 6- times and then it started do decrease under drought stress. The results showed that the *Pennisetum divisum* species is relatively resistant to salt and drought stresses.

Keywords: "*Pennisetum divisum*", "Germination", "Salinity stress", "Drought stress", "Restoration of pastures".

* Email: fatemehjamaly@ut.ac.ir

مقدمه

مناطق خشک و نیمه خشک به دلیل فصل خشک طولانی مدت، بارندگی ناچیز و نامنظم، ظرفیت نگهداری پایین آب خاک، رسوب سطحی متحرک و پوشش گیاهی کم، بسیار مستعد تخریب پوشش سطحی زمین هستند (Mganga et al., 2015). علاوه بر این چرای بیش از حد دام، رانندگی در خارج از جاده، کمپینگ، عدم اجرای سیاست‌های مدیریت منابع مناسب، صنعتی‌سازی و توسعه شهری می‌تواند باعث از بین رفتن تنوع زیستی و تخریب زیست‌بوم^۱ بدلیل تخریب سیستم هیدرولوژیکی و از بین رفتن بهره‌وری خاک شود (Al-Awadhi et al., 2003; Richer, 2008). کاشت گونه‌های گیاهی بومی برای احیای پوشش گیاهی، که با شرایط محیطی محلی سازگار شده‌اند، می‌تواند یک روش موثر برای بازگرداندن زیست‌بوم‌های بیابانی تخریب شده باشد. تغییرات ارتفاعی، عرض جغرافیایی، رطوبت خاک، محتوای عناصر غذایی خاک، دما، نور و درجه اختلال در زیستگاه بر شرایط محیطی محل تأثیر می‌گذارد که نتیجه آن تفاوت در تولید بذر، خواب و جوانه‌زنی خواهد بود، اگرچه میزان تأثیر شرایط محیطی محل بر هر یک از این مراحل اغلب با توجه به نوع خاص گونه متفاوت است. گونه‌های مناطق بیابانی نقش مهمی در تغذیه حیوانات دارند و با ایجاد حفاظت از خاک و تثبیت تپه‌های شنی در کویر به تثبیت زمین کمک می‌کنند (Bhatt et al., 2016) و می‌توان از آنها برای ترمیم یا احیای مراتع تخریب شده استفاده کرد (Osman et al., 2008). ریش‌پری دو شاخ یک گونه چندساله از خانواده C4 و مقاوم به خشکی است که در برخی مناطق بیابانی کشور یافت می‌شود. این گیاه ترجیح می‌دهد در مناطق کم عمق و ماسه‌های روان در خاک ماسه‌ای عمیق رشد کند (Bhatt et al., 2020). این گونه

به دلیل ارزش غذایی بالا منبع مهم علوفه‌ای برای شتر و گوسفند محسوب می‌شود. بنابراین، این گونه می‌تواند گزینه مناسبی برای تولید علوفه پایدار باشد. علاوه بر این، می‌توان از این گونه‌ها برای مرمت و احیای مراتع و یا برای افزایش بهره‌وری آنها استفاده کرد (El-Keblawy, 2003; Peacock et al., 2013). طبق گزارش‌ها دو گونه *P. turgidum* و *P. divisum* برای محوطه سازی پایدار در اولویت قرار گرفته‌اند زیرا این گونه‌ها توانایی تثبیت خاک‌های سست را دارند، بنابراین می‌توان از آنها برای محافظت از خاک در برابر فرسایش ناشی از باد و آب استفاده کرد (Akhter and Arshad, 2006). تنش‌های خشکی، شوری و کمبود آب مشکلات بالقوه مناطق خشک و نیمه خشک هستند. اقلیم کشور ایران عموماً خشک و نیمه‌خشک است، بطوری‌که مناطق خشک و نیمه خشک ایران (حدوداً ۶۱ درصد) وسعت بیشتری در مقایسه با مناطق معتدل (ساحل دریای خزر و بخشی از شمال غرب کشور) دارد (Pourmohammadi and Dasturani, 2015). همواره دو عامل خشکی و شوری از مهمترین عوامل محدود کننده و تاثیرگذار در فرآورده‌های گیاهی بوده که با ایجاد اختلال در رشد طبیعی گیاه، میزان محصول را کاهش می‌دهند. بر اساس پژوهش‌های پیشین تنش‌های شوری و خشکی موجب کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی بذر می‌شوند (Ebrahimi et al., 2012; Gholami et al., 2010; Ghaderi et al., 2011; Amiri et al., 2010). در واقع تنش شوری و خشکی سبب کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی، کاهش رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه می‌گردند. از این رو بررسی شوری و خشکی در مرحله جوانه‌زنی بذر یک آزمون قابل اطمینان در ارزیابی تحمل بسیاری از گونه‌ها به شرایط محیطی در شرایط اقلیمی کشور ایران بشمار می‌رود. عدم توانایی گیاه در تحمل شوری و خشکی مخصوصاً در مرحله جوانه‌زنی موجب می‌گردد بخش وسیعی از مراتع طبیعی مورد

¹ Ecosysteme

استفاده قرار نگیرد. تنش شوری و خشکی همواره موجب کاهش و تاخیر در جوانه‌زنی، کاهش رشد و بیوسنتز زیست توده در گیاهان زراعی و مرتعی می‌گردد و در صورتی که شدت تنش زیاد باشد موجب کاهش فتوسنتز، مختل شدن فرایندهای فیزیولوژیکی، توقف رشد و در نهایت مرگ گیاه می‌شود (Ebrahimi et al., 2012). با توجه به اینکه همواره یکی از ملزومات توسعه و احیا مراتع، کاشت گونه‌های متناسب مرتع بوده، لذا انجام پژوهش‌هایی در حیطه‌ی تأثیر عوامل محیطی از جمله عوامل مخرب تنش‌زا بر مراحل رشدی گیاهان مرتعی بخصوص مرحله حساس جوانه‌زنی، حائز اهمیت است. ابراهیمی و همکاران (Ebrahimi et al., 2012) در بررسی اثر تنش شوری و خشکی بر دو گیاه مرتعی *Agropyron desertum* و *Agropyron elongatum* بیان کردند با افزایش تنش شوری و خشکی کلیه صفات جوانه‌زنی این گیاهان کاهش یافت و گونه *Agropyron elongatum* مقاومت بیشتری را در مقایسه با شاهد و گونه دیگر داشت. همچنین زهتابیان و همکاران (Zahtabian et al., 2005) نیز در بررسی گونه‌های مرتعی بیان کردند تنش‌های زیستی منجر به کاهش درصد جوانه‌زنی و طول کلنوتیل می‌شود و در بین گونه‌های مورد بررسی گونه *Agropyron elongatum* مقاومت بیشتری نشان داد. آذرنیوند و جوادی (Azarnivand and Javadi., 2003) بیان کردند حداکثر جوانه‌زنی دو گونه مرتعی *Agropyron cristatum* و *Agropyron desertorum* در پتانسیل آبی ۰/۳- مگاپاسکال اتفاق افتاد و کاهش مقادیر پتانسیل آب منجر به کاهش معنی‌دار جوانه‌زنی این دو گونه گردید. فرخواه و همکاران (Farkhah et al., 2003) نیز بیان داشتند گونه شوربوته‌ای در غلظت ۷۰۰ میلی‌مولار قادر به جوانه‌زنی بوده و گونه *Spartina alterniflora* در ۱۰۰۰ میلی‌مولار جوانه‌زنی‌اش محدود می‌شود. گلزار و اجمل (Gulzar and Ajmal., 2001) نیز بیان کردند سه گونه مرتعی *Sueda fruticoso*، *Urochondra setulosa* و

Alhagi persarum قادر به جوانه‌زنی در ۵۰۰ میلی‌مولار هستند. انواری و همکاران (Anwari et al., 2009) در بین گونه‌های مرتعی مورد مطالعه نشان دادند گونه سیاه‌تاغ و سیاه‌شور بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی و گونه اشنان و پرند بیشترین و کمترین سرعت جوانه‌زنی را داشتند. بات و همکاران (Bhatt et al., 2020) با مطالعه بر روی گیاهان مرتعی نشان دادند گیاهانی که تحت تنش شوری بالا رشد می‌کنند منابع بیشتری را به تولید مثل اختصاص می‌دهند، بنابراین بذور آنها توده بالاتری دارد. همچنین گیاهان تحت شرایط محیطی می‌توانند تخصیص منابع را بین رشد و تولید مثل خود تغییر دهد. در واقع، در غلظت بالای سدیم کلرید، ممانعت از جوانه‌زنی بذر در اثر محدودیت در دسترسی به آب و تاخیر یا ممانعت از جذب آب مورد نیاز برای تحریک مجدد آنزیمی و ایجاد ذخیره جوانه‌زنی رخ می‌دهد. از این رو، تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر تنش‌های شوری و خشکی بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه ریش‌پری دو شاخ صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی تأثیر تنش‌های شوری و خشکی بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه *Pennisetum divisum*، دو آزمایش مجزا در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه بذور درختان جنگلی گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام گردید. برای انجام آزمایش از بذور سالم و دارای قوه نامیه بالای ۹۰ درصد استفاده شد این بذور از مناطق جنوبی کشور استان بوشهر (منطقه دلوار با طول و عرض جغرافیایی ۲۸ درجه، ۴۵ دقیقه و ۴۵ ثانیه شمالی و ۵۱ درجه، ۴ دقیقه و ۱۱ ثانیه شرقی) از پایه‌های مادری به صورت دستی جمع‌آوری گردید. بذور توسط سدیم هیپوکلراید سه درصد به مدت پنج دقیقه ضد عفونی و سپس چندین بار توسط آب مقطر شست و شو شدند. وسایل مورد نیاز شامل پتری دیش،

شده می‌باشد.

$$GR = \sum (Ni / Ti) \quad \text{رابطه (۲)}$$

۲- در این فرمول GR سرعت جوانه‌زنی (بر حسب تعداد بذر جوانه زده در روز)، Ni تعداد بذور جوانه زده در روز i ام و Ti تعداد روز تا شمارش i ام می‌باشد. تجزیه تحلیل داده‌های دو آزمایش به صورت مستقل و با استفاده از نرم افزار آماری SAS انجام شد. همچنین برای مقایسه میانگین صفات از آزمون LSD استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس مشخص کرد که اثر تنش خشکی بر تمام صفات مطالعه شده بذر ریش‌پری دوشاخ شامل سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و طول ریشه‌چه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

با افزایش شدت تنش خشکی درصد جوانه‌زنی بذر تا ۶- بار افزایش و پس از آن کاهش شدیدی رخ می‌دهد. بطوری که بیشترین درصد جوانه‌زنی (۹۰ درصد) در ۶- بار و کمترین آن در شاهد (۷۳/۳۳ درصد) مشاهده شد (شکل ۱). طبق نتایج حاصل از گزارش معجون حسینی و همکاران (Majnoni Hoseini et al., 2002) در گندم، انوری و همکاران (Anwari et al., 2009) در سیاه‌تاغ، سفیدتاغ، سیاه‌شور، قیج، پرند، اشنان و ابراهیمی و همکاران (Ebrahimi et al., 2012) در *Agropyron desertum* و *Agropyron elongatum* مشاهده شد که با افزایش تنش خشکی درصد جوانه‌زنی بذور کاهش می‌یابد. در شرایط تنش خشکی جذب آب توسط بذرها به دلیل فشار اسمزی خاک مختل می‌شود که ممکن است سبب کاهش جوانه‌زنی بذور شود. همچنین کاهش جوانه‌زنی و رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه در شرایط تنش خشکی را می‌توان ناشی از اثرات مستقیم تجزیه آهسته آندوسپرم لپه‌ها و در نتیجه انتقال کندتر مواد تجزیه شده به گیاهچه دانست و یا با افزایش غلظت

کاغذ صافی، پنس و بشر که درون اتوکلاو استریل شدند تا از هرگونه آلودگی قارچی جلوگیری شود. سطوح شوری شامل غلظت‌های ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید و سطوح خشکی شامل ۲-، ۴-، ۶- و ۸- بار غلظت‌های پلی‌اتیلن گلیکول محلول (PEG) ۶۰۰۰ بود. میزان پلی‌اتیلن گلیکول لازم جهت تهیه محلول‌های مختلف سطوح تنش خشکی از فرمول میچل و کافمن (Michel and Kaufmann., 1973; Taisan, 2010) محاسبه گردید. آب مقطر به عنوان تیمار شاهد در هر دو آزمایش در نظر گرفته شد. با توجه به کمبود بذر در نتیجه تکرار آزمایش در نوبت‌های مختلف هر واحد آزمایشی شامل یک پتری دیش به قطر ۱۲ سانتی‌متر و ۳۰ عدد بذر بود. سپس از هر محلول تیماری ۱۰ میلی‌لیتر به هر واحد آزمایشی اضافه شد. بمنظور جلوگیری از تبخیر تیمارها، پتری دیش‌ها درون کیسه‌های نایلونی شفاف قرار گرفتند. با توجه به اینکه این گیاه مربوط به مناطق گرمسیری می‌باشد و همچنین پیش مطالعاتی که برای انتخاب دما مناسب جوانه‌زنی بر روی این گیاه انجام شد در نهایت به مدت ۲۱ روز در اتاقک رشد با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰ درصد نگهداری شدند که با نتایج حسن و حسن (۲۰۱۸) و تيسان (۲۰۱۰) هم‌خوانی دارد (Hassan and Hassan., 2018; Taisan, 2010). یادداشت برداری از بذور جوانه زده به صورت روزانه و در ساعت معینی صورت می‌پذیرفت. در پایان جوانه‌زنی صفاتی چون طول ساقه‌چه و طول ریشه‌چه با دقت ۱/ میلی‌متر مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت اندازه‌گیری طول ریشه‌چه و ساقه‌چه از کولیس با دقت ۰/۱ میلی‌متر استفاده شد. درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر نیز بر اساس روش باجی و همکاران (Bajji et al., 2002) به شرح زیر محاسبه گردید.

$$GP = (Ni / S) \times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

۱- در این فرمول GP درصد جوانه‌زنی، Ni تعداد بذور جوانه زده در روز i ام و S تعداد کل بذور کشت

محلول پلی اتیلن گلیکول، فشار و پتانسیل اسمزی محیط افزایش یافته، که منجر به کاهش جذب آب توسط بذور و مانع از ادامه فعالیت‌های طبیعی گیاهچه می‌گردد.

جدول ۱- تجزیه واریانس آزمایش تنش خشکی *Pennisetum divisum*
Table 1- Analysis of variance of *Pennisetum divisum* drought stress test

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات (Mean Squares)			
		درصد جوانه‌زنی (%) Germination percentage (%)	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز) Germination rate (day ⁻¹)	طول ساقه‌چه (میلی‌متر) Plumule length (mm)	طول ریشه‌چه (میلی‌متر) Radicle length (mm)
تیمار Treat	4	304.81**	0.16**	23.84**	11.21**
خطا Error	15	37.77	0.02	4.82	1.37
ضریب تغییرات (%) CV (%)		7.83	7.83	43.73	47.69

**Significant at 1% probability level

** نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۱ درصد است.

جدول ۲- مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی (طرح کاملاً تصادفی) در گیاه ریش‌پری تحت تنش خشکی.

Table 2- Mean comparison of experimental treatment (completely randomized design) in *Pennisetum divisum* under drought stress.

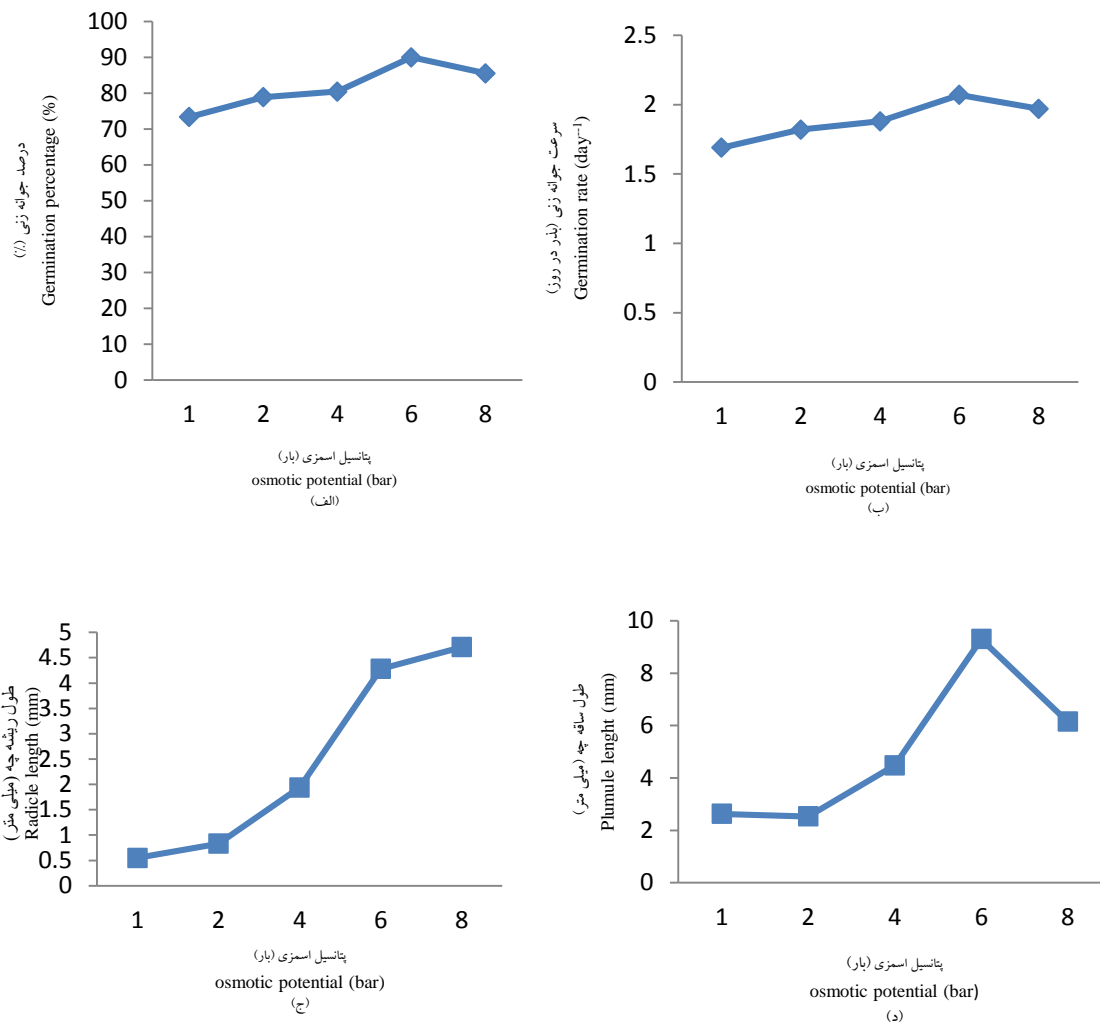
سطوح تنش خشکی (بار) Drought stress levels	درصد جوانه‌زنی (%) Germination Percentage (%)	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز) Germination rate (day ⁻¹)	طول ساقه‌چه (میلی‌متر) Plumule length (mm)	طول ریشه‌چه (میلی‌متر) Radicle length (mm)
0	73.33bc	1.69bc	2.63b	0.55b
-2	78.88ab	1.82ab	2.53b	0.83b
-4	64.44c	1.48c	4.48b	1.94b
-6	90a	2.07a	9.3a	4.28a
-8	85.55a	1.97a	6.15ab	4.71a

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری ندارد.

Means with at least one same letter do not have a significant difference in each column.

ژن‌های کلیدی موثر در تحمل خشکی به‌منظور بهبود بهروری گیاهان موثر است (Mukhopadhyay, 2005). بنابراین کاهش جوانه‌زنی این گیاه در مقایسه با گونه‌های حساس کمتر خواهد بود. همچنین ممکن است که تنش شوری باعث تحریک تجزیه مواد آندوسپرم برای مقابله گیاه با تنش خشکی باشد (Anju et al., 2019)

طبق نتایج حاصل از این آزمایش شدت تنش تا ۶- بار باعث افزایش درصد جوانه‌زنی شد. به عبارتی گیاه در شرایط تنش تلاش بیشتری برای بقای می‌نماید بنابراین تا ۶- بار درصد جوانه‌زنی افزایش یافت اما پس از آن با کاهش توان زیستی گیاه، درصد جوانه‌زنی نیز کاهش یافت. احتمالاً برخی از ژنوتیپ‌ها ذاتاً به تنش خشکی متحمل هستند، که در شناسایی



شکل ۱- روند تغییرات درصد جوانه زنی بذرهای *Pennisetum divisum* در سطوح مختلف تنش خشکی
 Figure 1- Change process of in the germination percentage of *Pennisetum divisum* seeds in drought stress levels.

مناطق بیابانی مناطقی که بسیار مستعد به تنش خشکی است رشد می‌کند، از این رو گیاه با شرایط محیطی سازگار شده و تنش خشکی ۶- بار را تحمل می‌کند اما با افزایش سطح تنش سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد. واکنش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه به افزایش سطح خشکی مشابه بود (شکل ۱ ج و د). با افزایش شدت تنش خشکی از ۰ تا ۸- بار طول ریشه‌چه افزایش یافت اما در طول ساقه‌چه با افزایش شدت تنش خشکی از ۰ تا ۶- بار افزایش یافت و سپس در ۸- بار کاهش قابل توجهی مشاهده شد. به عبارتی

بیشترین ضریب سرعت جوانه‌زنی در تیمار ۶- بار مشاهده شد (شکل ۱ ب). ولی با افزایش شدت تنش سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. کمترین ضریب سرعت جوانه‌زنی در تیمار شاهد مشاهده شد. به این دلیل که گونه‌هایی با سرعت جوانه‌زنی بالا در شرایط تنش خشکی می‌توانند نسبت به سایر گونه‌ها سریعتر سبز شوند، صفت سرعت جوانه‌زنی بعنوان شاخصی مهم در ارزیابی قدرت تحمل به خشکی در بسیاری از گونه‌های گیاهی در نظر گرفته می‌شود (Kafi et al., 2005). گونه *P. divisum* در

(Kajary and Zinli, 1999) نیز گزارش کردند رشد ریشه چه پنبه در تنش خشکی تا ۲- بار افزایش یافت و سپس کاهش یافت، همچنین رشد ساقه چه تا ۴- بار روند افزایشی و سپس در شدت بیشتر تنش خشکی روند کاهشی داشت. نتایج هادی و همکاران (Hadi *et al.*, 2007) بر گونه اشنان، زهتابیان و جوادی (Zahtabyan and Javadi, 2003) بر علف شور نشان داد با افزایش تنش شوری و خشکی محیط جوانه زنی بذر نامناسب می شود بطوری که با افزایش تنش صفات جوانه زنی بذر، طول ساقه چه و طول ریشه چه کاهش می یابد.

تنش شوری

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان می دهد تحت تنش شوری تمام صفات مورد ارزیابی در سطح ۱ درصد معنی دار بود.

با افزایش سطح تنش شوری درصد و سرعت جوانه زنی تا سطح ۲۰۰ میلی مولار افزایش و پس از آن کاهش یافت بطوری که بالاترین درصد جوانه زنی در تیمار ۲۰۰ میلی مولار سدیم کلرید (۹۱٪) و کمترین آن در تیمار ۳۰۰ میلی مولار سدیم کلرید (صفر درصد) مشاهده شد (شکل ۲ الف). همچنین بیشترین ضریب سرعت جوانه زنی (۱/۸۹ بذر در روز) و کمترین ضریب سرعت جوانه زنی (صفر بذر در روز) به ترتیب در تیمارهای ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی مولار سدیم کلرید اتفاق افتاد (شکل ۲ ب).

جذب کم آب توسط بذر در شرایط بروز خشکی موجب کاهش ترشح هورمون ها و آنزیم ها شده و در نتیجه رشد گیاهچه مختل می شود. بنظر می رسد شدت تنش ۶- بار برای جوانه زنی بذور گیاه محدودیتی ایجاد نکرده و سبب تحریک رشد ریشه چه و ساقه چه در گیاه شد. آزمایش ها نشان دهنده افزایش رشد ملایم ریشه چه در شرایط تنش است زیرا ریشه وظیفه جذب آب را دارد و تلاش می کند تحت تنش خشکی به سرعت به محیط های حاوی آب برسد (Keshavarz *et al.*, 2012). به عبارتی افزایش در رشد ریشه چه اولین تغییرات مقابله با شرایط تنش خشکی به منظور جذب حداکثر رطوبت خواهد بود. ساقه چه نسبت به ریشه چه واکنش شدیدتری به تنش خشکی نشان می دهد (Keshavarz *et al.*, 2012). وقوع جوانه زنی در گیاه نیاز به تولید آنزیم های هیدرولیز کننده مواد ذخیره بذر دارد که ترکیبات ذخیره ای صرف تولید بافت در گیاهچه شود. همانگونه که نتایج حاصل از آزمایش نشان داد درصد جوانه زنی در ۶- بار افزایش یافت لذا می توان نتیجه گرفت مواد ذخیره کافی برای بیوسنتز بافت در بذر هیدرولیز شده است که تایید کننده نتایج طول ریشه چه و ساقه چه است. تنظیم اسمزی می تواند منجر به کاهش حساسیت رشد به تنش خشکی و شوری و یا به وسیله تنظیم فشار تورگر منجر به افزایش اندک رشد تحت تنش شود (Bassirirad and Caldwell., 1992). قجری و زینعلی

جدول ۳- تجزیه واریانس آزمایش شوری *Pennisetum divisum*

Table 3- Analysis of variance of *Pennisetum divisum* Salinity stress test.

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات (Mean Squares)			
		درصد جوانه زنی (%) Germination percentage (%)	سرعت جوانه زنی (بذر در روز) Germination rate (day ⁻¹)	طول ساقه چه (میلی متر) Plumule length (mm)	طول ریشه چه (میلی متر) Radicle length (mm)
تیمار Treat	4	3955.67**	1.93**	43.31**	8.18**
خطا Error	15	25.85	0.04	0.17	0.94
ضریب تغییرات (%) CV (%)		7.97	14.35	9.25	57.79

** نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۱ درصد است.

**Significant at 1% probability level

جدول ۴- مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی (طرح کاملاً تصادفی) در گیاه ریش‌پری تحت تنش شوری

Table 4- Mean comparison of experimental treatment (completely randomized design) in *Pennisetum divisum* under Salinity stress.

سطوح تنش شوری (میلی مولار سدیم کلرید) salinity stress levels (mMol NaCl)	درصد جوانه‌زنی (%) Germination Percentage (%)	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز) Germination rate (روز) (day-1)	طول ساقچه (میلی متر) Plumule length (mm)	طول ریشه‌چه (میلی متر) Radicle length (mm)
0	73.33b	1.69a	2.63b	0.55c
100	67.66b	1.76a	2.85b	1.21ab
150	77.77b	1.79a	8.62a	2.49ab
200	91.22a	1.89a	8.28a	4.1a
300	0c	0b	0c	0c

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری ندارد.

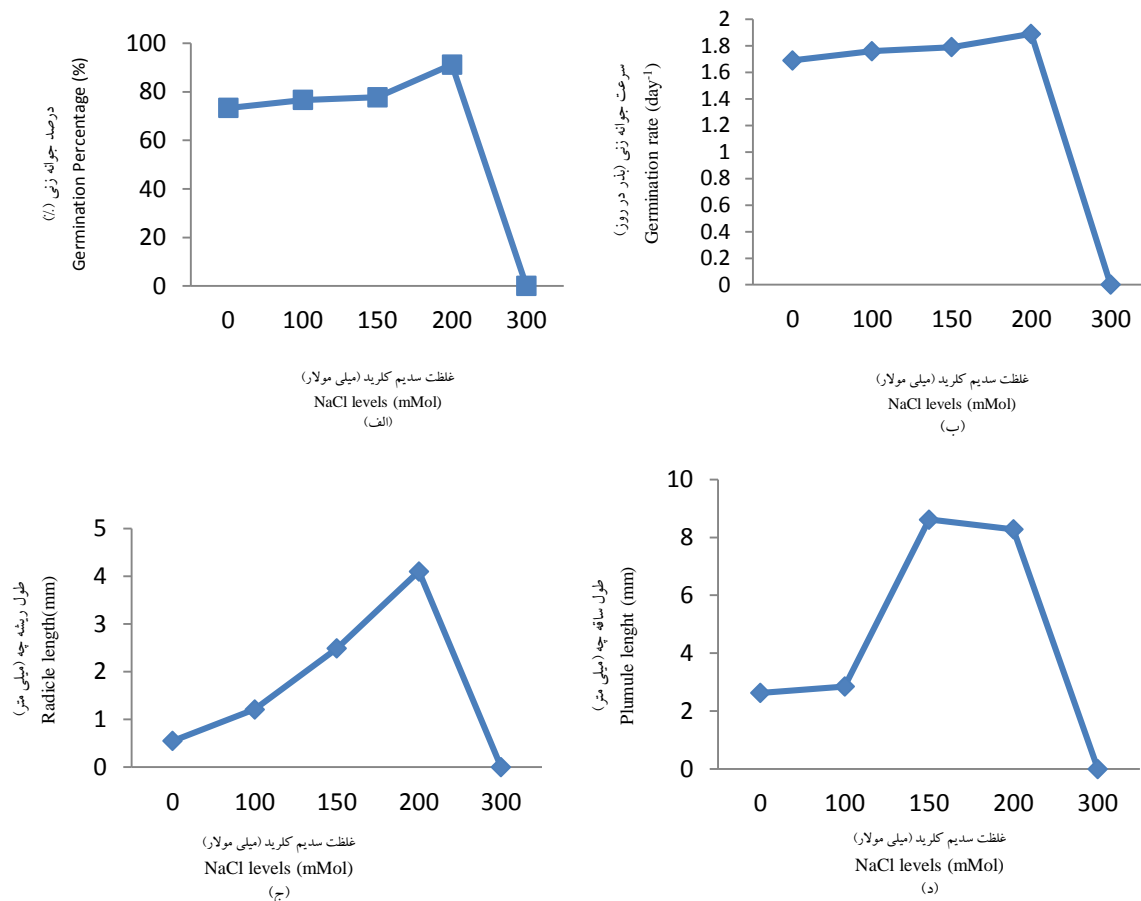
Means with at least one same letter do not have a significant difference in each column.

نتایج مشابیهی در گزارش‌های وانگ و همکاران (Wang et al., 2004) در سیاه‌تاغ (*Haloxylon ammodendron*) مشاهده می‌شود. در گیاه سیاه‌تاغ نیز میزان زیادی سدیم جذب شده و در بافت‌های هوایی تجمع می‌یابد که این امر منجر به تنظیم فشار اسمزی می‌شود. همچنین کاهش درصد جوانه‌زنی بذور گیاهان تحت تنش شوری بالا می‌تواند در نتیجه سمیت یون‌هایی از جمله سدیم و کلر، کاهش سرعت و میزان جذب آب و همچنین اختلال در جذب عناصر غذایی باشد. هر چه شوری افزایش یابد جذب یون‌های سدیم و کلر نیز افزایش یافته و این امر موجب مسمومیت و ایجاد اختلال در سازوکار سوخت‌وساز سایر عناصر غذایی می‌شود. این امر منجر به اختلال فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه شده که در نتیجه بصورت کاهش درصد جوانه‌زنی بذور نمایان می‌شود (Dadkhah, 2010). شوری در مرحله جوانه‌زنی بذر باعث آسیب به غشای سیتوپلاسمی شده و در نتیجه تراوایی غشا به دلیل جایگزینی یون کلسیم توسط سدیم افزایش می‌یابد (Hosseini and Rezvani Moghadam, 2006). همچنین می‌توان به این نکته اشاره کرد که در اثر اختلال در فرآیندهای متابولیکی تحت تنش شوری درصد جوانه‌زنی کاهش می‌یابد که این امر خود در نتیجه افزایش ترکیبات

طبق مشاهدات درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی تحت تنش شوری تا ۲۰۰ میلی‌مولار افزایش قابل ملاحظه‌ای داشت اما در ۳۰۰ میلی‌مولار کاهش قابل ملاحظه‌ای مشاهده شد بطوری که هیچ یک از بذرها جوانه نزد. نتایج این آزمایش با نتایج مصلح آرانی و همکاران (Mosleh Arani et al., 2002) بر روی سه گونه سالسولا مطابقت دارد. مصلح آرانی و همکاران گزارش کردند گونه *S. abarghuensis* بیشترین سرعت و درصد جوانه‌زنی را بین گونه‌های مورد بررسی در شاهد و تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید نشان داد. به عبارتی درصد و سرعت بالای جوانه‌زنی و همچنین رشد بالای ریشه‌چه و ساقچه این گیاه منجر به استقرار سریع در رویشگاه می‌شود. همچنین گونه سالسولا ابراگنسیس در حالت بلوغ دارای بیشترین میزان سدیم و کلر در بافت‌های هوایی بود. به عبارتی تجمع سدیم و کلر در واکنش سلول‌های این گیاه باعث افزایش فشار اسمزی شده و در نتیجه تعادل اسمزی و همچنین منجر به جذب بیشتر آب از محیط می‌شود که این امر موجب گوهشی شدن ساقه‌های این گیاه می‌شود. بررسی منابع نشان می‌دهد تجمع املاح سدیم و کلر در این گیاه و گیاهان مشابه می‌تواند یکی از سازوکارهای تحمل به شوری باشد (Ebrahimi et al., 2012; Anju et al., 2019).

میلی مولار سدیم کلرید دارای بیشترین میزان درصد جوانه زنی و سایر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک است.

فنولیکی است (Ayaz *et al.*, 2000). همامسی و کامیس (Hamamsy and El-khamissi, 2018) نیز نشان دادند که رقم Sakha 93 گندم در شرایط تنش شوری ۱۵۰



شکل ۲- روند تغییرات درصد جوانه زنی بذرهای *Pennisetum divisum* در سطوح تنش شوری.

Figure 2- Change process of in the germination percentage of *Pennisetum divisum* seeds in salinity stress levels.

همچنین می توان به اسیدآمین پیرولین به عنوان یکی از مهمترین متابولیت های گیاهی در کاهش اثر تنش شوری اشاره کرد که باعث تعدیل اسمزی در گیاه می شود. پیرولین با حفاظت از غشای سلولی از گیاهان محافظت می کند از این رو تجمع پیرولین شاخصی از میزان تحمل گیاه به شوری محسوب می شود (Pirasteh *et al.*, 2014). در واقع تحت تنش های شوری و خشکی میزان پیرولین و آنزیم های آنتی اکسیدانی در گیاهان افزایش می یابد که راهبردی حفاظتی در برابر آسیب اکسیداتیو ایجاد شده در اثر تنش است

(Shalata *et al.*, 2001; Mittova *et al.*, 2004). بدیهی است که در ژنوتیپ های مقاوم به خشکی میزان متابولیت های ثانویه بیشتری بیوسنتز شده و این باعث افزایش مقاومت گیاه به تنش می شود. افزایش تنش شوری از صفر تا ۲۰۰ میلی مولار منجر به افزایش طول ریشه چه شد اما در تیمار ۳۰۰ میلی مولار کاهش شدیدی در طول ریشه چه مشاهده شد بطوری که که عملاً هیچ ریشه ای تولید نشد (شکل ۲ج). به بیان دیگر این گونه یک هالوفیت (نمک دوست) اجباری است که غلظت معینی از نمک منجر به

همچنین می توان به اسیدآمین پیرولین به عنوان یکی از مهمترین متابولیت های گیاهی در کاهش اثر تنش شوری اشاره کرد که باعث تعدیل اسمزی در گیاه می شود. پیرولین با حفاظت از غشای سلولی از گیاهان محافظت می کند از این رو تجمع پیرولین شاخصی از میزان تحمل گیاه به شوری محسوب می شود (Pirasteh *et al.*, 2014). در واقع تحت تنش های شوری و خشکی میزان پیرولین و آنزیم های آنتی اکسیدانی در گیاهان افزایش می یابد که راهبردی حفاظتی در برابر آسیب اکسیداتیو ایجاد شده در اثر تنش است

را می‌توان با رشد ریشه‌چه مرتبط دانست. رشد گیاهان به چندین عامل بستگی دارد که شامل در دسترس بودن آب و جذب مواد غذایی توسط ریشه است. در شرایط شوری ظرفیت جذب توسط ریشه‌ها کاهش یافته و در نتیجه رشد گیاهچه نیز تحت تاثیر قرار می‌گیرد. همچنین اصغری (Asghari, 1992) نیز نشان داد کاهش رشد در گندم و جو در اثر تیمار شوری و در نتیجه تاثیر شوری بر تولید تنظیم کننده‌های رشد مانند آبسزیک اسید و سایتوکینین است. سلیمان و همکاران (Souleymane et al., 2020) بیان کردند رشد ریشه ذرت در تیمار ۲۰ گرم سدیم کلرید بیشتر از سایر غلات است. به عبارتی تحمل غلات به تنش شوری با توجه به ژنوتیپ، مرحله رشد، مدت زمان قرار گرفتن در معرض تنش و شدت تنش به طور قابل توجهی متفاوت است. به همین ترتیب، مکایو (El Mekkaoui, 1990, 1987) در یازده رقم گندم دوروم نشان داد که غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید برای تشخیص تفاوت در تحمل کافی است. مشاهدات نشان داد در ارقام لوییا تحت غلظت‌های مختلف شوری گونه‌هایی یافت می‌شود که تحمل بیشتری به تنش شوری دارند (Benidire et al., 2015). انواری و همکاران (Anwari et al., 2009) در بین گونه‌های مرتعی مورد مطالعه نشان دادند گونه سیاه‌تاغ و سیاه‌شور بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی و گونه اشنان و پرند بیشترین و کمترین سرعت جوانه‌زنی را داشتند و همچنین آستانه کاهش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی در پرند، قیج، سیاه‌شور و آتریپلکس غلظت ۱۰۰ و در اشنان، سیاه‌تاغ و سفیدتاغ غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید بود.

نتیجه‌گیری کلی

گیاه چند ساله *Pennisetum divisum* در مرحله جوانه‌زنی و سبز شدن یک گیاه نیمه مقاوم به تنش شوری و خشکی محسوب می‌شود. در واقع شوری و خشکی بالا سبب کاهش درصد جوانه‌زنی و همچنین رشد گیاهچه

افزایش رشد آن می‌شود. کریمی و همکاران (Karimi et al., 2004) با مطالعه بر روی گونه هالوفیت *Atriplex verrucifera* نشان دادند که غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار نمک سدیم کلرید موجب افزایش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه گردید. طبق نظر فیکلستین (Finkelstein, 1995) شوری می‌تواند از طویل شدن ساقه و ریشه به دلیل کند کردن جذب آب جلوگیری کند. کشاورز و همکاران (Keshavarz et al., 2012) نشان دادند تنش شوری در غلظت بالا از رشد ریشه جلوگیری می‌کند که منجر به کاهش جذب آب و عناصر ریزمغذی می‌شود.

مشاهدات نشان داد تاثیر تنش شوری بر طول ساقه‌چه مشابه تاثیر آن بر طول ریشه‌چه بود. اما در این میان مشاهده شد اثر بازدارندگی رشدی تنش شوری بر طول ساقه‌چه بیش از ریشه‌چه است (شکل ۲ د). افزایش تنش شوری بیش از ۱۵۰ میلی‌مولار سبب کاهش رشد ساقه‌چه شد بطوری که رشد ساقه‌چه در ۲۰۰ میلی‌مولار کاهش و در ۳۰۰ میلی‌مولار صفر شد. یکی از راهکارهای گیاه در تحمل شوری تنظیم اسمزی و حفظ تروژسانس (آماس) سلول است که با بیوسنتز مواد آلی همچون گلايسين، پرولين، مانیئول سوربیتول و بتائین انجام می‌شود. گیاه برای بیوسنتز این مواد انرژی زیادی مصرف می‌کند بنابراین رشد اندام‌های هوایی کاهش می‌یابد. شارما و همکاران (Sharma et al., 2004) نیز بیان کردند تحت تنش شوری به سبب کاهش میزان آب بافت گیاه، طول گیاهچه کاهش می‌یابد. شوری رشد ریشه را کند می‌کند و یا در بعضی مواقع مانع آن می‌شود. سدلا و همکاران (Saadallah et al., 2001) نشان داد در لویا رشد ریشه کاهش یافت و این کاهش با افزایش تعداد گره نسبت به ماده خشک ریشه همراه بود. در واقع شوری ساختار آناتومیکی ریشه را تغییر می‌دهد و منجر به کاهش تعداد سلول‌ها در آوند چوبی و تعداد لایه‌های قشر پارانشیم می‌شود (Benidire et al., 2015). همچنین رشد ساقه‌چه

می شود. با توجه به این نتیجه می توان پیشنهاد کرد در مناطق خشک و نیمه خشک جنوب کشور که شوری و خشکی بالا است از این گیاه برای حفظ و تثبیت خاک استفاده شود. با توجه به این نتایج پتانسیل ۶- بار و شوری ۲۰۰ میلی مولار را می توان حد آستانه این گیاه معرفی کرد.

Reference

منابع

- Akhter, R., and M. Arshad. 2006.** Arid rangelands in the Cholistan Desert (Pakistan). *Sécheresse*. 17:210–217.
- Al-Awadhi, J. M., R. F. Misak, and S.S. Omar. 2003.** Causes and consequences of desertification in Kuwait: a case study of land degradation. *Bull. Eng. Geol. Environ.* 62:107–115.
- Allah, C.R. 1999. Grown tomato under saline conditions. In: Allah C. R., ed. *Plant Salinity. Research, New Challenges*. 23:201-1203.
- Amiri, M.B., P. Rezvani Moghadam, H.R. Ehyaii, J. Fallahi, and M. Aghhavani Shajari. 2010.** The effects of drought and salinity stresses on germination indices and seedling growth of two medicinal plants as *Cynara scolymus* L. and *Echinaceae purpurea* L. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 3:165-176.
- Anju, U.L., S.R. Doddagoudar, S.K. Pattanashetti, G. Basave, and K. Vijaykumar. 2019.** Influence of seed priming on seed germination, seedling growth, peroxidase activity, proline and total soluble sugar content of pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) under salinity stress. *Int. J. Chem. Stud.* 7:508-514.
- Anwari, M., H. Mahdikhani, A. Shahriari, and G. Nouri. 2009.** The effect of salinity stress on the germination of seven pasture species. *Scientific-Research Quarterly Journal of Pasture and Desert Research in Iran*. 16: 262-273.
- Asghari, M. 1992.** Effect of ethylene on osmotic adjustment and axial tissue and cotyledon development of sunflower seed in water stress condition. *Agric. Sci. Technol.* J. 7:137-145.
- Ayaz, F.A., A. Kadioglu, and R. Turgut. 2000.** Water stress effects on the content of low molecular weight carbohydrates and phenolic acids in *Cienanthe setosa*. *Can. J. Plant Sci.* 80:373-378.
- Azarnivand, H., and M. Javadi. 2005.** Investigation of the effect of drought stress on the germination of two types of *Agropyron pasture*". *Biyaban Magazine*. 2:8-193.
- Bajji, M., J.M. Kinet, and S. Lutts. 2002.** Osmotic and ionic effects of NaCl on germination, early seedling growth and ion content of *Atriplex halimus* (Chenopodiaceae). *Can. J. Bot.* 80:297-304.
- Bassirirad, H., and M.M. Caldwell. 1992.** Root growth, osmotic adjustment and NO₃ - uptake during and after a period of drought in *Artemisia tridentata*. *Aust. J. Plant Physiol.* 19:493-500.
- Benidire, K., Z. Daoui, A. Fatemi, W. Achouak, L. Bouarab, and K. Oufdou. 2015.** Effect of salt stress on the germination and development of seedlings of *Vicia faba* L. *J. Mater. About. Sci.* 6:840-851.
- Bhatt, A., P.C. Phondani, and M.F. Pompelli. 2016.** Seed maturation time influences the germination requirements of perennial grasses in desert climate of Arabian Gulf. *Saudi J. Biol. Sci.* 25:1562–1567.
- Bhatt, A., N.R. Bhat, A. AL-nasser, M.M. Caron, and A. Santo. 2020.** Inter-population variabilities in seed mass and germination of *Panicum turgidum* and *Pennisetum divisum* in the desert of Kuwait. *J. Arid Land*. 12:144–153.
- Dadkhah, A. 2010.** Salinity effect on germination and seedling growth of four medicinal plants. *Iranian J. Med. Aromat. Plants*. 26:358-369.
- Ebrahimi, O., M. Mohammad, H. Esmaeili, H. Sabouri, and A. Tahmasebi. 2012.** Effects of salinity and drought stresses on germination of two rangeland plants of *Agropyron elongatum* and *Agropyron desertorum*. *Desert Ecosyst. Eng. J.* 1:31-38.
- El-hamamsy, S.M.A., and H.A.Z. El-khamissi. 2018.** Morphological and biochemical evaluation of some Egyptian wheat genotypes under salini. *Biol Chem. Environ. Sci.* 13:45-62.

- El-Keblawy, A. 2013.** Impacts of dormancy regulating chemicals on innate and salinity-induced dormancy of four forage grasses native to Arabian deserts. *Grass Forage Sci.* 68:288–296.
- El Mekkaoui, M. 1987.** Contribution to the study of salt tolerance in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) And barley (*Hordeum vulgare* L.). Diploma of DAA-Agricultural engineer, Montpellier. 1:98-105.
- El Mekkaoui, M. 1990.** Study of the mechanisms of tolerance to salinity in durum wheat (*T. durum* Desf.) And barley (*H. vulgare* L.): research of early selection tests. Doctoral thesis in Agronomic Sciences, USTLMontpellier. 1:191-199.
- Farkhah, A., H. Heydari Sharifabad, M. Gurbanli, and H. Shakerbazarno. 2003.** The effect of salinity on the germination of three species of salsola, *Aeluropus lagopoides* and *Alhagi persarum, dendroides*. *Sci. Res. Q. Genet. Res. Breed. Pastur For. Plants Iran.* 11:1-13. (In Persian, with English Abstract)
- Pourmohammadi, S., and M. Taghi Dasturani. 2015.** Investigating the features of the flow and sediment regime in arid and semi-arid areas, a case study: Lorestan province. *Geogr. Dev.* 4:195-210. (In Persian, with English Abstract)
- Gholami, P., J. Ghorbani, and S.h. Ghaderi. 2012.** The investigation of seed germination and early growth of *Stipa arabica* Trin. & Rupr. Under drought and salinity. *Iranian J. Plant Ecosyst.* 8:17-27. (In Persian, with English Abstract)
- Gholami, P., J. Ghorbani, S.h.G. haderi, F. Salarian, and A. Karimzadeh. 2010.** Assessment of germination indices for *Vicia monantha* under salinity and drought stresses. *Iranian J. Range. Res.* 4:1-11. (In Persian, with English Abstract)
- Ghaderi, S.h., J. Ghorbani, P. Gholami, A. Karimzadeh, and F. Salarian. 2011.** Effect of drought and salinity stress on germination indices of *Vicia villosa* L. *J. Agroecol.* 3:121-130.
- Gulzar, S., and M. Ajmal Khan. 2001.** Seed germination of a halophytic grass *Aeluropus lagopoides*. *Ann. Bot.* 87:319-324.
- Hadi, M.R., R. Taheri, and M.A. Sharif. 2007.** Study effects of salinity on the seed germination of *Seidlitzia rosmarinus*. *Pajouhesh and Sazandegi.* 76:151-157. (In Persian)
- Hassan, F., and M. Hassan. 2018.** The use of seed vigour tests for predicting field emergence in *Acacia senegal* and *Acacia mellifera*. *Int. J. Appl. Sci.* 1:93-99.
- Hosseini, H., and P. Rezvani Moghadam. 2006.** Effect of water and salinity stress in seed germination on Isabgol (*Plantago ovata*). (In Persian, with English Abstract). *Iranian J. Field Crops Res.* 4:15-22. (In Persian, with English Abstract)
- Kafi, M., A. Nezami, H. Hosaini, and A. Masomi. 2005.** Physiological effects of drought stress by polyethylene glycol on germination of lentil (*Lens culinaris* Medik.) genotypes. *Agron. Res. Iran.* 3:69-80. (In Persian, with English Abstract)
- Kajary, A., and A. Zinli. 1999.** The effect of salinity and drought on germination and seedling growth of two cotton cultivars. (In Persian, with English Abstract). *Seedlings and Seeds.* 18:500-5003.
- Karimi, Q., H. Heidari Sharifabad, and M.H. Extract. 2004.** Effects of Salinity Stress on Germination, Seedling Establishment and Peroline Content in *Atriplex Verrucifera* Species. *Genet. Res. Modif. For. Range. Plants.* 12:432-419. (In Persian, with English Abstract)
- Kaya, M., G. Okcu, M. Atak, Y. Cikili, and O. Kolsarci. 2006.** Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Eur. Sci. J.* 24:291-295.
- Keshavarz Afshar, R., M. Kikhavad, M. Chaichi, and M. Ansari. 2012.** The effect of different levels of salinity and drought on germination characteristics and seedling turnip forage. *Iranian J. Crop Sci.* 4:661-671. (In Persian, with English Abstract)
- Marchner, H. 1995.** Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, Amsterdam, Netherlands.
- Mallek-Maalej, E., F. Boulasnem, and M. Ben Salem. 2004.** Effect of salinity on the germination of cereal seeds cultivated in Tunisia. *Agric. Notebooks.* 12:153-156.

- Majnon Hoseini, N., R. Tavakol Afshari, and S. Ehsanfar. 2002.** Effects of drought stress induced by PEG in seed germination indices of wheat. Proc. 8th Iranian Natl. Congr. Crop Sci, Iran. (In Persian, with English Abstract)
- Mganga, K.Z., N.K.R. Musimba, and D.M. Nyariki. 2015.** The choice of grass species to combat desertification in semi-arid Kenyan rangelands is greatly influenced by their forage value for livestock. Grass Forage Sci. 70:161–167.
- Michel, B.E., and M.R. Kaufmann. 1973.** The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiol. 51:914-916.
- Mittova, V.M., M. Guy, and M. Volokita. 2004.** Salinity upregulates the antioxidative system in root mitochondria and peroxisomes of the wild salt-tolerant tomato species *Lycopersicon pennellii*. J. Exp. Bot. 55:1105-1113.
- Mosleh Arani, A., G. Bakhshi Khaniki, N. Nemati, and M. Soltani. 2002.** Investigation of the effect of salinity stress on germination and seed vigor in three species of *Salsola* (*Salsola arbuscula*, *Salsola yazdiana*, *Salsola abarghuensis*). Two Q. J. Genet. Res. Range. For. Plant Breed. Iran. 18:267-279. (In Persian, with English Abstract)
- Mukhopadhyay, R., C.T. Hash, A.G.B. Raj, and P.B.K. Kishor. 2005.** Assessment of opportunities to map pearl millet tolerance to salinity during germination and early seedling growth. Int. Sorghum Millets Newsl. 46:117-119.
- Osman, A.E., M. Makawi, and R. Ahmed. 2008.** Potential of the indigenous desert grasses of the Arabian Peninsula for forage production in a water-scarce region. Grass Forage Sci. 63:495–503.
- Peacock, J.M.F., M.E. Erguson, and G.A. Alhadrami. 2003.** Conservation through utilization: a case study of the indigenous forage grasses of the Arabian Peninsula. J. Arid Environ. 54:15–28.
- Pirasteh-Anosheh, H., G. Ranjbar, Y. Emam, and M. Ashraf. 2014.** Salicylic acid-induced recovery ability in saltstressed *Hordeum vulgare* plants. Turk. J. Bot. 38:112-121.
- Saadallah, K., J.J. Drevon, and C. Abdelly. 2001.** Nodulation and nodular growth in beans (*Phaseolus vulgaris*) under saline stress. Agronomy. 21:627–634.
- Shalata, A., V. Mittova, M. Volokita, M. Guy, and M. Tal. 2001.** Response of the cultivated tomato and its wild salt-tolerant relative *Lycopersicon pennellii* to salt-dependent oxidative stress: The root antioxidative system. Physiol. Plant. 112:487-494.
- Sharma, A.D., M. Thakur, M. Rana, and K. Singh. 2004.** Effect of plant growth hormones and abiotic stresses on germination, growth and phosphates activities in *Sorghum bicolor* L. Moench seeds. Afr. J. Biotechnol. 3:308-312.
- Soltani, A., M. Gholipoor, and E. Zeinali. 2006.** Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. (In Persian, with English Abstract). Environ. Exp. Bot. 55:195-200.
- Souleymane, S., C. Brahim, K. Tchoa, T. Seydou, K. Adjata, K. Daouda, and Z. Michel. 2020.** Salinity Stress Effect on the Germination of Three Cereals: Maize (*Zea mays*), Millet (*Pennisetum glaucum*) and Rice (*Oriza sativa*). J. Plant Soil Sci. 32:69-78.
- Tamartash, R., F. Shokrian, and M. Kargar. 2010.** Effects of salinity and drought stress on *Trifolium alexanderium* L. seed germination properties. Rangeland. 4:288-297.
- Taisan, W. 2010.** Comparative Effects of Drought and Salt Stress on Germination and Seedling Growth of *Pennisetum divisum* (Gmel.) Henr. Am. J. Appl.Sci. 7: 640-646.
- Wang, Z., A.C. Bovik, H.R. Sheikh, and E.P. Simoncelli. 2004.** Study on embryology of *Haloxylon ammodendron* I. Preliminary observation on microsporogenesis and formation of male gametophytes and apomixis in megasporogenesis. J. Desert Res. 24:768-772.
- Weisz, P.R., R.F. Denison, and T.R. Sinclair. 1985.** Response to drought stress of nitrogen fixation (acetylene reduction) rates by field-grown soybeans. Plant Physiol. 78:525-530.
- Werner, J.E., and R.R. Finkelstein. 1995.** Arabidopsis mutants with reduced response to NaCl and osmotic stress. Acta Physiol. Plant. 93:659-666.

Yakubu, H., A.L. Ngala, and Y. Dugje. 2010. Screening of Millet (*Pennisetum glaucum* L.) varieties for salt tolerance in semi-arid soil of northern Nigeria. World J. Agric. Sci. 6:374-380.

Zahtabian, G., and M. Javadi. 2003. Investigating the effect of drought stress on the germination of three pasture species of Salsola genus *Salsola richteri* - *Salsola rigida* - *Salsola dendroides*. Desert. 8:20-32.

Zahtabian, G., H. Azarnivand, M. Javadi, and E. Shahriari. 2005. Investigation of the effect of salinity stress on the germination of two types of pasture from the genus *Agropyron*". Biaban Mag. 10: 301-310. (In Persian)