زیست‌شناسی گیاهی ایران، سال هفتم، شماره بیست و چهارم، تابستان ۱۳۹۴، صفحه ۱-۱۴
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۱۱/۲۱
تاریخ بررسی مجدد: ۱۳۹۳/۰۲/۲۲
تاریخ بررسی مجدد: ۱۳۹۳/۰۵/۰۴
تاریخ بررسی مجدد: ۱۳۹۳/۰۷/۲۲
تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۳/۱۰/۱۷

بررسی برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه *Salsola richteri* در شرایط خشکی، در دو منطقه کویری استان خراسان جنوبی

مرضیه بهادران، پروانه ابریشم‌چی، حمید اجتهادی * و فرشته قاسم‌زاده
گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

چکیده

گیاه *Salsola richteri* از گیاهان تیره Chenopodiaceae است که گستره رویش آن در ایران، عرصه‌های بیابانی شمال و شرق کویر مرکزی ناحیه ایرانی-تورانی است. تحقیق حاضر با هدف بررسی ویژگی‌های فیزیولوژیک این گیاه با شرایط خشکی صورت گرفت. نمونه‌برداری از گیاه در مرحله گل‌دهی از دو منطقه کویری شاهرخت و بشرویه در استان خراسان جنوبی انجام شد و ارتباط تنش خشکی با غلظت پرولین، یون‌های سدیم و پتاسیم، پروتئین‌های محلول، ترکیبات فلاونوئیدی و فعالیت آنزیم اسید فسفاتاز در برگ‌های گیاه *S. richteri*، در دو ایستگاه مطالعاتی بررسی و مقایسه شد. نتایج نشان داد که کلیه شاخص‌های مطالعه شده به طور معنی‌داری در برگ‌های گیاهان منطقه بشرویه بیشتر از منطقه شاهرخت است. با توجه به این که میانگین دمای ماهیانه منطقه بشرویه نسبت به منطقه شاهرخت بیشتر و رطوبت خاک آن کمتر است، بنابراین گیاهان رشد یافته در منطقه بشرویه با تنش کم آبی بیشتری روبه‌رو هستند و ممکن است برتری معنی‌دار غلظت ترکیبات مذکور و همچنین فعالیت بیشتر آنزیم اسید فسفاتاز در گیاهان این منطقه، نسبت به منطقه شاهرخت، نشانه‌ای از مقاومت فیزیولوژیک بهتر آنان با شرایط تنش‌زا باشد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، خراسان جنوبی، مقاومت فیزیولوژیک، *Salsola richteri*

مقدمه

خشکی، یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. سرعت آسیب گیاه در مقابل کم آبی بستگی به گونه گیاهی، ظرفیت نگهداری آب و میزان تبخیر دارد (Rahdari and Hoseini, 2012). نواحی کویری، عرصه‌های وسیعی هستند که گیاهان در آنها رشد می‌کنند. بقای گیاهان کویری وابسته به توانایی سازگاری این گیاهان با تنش‌های مناطق رویشی آنها است. گیاهان می‌توانند با افزایش جذب آب (ایجاد ریشه‌های عمیق) یا کاهش

*نویسنده مسؤول: نشانی پست الکترونیک: hejtehadi@um.ac.ir، شماره تماس: ۰۵۱۳۸۷۶۲۲۲۷

Archive of SID
www.SID.ir

اتلاف آب (بستن روزنه‌ها و کاهش سطح برگ) از تنش خشکی ممانعت کنند (Kozlowski and Pallardy, 2002).

سلول‌های گیاهی برای مقابله با کمبود آب، غلظت برخی یون‌ها مانند پتاسیم، سدیم، کلسیم و نیترات را در واکوئل و برخی متابولیت‌ها مانند قند و آمینو اسیدها به ویژه قند را به عنوان مواد محلول سازگار (compatible solutes) در سیتوسل افزایش می‌دهند تا به این ترتیب با کاهش پتانسیل اسمزی، فشار تورژسانس سلول‌ها در سطح بالا حفظ شود و ادامه فعالیت‌های فیزیولوژیک گیاه از جمله رشد و حرکات روزنه‌ای، ممکن گردد (Bohnert *et al.*, 1999؛ Martinez *et al.*, 2003؛ Bartels and Sunkar, 2005). برای نمونه، افزایش غلظت پرولین در سیتوپلاسم برگ گیاه پنبه (Parida *et al.*, 2007) و در ساقه سه رقم نخود (Nasr Esfahani, 2013)، تجمع سدیم در واکوئل‌های برگ ذرت (Hu *et al.*, 2007) و افزایش درون شارش یون‌های پتاسیم به واکوئل‌های باقلا (Bouteau *et al.*, 2001) هنگام مواجهه با تنش کم آبی گزارش شده است. مواد محلول سازگار علاوه بر مشارکت در حفظ آماس سلولی، باعث ثبات ساختار به پروتئین‌ها، غشاها و ساختارهای سلولی می‌شوند و ممکن است به عنوان سمّ‌زدای گونه‌های واکنشگر اکسیژن (Reactive Oxygen Species) عمل نمایند (Bohnert and Shen, 1999).

خشکی، بیوشیمی و فیزیولوژی سلول‌های گیاهی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و به این ترتیب، بیان برخی از ژن‌ها و به دنبال آن سنتز و تجمع پروتئین‌های خاص، طی تنش تغییر می‌کند. تفاوت در بیان پروتئین، تجمع و سنتز آن به عنوان نتیجه‌ای از در معرض قرارگرفتن گیاهان در تنش خشکی در طول دوره رشد است. سنجش پروتئین‌های محلول در ذرت (Mohammadkhani and Heidari, 2008a) و گندم (Asghari and Ebrahimzadeh, 2006) نشان داده است که تنش خشکی موجب القا یا افزایش سنتز پروتئین‌ها می‌شود که برخی از آنها مانند آنزیم اسید فسفاتاز (Ehsanpour and Amini, 2004) موجب سازگاری گیاه در برابر این شرایط می‌شوند. زمانی که فعالیت اسید فسفاتاز گیاهی تحت تنش زیاد می‌شود، گیاه نسبت به شرایط تنش، سازگاری بیشتری پیدا می‌کند. آنزیم اسید فسفاتاز با آزادسازی فسفات محلول از ترکیبات غیرمحلول، باعث تنظیم پتانسیل اسمزی در تنش کم آبی سلول می‌شود (Sharma and Kaur, 2007). کمبود آب، افزایش فعالیت اسید فسفاتاز در برگ‌های *Vigna unguiculata* (Takaoki, 1986) و بذر دو رقم گندم نان (Razeghi Yadak and Tavakol Afshari, 2010) را به دنبال داشته است.

همچنین در تنش خشکی، گونه‌های واکنشگر اکسیژن تولید می‌شوند. این ترکیبات در مسیر ترارسانی علامت برای پاسخ سلول‌ها به تنش، به عنوان پیک ثانویه عمل می‌کنند، اما تولید زیاد آنان موجب اکسید شدن لیپیدها، تغییر ساختار غشا و ساختمان پروتئین‌ها، غیرفعال شدن آنزیم‌ها، تخریب رنگدانه‌ها و آسیب مولکول‌های DNA می‌شود (Sharkey and Schrader, 2006). گیاهان، برای کنترل گونه‌های واکنشگر

Archive of SID

www.SID.ir

اکسیژن، مجموعه‌ای از سیستم‌های آنتی‌اکسیدان را درگیر می‌کنند (Duan *et al.*, 2005). فلاونوئیدها یکی از ترکیبات آنتی‌اکسیدان هستند که نقش مهمی در تعامل گیاه با محیط اطرافش ایفا می‌کنند، در سازوکارهای دفاعی گیاه درگیر می‌شوند و سطح آنها به عنوان یک پاسخ دفاعی در تنش‌های زیستی و غیرزیستی افزایش می‌یابد (Ebrahimian and Bybordi, 2012). افزایش غلظت ترکیبات کل فلاونوئیدی در سیب‌زمینی (Watkinson *et al.*, 2006) و *Cistus clusii* (Hernandez *et al.*, 2004) با اعمال تنش خشکی، نقش آنتی‌اکسیدانی این ترکیبات را نشان می‌دهد.

گیاه *Salsola richteri* (Moq.) Karel ex Litv. از تیره Chenopodiaceae (Amaranthaceae در طبقه‌بندی جدید)، با پراکنش جهانی شرق مرکز ایران، سرزمین‌های پست ماورای خزر تا شمال بلوچستان و دامنه‌های پامیرالای و تیان‌شان است. گستره رویش این گونه در ایران، عرصه‌های بیابانی شرق و شمال کویر مرکزی در ناحیه رویشی ایرانی-تورانی است (Rechinger, 1963-1998). *S. richteri* از گیاهان شن‌روی (psammophyte) و مقاوم به خشکی است که به دلیل داشتن ریشه‌های عمیق و گسترده، توانایی بالایی در استفاده از رطوبت خاک و همچنین مقابله در برابر بادهای شدید و تثبیت تپه‌های شنی دارد (Shomurodov *et al.*, 2013).

با توجه به شرایط بسیار سخت آب و هوایی در مناطق کویری، تنها تعداد محدودی از گونه‌های گیاهی قادر به سازش با این شرایط هستند. استفاده از گیاهان سازگار با شرایط خشکی، برای جلوگیری از فرسایش بادی، آبی، خاک و همچنین تعدیل آب و هوای مناطق خشک، تأثیرات بسیار ثمربخشی در این مناطق به دنبال خواهد داشت. بنابراین، برای ایجاد پوشش گیاهی در مناطق کویری و خشک، می‌توان از این گیاهان استفاده کرد. به این منظور، در تحقیق حاضر، برخی صفات فیزیولوژیک ایجادکننده مقاومت به خشکی در گیاه *S. richteri* در کویر بشرویه و شاهرخت در استان خراسان جنوبی بررسی و نتایج دو ایستگاه مطالعاتی مقایسه شد.

مواد و روش‌ها

مناطق مورد مطالعه: در بررسی حاضر، کویر بشرویه در شمال غربی استان خراسان جنوبی، در محدوده جغرافیایی ′۴۸ °۳۳ شمالی و ′ ۴۲ °۵۷ شرقی، ارتفاع متوسط ۱۰۴۰ متر از سطح دریا، بارندگی سالیانه ۹۷/۳ میلی‌متر و دمای سالیانه ۲۰/۷ درجه سانتیگراد به عنوان ایستگاه تحقیقاتی اول و کویر شاهرخت در شمال شرقی استان خراسان جنوبی، در محدوده جغرافیایی ′۳۵ °۳۳ شمالی و ′۰۹ °۶۰ شرقی و ارتفاع متوسط ۸۸۰ متر از سطح دریا به عنوان دومین ایستگاه تحقیقاتی در نظر گرفته شد. میانگین بارندگی و دمای سالیانه این منطقه به ترتیب ۱۷۵ میلی‌متر و ۱۶/۶ درجه سانتیگراد است. هر دو منطقه بر اساس روش جغرافیایی دومارتن، اقلیم خشک دارند (Khamchin Moghaddam and Pazhand, 2009).

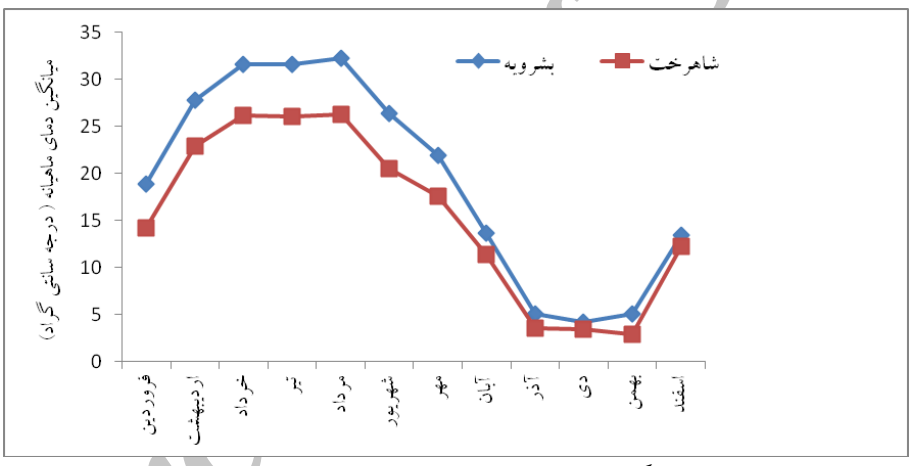
نمونه‌برداری: نمونه‌برداری از گیاه *S. richteri* در دو ایستگاه مورد مطالعه در تیرماه ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱، همزمان

Archive of SID

www.SID.ir

با مرحله گل‌دهی گیاه با روش تصادفی انجام شد. برای انجام مطالعات بیوشیمیایی، برگ‌های گیاه از سه پایه گیاه (سه تکرار) جمع‌آوری و پس از انتقال به آزمایشگاه، بخشی از آنها در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد منجمد و مقداری نیز در دمای محیط خشک شدند. رطوبت خاک با روش وزنی تعیین و منحنی متوسط درجه حرارت ماهیانه، برای هر دو منطقه رسم شد. همچنین خاک دو منطقه در آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، از نظر نوع بافت، اسیدیته (pH)، هدایت الکتریکی (EC) و میزان فسفر و پتاسیم بررسی شدند.

رطوبت خاک و میانگین درجه حرارت ماهیانه در مناطق مورد بررسی: خاک منطقه بشرویه نسبت به منطقه شاهرخت درصد رطوبت کمتری داشت (جدول ۱) و تفاوت معنی‌داری را از نظر آماری نشان داد ($P\leq0.05$). همچنین، میانگین دمای هوای دو منطقه نشان داد (شکل ۱) که در تمام ماه‌های سال میانگین دمای هوای بشرویه نسبت به منطقه شاهرخت بیشتر است. با توجه به منحنی متوسط دمای ماهیانه و رطوبت خاک، منطقه بشرویه نسبت به منطقه شاهرخت خشک‌تر است.



شکل ۱- میانگین دمای ماهیانه مناطق شاهرخت و بشرویه در سال ۱۳۹۰

ویژگی‌های خاک مناطق مورد بررسی: نتایج آزمایش خاک دو منطقه شاهرخت و بشرویه، شامل: بافت خاک، هدایت الکتریکی، اسیدیته، رطوبت و میزان فسفر و پتاسیم خاک در جدول ۱ آمده است.

با توجه به بافت شنی خاک دو منطقه، گیاه در خاک سبک که قابل تهویه است، به خوبی رشد می‌کند. هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک هر دو منطقه، کمتر از ۴ بود و به این ترتیب جزو خاک‌های شور محسوب نمی‌شوند. اسیدیته خاک هر دو ایستگاه بیشتر از ۸ بود، بنابراین خاک‌های قلیایی برای رشد و نمو این گیاه مناسب است. خاک محل رویش گیاه، دارای مقدار زیادی فسفر و پتاسیم بود.

استخراج و سنجش میزان پرولین در برگ: پرولین موجود در نمونه‌های برگ گیاه، بر اساس روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) با استفاده از سولفوسالیسیلیک اسید آبدار ۳ درصد، با نسبت ۱:۲۰ (وزنی/حجمی) استخراج شد. میزان جذب نوری پرولین با اسپکتروفتومتر (مدل UV-120-02، شرکت Shimadzu، ژاپن) در طول

www.SID.ir

موج ۵۲۰ نانومتر با استفاده از تولوئن به عنوان شاهد خوانده شد. سنجش مقدار پرولین موجود در نمونه‌های برگ، با سه تکرار برای هر نمونه انجام شد. پس از رسم منحنی استاندارد، مقدار پرولین موجود در نمونه، بر حسب میکروگرم در میلی‌لیتر و در نهایت بر اساس رابطه ۱، بر حسب میکرومول در صد گرم وزن تر نمونه محاسبه شد.

رابطه ۱: میکرومول پرولین در گرم وزن تر =

$$\left[\frac{\text{Proline }(\mu g)}{\text{ml}} \times \frac{\text{Toloen }(ml)}{115.5\ (\mu g/\mu mol)}\right] \div \frac{\text{Sample(gr)}}{5}$$

جدول ۱- مقایسه ویژگی‌های خاک در دو منطقه بشرویه و شاهرخت

منطقه مورد مطالعه	بافت	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته	رطوبت (درصد)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
بشرویه	شنی	۰/۵۴	۸/۶۷	۰/۲۵	۳۳	۳۴۷/۶
شاهرخت	شنی	۲/۰۲	۸/۳۲	۰/۴	۳۸/۶	۳۶۸/۸

اندازه‌گیری میزان سدیم و پتاسیم: برای سنجش میزان سدیم و پتاسیم برگ، از روش Ryan و همکاران (۲۰۰۱) استفاده شد. ابتدا خاکستر تر گیاهی با استفاده از نیتریک اسید غلیظ تهیه و سپس میزان عناصر سدیم و پتاسیم موجود در خاکستر تر با دستگاه نورسنج شعله‌ای (مدل PFP7، شرکت Jenway؛ انگلستان) اندازه‌گیری شد و بر اساس نمودار استاندارد، غلظت پتاسیم و سدیم در عصاره گیاهی و سپس در صد گرم وزن خشک برگ تعیین گردید.

استخراج و سنجش فعالیت آنزیم اسید فسفاتاز: استخراج و سنجش فعالیت آنزیم اسید فسفاتاز با روش Mclachlan (۱۹۸۰) انجام شد. برای تهیه عصاره آنزیمی، بافت تازه گیاه با نسبت ۱:۲۵ (وزنی/حجمی) در بافر استات ۰/۲ مولار (اسیدیته = ۵/۸) ساییده و همگنای حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتیگراد و در ۲۷۰۰ دور سانتریفیوژ شد. واکنش آنزیمی با افزودن ۴/۵ میلی‌لیتر پارا نیترو فنل فسفات ۴ میلی‌مولار و ۰/۴۵ میلی‌لیتر بافر استات به ۰/۰۵ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی آغاز شد. سپس، مخلوط واکنش به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی و دمای ۳۰ درجه سانتیگراد قرار گرفت و پس از آن، ۲ میلی‌لیتر NaOH یک مولار به آن اضافه شد. میزان جذب پارا نیترو فنل آزاد شده در طول موج ۴۰۴ نانومتر، توسط اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری و در نهایت، فعالیت آنزیم اسید فسفاتاز بر اساس واحد آنزیمی در ۱۰۰ گرم وزن تر بافت برگ محاسبه شد.

هر واحد آنزیمی اسید فسفاتاز قادر است در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد و اسیدیته ۴/۸ ، یک میکرومول پارا نیترو فنل فسفات را به پارا نیترو فنل هیدرولیز کند.

استخراج و سنجش مقدار کل پروتئین‌های محلول: پروتئین‌های محلول در برگ، با استفاده از بافر فسفات پتاسیم ۰/۱ مولار (اسیدیته =۷/۴) با نسبت ۱:۲۰ (وزنی/حجمی) استخراج شدند. مقدار پروتئین در طول موج ۶۶۰ نانومتر، توسط اسپکتروفتومتر و با روش تغییر یافته Lowry و همکاران (۱۹۵۱) اندازه‌گیری شد. منحنی استاندارد با کمک آلبومین سرم گاوی رسم گردید و در نهایت، غلظت پروتئین بر حسب میلی‌گرم

Archive of SID

www.SID.ir

در گرم وزن تر نمونه گیاهی محاسبه شد.

استخراج و سنجش مقدار کل ترکیبات فلاونوئیدی: ترکیبات فلاونوئیدی موجود در برگ، بر اساس روش Change و همکاران (۲۰۰۲) با تهیه عصاره متانولی برگ با نسبت ۱:۲۰ (وزنی/ حجمی) استخراج شدند. جذب نوری مخلوط واکنش، توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۱۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. مقدار کل ترکیبات فلاونوئیدی موجود در عصاره‌ها، بر اساس منحنی استاندارد کوئرستین (Q) محاسبه شد و بر حسب گرم کوئرستین در ۱۰۰ گرم بافت خشک گیاه تعیین شد.

تحلیل آماری: مقایسه میانگین‌ها، توسط آزمون t در سطح احتمال خطای ۵ درصد ($P\leq0.05$) با نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ انجام شد و نمودارهای مربوطه نیز توسط نرم‌افزار Excel رسم شد.

نتایج

سنجش بیوشیمیایی: نتایج این تحقیق نشان داد که میانگین غلظت پرولین در برگ گیاهان منطقه بشرویه ۱۳۸ میکرومول و محتوای پرولین محلول در برگ گیاهان منطقه شاهرخت ۹۵/۶۷ میکرومول در ۱۰۰ گرم وزن تر برگ است. این مقادیر نشان دهنده میزان پرولین بیشتر در برگ‌های گیاهان منطقه بشرویه است. همچنین، میانگین غلظت سدیم و پتاسیم در برگ‌های گیاهان منطقه بشرویه ۲/۱ و ۲/۴۹ گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک برگ محاسبه شد. میانگین غلظت محاسبه شده این عناصر در گیاهان منطقه شاهرخت ۱/۲۶ و ۱/۲ گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک برگ است. این مقادیر بیانگر محتوای سدیم و پتاسیم و نسبت سدیم و پتاسیم بیشتر در برگ‌های گیاهان منطقه بشرویه نسبت به منطقه شاهرخت است. میانگین مقدار کل پروتئین محلول در برگ‌های گیاهان منطقه بشرویه ۳۸/۵۸ میلی‌گرم و این مقدار در برگ‌های گیاهان منطقه شاهرخت ۲۹/۵ میلی‌گرم در یک گرم بافت تر برگ گزارش شد. همان طور که مشخص است میانگین مقدار کل پروتئین محلول در برگ‌های گیاهان منطقه بشرویه بیشتر از گیاهان منطقه شاهرخت است. میانگین فعالیت آنزیم اسید فسفاتاز موجود در برگ‌های رشد یافته در منطقه بشرویه برابر با ۳۲۲۰۰ واحد و میانگین فعالیت این آنزیم در برگ‌های گیاهان منطقه شاهرخت برابر با ۲۰۵۳۳/۳ واحد در ۱۰۰ گرم بافت تر برگ گیاه است. همان طور که مشخص است فعالیت این آنزیم در گیاهان منطقه بشرویه بیشتر است. همچنین، میانگین غلظت ترکیبات فلاونوئیدی موجود در برگ گیاهان منطقه بشرویه برابر با ۲/۳۲ گرم و مقدار این ترکیبات در برگ گیاهان منطقه شاهرخت برابر با ۲/۰۶ کوئرستین در ۱۰۰ گرم بافت خشک گیاه است. همانند سایر موارد در پژوهش حاضر، میانگین غلظت ترکیبات فلاونوئیدی در گیاهان منطقه بشرویه بیشتر از منطقه شاهرخت است (جدول ۲). به طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد محتوای پرولین، مقدار سدیم و پتاسیم، مقدار کل پروتئین‌های محلول و فعالیت آنزیم اسید فسفاتاز و همچنین مقدار کل ترکیبات فلاونوئیدی برگ گیاهان منطقه بشرویه، در زمان گل‌دهی (تیرماه) نسبت به منطقه شاهرخت بیشتر بود و از نظر آماری تفاوت معنی‌داری داشت ($P\leq0.05$).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- میانگین میزان پرولین، عناصر سدیم و پتاسیم، پروتئین‌های محلول، فعالیت آنزیم اسید فسفاتاز و ترکیبات فلاونوئیدی موجود در برگ گیاه *Salsola richteri* در مناطق شاهرخت و بشرویه. داده‌ها نشان دهنده میانگین ۳ تکرار ± انحراف معیار است. حروف یکسان بیانگر معنی‌دار نبودن تفاوت‌ها در آزمون t در سطح $P\leq0.05$ است (FW وزن تر، DW وزن خشک)

منطقه مورد مطالعه	پرولین (µmol/100g FW)	سدیم (g/100g DW)	پتاسیم (g/100g DW)	پتاسیم/سدیم
بشرویه	۱۳۸ ± ۱/۵۲[a]	۲/۱ ± ۰/۰۵۷[a]	۲/۴۹ ± ۰/۰۱۵[a]	۱/۷۳ ± ۰/۱۶
شاهرخت	۹۵/۶۷ ± ۲/۰۲[b]	۱/۲۶ ± ۰/۰۸۸[b]	۱/۲ ±۰/۰۲۸[b]	۱/۰۳ ± ۰/۱۸

منطقه مورد مطالعه	پروتئین محلول (mg/g FW)	فعالیت آنزیم اسید فسفاتاز (unit/100g FW)	ترکیبات فلاونوئیدی (g Q/100g DW)
بشرویه	۳۸/۵۸ ±۰/۴۴[a]	۳۲۲۰۰± ۸۰۸/۲۹[a]	۲/۳۲ ± ۰/۰۴۰[a]
شاهرخت	۲۹/۵ ±۰/۵۷[b]	۲۰۵۳۳/۳ ± ۷۰۹/۶۵[b]	۲/۰۶ ± ۰/۰۱۷[b]

بحث

بقای گیاهان در عرصه‌های خشک و نیمه‌خشک به میزان در دسترس بودن آب و سازگاری گیاهان با این شرایط بستگی دارد. سازش گیاهان با شرایط خشکی، از طریق کاهش اتلاف آب و یا تنظیم پتانسیل اسمزی صورت می‌گیرد و تنظیم اسمزی نیز با تجمع مواد محلول در سیتوپلاسم ارتباط دارد.

پرولین از جمله ترکیبات محلولی است که تجمع آن در سیتوپلاسم از طریق کاهش پتانسیل اسمزی و پتانسیل آب و در نتیجه کمک به حفظ و نگهداری آب در سلول، موجب مقاومت گیاه به شرایط کم آبی می‌شود (Karamanos, 1995). پرولین در سمّزدایی رادیکال‌ها در تنش خشکی نیز نقش دارد، بنابراین در کاهش صدمات وارده به گیاهان در اثر از دست دادن آب مؤثر است (Mohammadkhani and Heidari, 2008b). این ترکیب همچنین از ساختار پروتئین در مقابل تغییر ماهیت محافظت می‌کند و پایداری غشای سلولی را تأمین می‌کند (Claussen, 2005).

نتایج حاصل از بررسی میزان پرولین نشان داد که مقدار پرولین در برگ‌های گیاه *S. richteri* در منطقه بشرویه که کم آبی و خشکی در آنجا شدیدتر از منطقه شاهرخت است، بیشتر بود. در تأیید نتایج پژوهش حاضر، Aziz و Khan (۲۰۰۴) افزایش غلظت پرولین با افزایش شدت تنش خشکی در چهار گونه گیاهی بیابانی: *Aerva javanica*، *Abutilon indicum*، *Calotropis procera* و *Senna holosericea* گزارش کرده‌اند. همچنین، Kala و Godara (۲۰۱۱) علت افزایش مقدار پرولین در برگ‌های گیاه *Ziziphus mauritiana* را روبرو شدن گیاه با شرایط کم آبی دانسته‌اند. تجمع معنی‌دار پرولین در گیاهان گندم و جو تیمار شده با درجات مختلف خشکی، از یافته‌های Alexieva و همکاران (۲۰۰۱) است. بر اساس گزارش Mamnoei و Seyed Sharifi (۲۰۱۰) نیز تجمع پرولین در برگ گیاهان شش ژنوتیپ جو با افزایش شدت تنش کم آبی افزایش یافته است.

برخی از عناصر نیز در ایجاد مقاومت گیاهان به تنش خشکی مؤثرند. پتاسیم یکی از مهم‌ترین کاتیون‌های مورد نیاز گیاه است که در تنظیم پتانسیل اسمزی نقش دارد (Kidambi *et al*., 1990). گیاهانی که پتاسیم بیشتری دارند، سازگاری بیشتری به کمبود آب نشان می‌دهند. افزایش پتاسیم در اندام هوایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی، هنگام مواجهه با شرایط

Archive of SID

www.SID.ir

کم آبی گزارش شده است (Ashraf and Mehmood, 1990). سدیم، یکی دیگر از عناصری است که هنگام روبرو شدن گیاه با شرایط خشکی در سیتوپلاسم انباشته می‌شود. تجمع سدیم، نوعی عکس‌العمل گیاه در راستای منفی کردن پتانسیل اسمزی و افزایش فشار تورژسانس سلول‌های برگ و جلوگیری از افت پتانسیل آب در شرایط کمبود آب است (Osuagwu and Edeoga, 2012).

بر اساس نتایج پژوهش حاضر، غلظت‌های بیشتری از سدیم و پتاسیم در برگ‌های گیاهان منطقه بشرویه، که نسبت به منطقه شاهرخت با تنش خشکی و کم آبی بیشتری روبرو بودند، اندازه‌گیری شد. همچنین، نسبت غلظت سدیم به پتاسیم در گیاهان منطقه بشرویه بیشتر از منطقه شاهرخت بود. بسیاری از هالوفیت‌ها پاسخ رشدی مناسبی به سدیم می‌دهند، این در صورتی است که سدیم برای بسیاری از گلیکوفیت‌ها مرگ‌آور است. بررسی‌ها نشان می‌دهند که سدیم اضافی در بیشتر هالوفیت‌ها در واکوئل‌ها تجمع می کند و ضمن ممانعت از سمّیت اندامک‌های سیتوپلاسمی موجب تنظیم اسمزی نیز می‌گردد (Mosleh Arany *et al*., 2012). همچنین، مقدار پتاسیم در خاک منطقه بشرویه نسبت به منطقه شاهرخت کمتر، و در عین حال، غلظت پتاسیم در برگ‌های گیاهان منطقه بشرویه بیشتر بود که این امر می‌تواند ناشی از وجود یک راهکار برای مبارزه با اثر خشکی باشد. در راستای پژوهش حاضر، افزایش غلظت سدیم و پتاسیم در ذرت و سورگوم (Rahdari and Hoseini, 2012) و *Portulaca oleraceae* (Erdei and Taleisnik, 1993) و افزایش غلظت سدیم در گیاه ذرت (Hu *et al*., 2007) و گندم (Abdalla and El-Khoshiban, 2007) هنگام اعمال تنش خشکی گزارش شده است. همچنین، Akhondi و همکاران (۲۰۰۶) در مطالعه تغییرات عناصر در سه نوع یونجه نشان داده‌اند که غلظت سدیم و پتاسیم در اثر تنش خشکی در اندام‌های گیاه افزایش می‌یابد.

تنش خشکی، باعث تغییر در بیان ژن‌ها می‌شود که برخی از این تغییرات باعث تفاوت در سطح پروتئین می‌شوند (Rock, 2000). افزایش غلظت پروتئین محلول در تنش خشکی موجب سازگاری گیاه و محافظت سلولی در تنش کم آبی می‌شود (Chen and Plant, 1999). در راستای سازش گیاهان با شرایط خشکی، پروتئین‌های ویژه‌ای سنتز می‌شوند یا تولید برخی پروتئین‌ها افزایش می‌یابد. از پروتئین‌هایی که در تنش خشکی القا و یا زیاد می‌شوند، می‌توان به دهیدرین‌ها، آنزیم‌های پاداکساینده و آنزیم‌های مربوط به سنتز متابولیت‌ها اشاره کرد (Riccardi *et al*., 1998). همچنین، در شرایط تنش، بیان پروتئین‌هایی که در پاسخ به آسیب سلولی درگیر می‌شوند، نظیر پروتئین‌های شوک حرارتی، تیول پروتئازها و مهارکننده‌های پروتئیناز افزایش می‌یابد (Demirevska *et al*., 2008). بنابراین القای سنتز پروتئین‌ها در سازگاری به خشکی، نقش مهمی را ایفا می‌کند.

در پژوهش حاضر، نتایج مقدار پروتئین‌های محلول در برگ‌های گیاه *S. richteri* نشان داد که میانگین پروتئین‌های محلول در برگ‌های گیاهان منطقه بشرویه که شرایط کم آبی و تنش خشکی بیشتری را تحمل می‌کنند، نسبت به منطقه شاهرخت بیشتر بود. اگرچه افزایش پروتئین ممکن است نشان دهنده مقاومت در هالوفیت‌ها نباشد، اما نتایج این پژوهش افزایش پروتئین

Archive of SID

www.SID.ir

را در منطقه بشرویه نشان می‌دهد. افزایش پروتئین‌های محلول در برگ گیاه برنج (Ali and Komatsu, 2006)، بادام زمینی (Ali-Ahmad and Basha, 1998) سه گونه *Vitex* (John De Britto *et al*., 2011) و دانه سه رقم گندم (Konopka *et al*., 2007) تحت تنش خشکی، با نتایج حاصل از پژوهش حاضر مطابقت دارد.

اسید فسفاتازها گروهی از آنزیم‌های هیدرولیزکننده استرهای فسفات‌دار هستند. این آنزیم‌ها فسفات معدنی را در شرایط تنش در دسترس گیاه قرار می‌دهند. فسفات معدنی در بسیاری از فرآیندهای زیستی نظیر: فتوسنتز، تنفس، تنظیم فعالیت آنزیم‌ها، انتقال انرژی و تنظیم متابولیسم نقش دارد و در ساختار مولکول‌های زیستی وارد می‌شود. همچنین، فعالیت آنزیم اسید فسفاتاز در شرایط کمبود فسفات افزایش می‌یابد. آنزیم اسید فسفاتاز با آزادسازی فسفات محلول از ترکیبات غیرمحلول، در تنش‌های غیرزیستی (شوری و خشکی) باعث تنظیم پتانسیل اسمزی سلول می‌شود (Sharma and Kaur, 2007).

بر اساس نتایج پژوهش حاضر، فعالیت آنزیم اسید فسفاتاز در برگ‌های گیاهان رشد یافته در منطقه بشرویه بیشتر از منطقه شاهرخت بود. با توجه به مطالعات خاک‌شناسی، خاک دو منطقه بررسی شده، از نظر شوری در رده خاک‌های شور قرار نمی‌گیرد و از نظر فسفات نیز غنی است. بنابراین ممکن است افزایش فعالیت آنزیم اسید فسفاتاز در برگ‌های گیاه منطقه بشرویه ناشی از تنش کم آبی و خشکی بیشتر این منطقه نسبت به منطقه شاهرخت باشد. در راستای تحقیق حاضر، Ehsanpour و Amini (۲۰۰۴) افزایش فعالیت آنزیم اسید فسفاتاز در کالوس‌های یونجه هنگام مواجهه با تنش شوری و خشکی را گزارش کرده‌اند. Murray و Collier (۱۹۷۷) نیز گزارش کرده‌اند که هنگام مواجهه گیاه نخود فرنگی با شرایط کم آبی، افزایش فعالیت آنزیم اسید فسفاتاز در دیواره سلولی و دستگاه گلژی در گیاه نخود فرنگی، با تنظیم پتانسیل اسمزی و جذب سریع‌تر آب در این شرایط ارتباط دارد.

پاسخ بسیاری از گیاهان به تولید گونه‌های واکنشگر اکسیژن در تنش خشکی، افزایش غلظت ترکیبات فلاونوئیدی است. ترکیبات فلاونوئیدی، دارای فعالیت پاداکسایشی بالایی هستند و پاکسازی رادیکال‌ها و گروه‌های هیدروکسیل را بر عهده دارند (Li *et al*., 2010). در تحقیق حاضر، غلظت ترکیبات فلاونوئیدی در گیاهان منطقه بشرویه که نسبت به گیاهان منطقه شاهرخت با تنش خشکی شدیدتری مواجه بودند، بیشتر بود. بر اساس گزارش Ebrahimian و Bybordi (۲۰۱۲) در شرایط خشکی، غلظت ترکیبات فلاونوئیدی به دلیل توانایی پاداکسایشی زیاد، در برگ‌های گیاه آفتابگردان افزایش می‌یابد. همچنین، تنش خشکی در *Glycyrrhiza inflate* (Yang *et al*., 2007) و *Labisia pumila* (Jaafar *et al*., 2012) موجب افزایش غلظت فلاونوئیدها می‌شود. نتایج گزارش شده، تأیید کننده نتایج ارائه شده در این پژوهش حاضر است.

جمع‌بندی

خشکی آثار منفی فراوانی بر گیاهان دارد و گیاهان اغلب سازوکار مشترکی را برای سازش به تنش خشکی به کار می‌برند. تجمع مواد محلول سازگار و پاداکساننده‌ها و افزایش فعالیت برخی آنزیم‌های گیاهی در تنش کم آبی

Archive of SID

www.SID.ir

می‌تواند باعث سازگاری بیشتر گونه‌های گیاهی به این شرایط شود. بنابراین، با توجه به این که *S. richteri* در منطقه بشرویه با شرایط خشکی و کم آبی بیشتری مواجه است، احتمال دارد که افزایش غلظت پرولین، یون‌های سدیم و پتاسیم، پروتئین‌های محلول، ترکیبات فلاونوئیدی و فعالیت آنزیم اسید فسفاتاز در گیاهان منطقه بشرویه، نسبت به منطقه شاهرخت نشانه‌ای از سازگاری فیزیولوژیک بهتر آنان به تنش خشکی باشد.

سپاسگزاری

نگارندگان لازم می‌دانند از حوزه معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد که حمایت مالی این پروژه را با پژوهانه شماره ۳/۱۵۹۰۷ تقبل نموده است، تشکر و قدردانی نمایند.

منابع

Abdalla, M. M. and El-Khoshiban, N. H. (2007) The influence of water stress on growth, relative water content, photosynthetic pigments, some metabolic and hormonal contents of two *Triticium aestivum* cultivars. Journal of Applied Sciences Research 3(12): 2062-2074.

Akhondi, M., Safarnejad, A. and Lahouti, M. (2006) Effect of drought stress on proline accumulation and mineral nutrients changes in alfalfa (*Medicago sativa* L.). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 10(1): 165-174 (in Persian).

Alexieva, V., Sergiev, I., Maplli, S. and Karanov, E. (2001) The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. Plant, Cell and Environment 24(12): 1337-1344.

Ali, G. M. and Komatsu, S. (2006) Proteomic analysis of rice leaf sheath during drought stress. Journal of Proteome Research 5(2): 396-403.

Ali-Ahmad, M. and Basha, S. M. (1998) Effect of water stress on composition of peanut leaves. Peanut Science 25(1): 31-34.

Asghari, R. and Ebrahimzadeh, H. (2006) Drought stress increases the expression of wheat leaf ribulose 1,5 bisphosphate carboxylase/oxyenase protein. Iranian Journal of Science and Technology 30(A1): 1-7.

Ashraf, A. and Mehmood, S. (1990) Response of four *Brassica* species to drought stress. Environmental and Experimental Botany 30(1): 93-100.

Aziz, I. and Khan, M. A. (2004) Proline and water status of some desert shrubs before and after rain. Pakistan Journal of Botany 35(5): 911-915.

Bartels, D. and Sunkar, R. (2005) Drought and salt tolerance in plants. Critical Reviews in Plant Sciences 24(1): 23-58.

Bates, L. S., Waldran, R. P. and Teare, I. D. (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil 39(1): 205-208.

Bohnert, H. J. and Shen, B. (1999) Transformation and compatible solutes. Scientia Horticulurae 78(1-4): 237-260.

Bohnert, H. J., Nelson, D. E. and Jensen, R. G. (1999) Adaptation to environmental stresses. The Plant Cell 7(7): 1099-1111.

Bouteau, F., Dauphin, A., Maarouf, H. E. and Rona, J. P. (2001) Effect of desiccation on potassium and anion currents from young root hairs: implication on tip growth. Physiologia Plantarum 113(1): 79-84.

Change, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M. and Chern, J. C. (2002) Estimation of total flavonoid content in

Archive of SID

www.SID.ir

propolis by two complementary colorimetric methods. Journal of Food and Drug Analysis 10(3): 178-182.

Chen, C. C. S. and Plant, A. L. (1999) Salt-induced protein synthesis in tomato roots: the role of ABA. Journal of Experimental Botany 50(334): 677-687.

Claussen, W. (2005) Proline as a measure of stress in tomato plants. Plant Science 168(1): 241-248.

Demirevska, K., Simova-Stoilova, L., Vassileva, V., Vaseva, I., Grigorova, B. and Feller, U. (2008) Drought-induced leaf protein alteration in sensitive and tolerant wheat varieties. General and Applied Plant Physiology 34(1-2): 79-102.

Duan, B., Lu, Y., Yin, C., Junttila, O. and Li, C. (2005) Physiological responses to drought and shade in two contrasting *Picea asperata* populations. Physiologia Plantarum 124(4): 476-484.

Ebrahimian, E. and Bybordi, A. (2012) Influence of ascorbic acid foliar application on chlorophyll, flavonoids, anthocyanin and soluble sugar contents of sunflower under conditions of water deficit stress. Journal of Food, Agriculture and Environment 10(1): 1026-1030.

Ehsanpour, A. and Amini, F. (2004) Effect of salt and drought stress on acid phosphatase activities in alfalfa (*Medicago sativa* L.) explants under *in vitro* culture. African Journal of Biotechnology 2(5): 133-135.

Erdei, L. and Taleisnik, E. (1993) Changes in water relation parameters under osmotic and salt stresses in maize and sorghum. Physiologia Plantarum 89(2): 381-387.

Hernandez, I., Alegre, L. and Munne-Bosch, S. (2004) Drought-induced changes in flavonoids and other low molecular weight antioxidants in *Cistus clusii* grown under Mediterranean field conditions. Journal of Tree Physiology 24(11): 1303-1311.

Hu, Y., Burucs, Z., Tucher, S. and Schmidhalter, U. (2007) Short-term effects of drought and salinity on mineral nutrient distribution along growing leaves of maize seedlings. Environmental and Experimental Botany 60(2): 268-275.

Jaafar, H. Z. E., Ibrahim, M. H. and Mohamad Fakri, N. F. (2012) Impact of soil field water capacity on secondary metabolites, phenylalanine ammonia-lyase (PAL), maliondialdehyde (MDA) and photosynthetic responses of Malaysian Kacip Fatimah (*Labisia pumila* Benth). Molecules 17(6): 7305-7322.

John De Britto, A., Kumar, P. B. J. R., Gracelin, D. H. S. and Jency, S. S. (2011) Drought stress and its impact on protein in three species of Vitex. Journal of Stress Physiology and Biochemistry 7(3): 152-158.

Kala, S. and Godara, A. K. (2011) Effect of moisture stress on leaf total proteins, proline and free amino acid content commercial cultivars of *Ziziphus mauritiana*. Journal of Scientific Research 55(1-2): 65-69.

Karamanos, A. J. (1995) The involvement of proline and some metabolites in water stress and their importance as drought resistance indicator. Bulgarian Journal of Plant Physiology 21(2-3): 98-110.

Khamchin Moghaddam, M. and Pazhand, H. (2009) Criticising De marttone regionalization method according to linear moments for maximum daily precipitation in Iran. Journal of Engineering Islamic Azad University Mashhad Branch 2(2): 93-103 (in Persian).

Kidambi, S. P., Matches, A. G. and Bolger, T. P. (1990) Mineral concentration in alfalfa and sainfoin as influenced by soil moisture level. Agronomy Journal 82(2): 229-236.

Konopka, I., Tanska, M., Pszczolkowska, A., Fordonski, G., Kozirok, W. and Olszewski, J. (2007) The effect of water strees on wheat kernel size, color and protein composition. Journal of Natural Sciences 22(2): 157-171.

Archive of SID

www.SID.ir

Kozlowski, T. T. and Pallardy, S. G. (2002) Acclimation and adaptive responses of woody plants to environmental stresses. The Botanical Review 68(2): 270-334.

Li, H. B., Li, D., Zhang, Y., Gan, R. Y., Song, F. L. and Chen, F. (2010) Antioxidant properties of Chinese medicinal plants. In: Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants (Ed. Gupta, S. D.) 331-362. Science Publishers, China.

Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L. and Randall, R. J. (1951) Protein measurement with the Folin phenol reagent. The Journal of Biological Chemistry 193(1): 265-275.

Mamnoei, E. and Seyed Sharifi, R. (2010) Study the effects of water deficit on chlorophyll fluorescence indices and the amount of proline in six barley genotypes and its relation with canopy temperature and yield. Journal of Plant Biology 2(5): 51-62 (in Persian).

Martinez, J. P., Ledent, J. F., Bajji, M., Kinet, J. M. and Lutts, S. (2003) Effect of water stress on growth, Na^+ and K^+ accumulation and water use efficiency in relation to osmotic adjustment in two populations of *Atriplex halimus* L.. Journal of Plant Growth Regulation 4(1): 63-73.

Mclachlan, K. B. (1980) Acid phosphatase activity of intact roots and phosphorus nutrition in plants. I. Assay condition and phosphatase activity. Australian Journal of Agricultural Research 31(3): 429-440.

Mohammadkhani, N. and Heidari, R. (2008a) Effects of drought stress on soluble proteins in two maize varieties. Turkish Journal of Biology 32(1): 23-30.

Mohammadkhani, N. and Heidari, R. (2008b) Drought-induced accumulation of soluble sugars and proline in two maize varieties. World Applied Sciences Journal 3(3): 448-453.

Mosleh Arany, A., Bakhshi Khaniki, G. and Hakimi Bafghi, B. A. (2012) Characteristics of Na^+, K^+ and free proline distribution in three xerophytes of *Stipagrostis pennata*, *Calligonum polygonoides* and *Hammada salicornia*, in Yazd province. Iranian Journal of Range and Desert Reseach 19(4): 581-589 (in Persian).

Murray, D. R. and Collier, M. D. (1977) Acid phosphatase activities in developing seeds of *Pisum sativum*. Australian Journal of Plant Physiology 4(8): 843-848.

Nasr Esfahani, M. (2013) Effect of dry stress on growth and antioxidant system in three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. Journal of Plant Biology 5(15): 111-124 (in Persain).

Osuagwu, G. G. E. and Edeoga, H. O. (2012) The influence of water stress (drought) on the mineral and vitamin content of the leaves of *Gongronema latifolium* Benth. International Journal of Medicinal and Aromatic Plants 2(2): 301-309.

Parida, A. K., Dagaonkar, V. S., Phalak, M. S., Umalkar, G. and Aurangabadkar, L. P. (2007) Alterations in photosynthetic pigments, protein and osmotic components in cotton genotypes subjected to short-term drought stress followed by recovery. Plant Biotechnology Reports 1(1): 37-48.

Rahdari, P. and Hoseini, S. M. (2012) Effect of different levels of drought stress (PEG 6000 concentrations) on seed germination and inorganic elements content in Purslane (*Portulaca oleraceae* L.) leaves. Journal of Stress Physiology and Biochemistry 8(2): 51-61.

Razeghi Yadak, F. and Tavakol Afshari, R. (2010) Effect of drought stress on seed embryo axis phosphatase activities during early stages of germination of two bread wheat (*Triticum aestivum*) cultivars. Iranian Journal of Field Crop Science 41(2): 385-393 (in Persian).

Rechinger, K. H. (Ed.) (1963-1998) Flora Iranica. vols. 1-176. Akademische Druck-U Verlagsanstalt, Graz.

Riccardi, F., Gazeau, P. de Vienne, D. and Zivy, M (1998) Protein changes in response to progressive water deficit in maize, quantitative variation and polypeptide identification. Plant Physiology 117(4):

Archive of SID

www.SID.ir

1253-1263.

Rock, C. D. (2000) Pathways to abscisic acid regulated gene expression. New Phytologist 148(120): 357-396.

Ryan, J., Estefan, G. and Rashid, A. (2001) Soil and plant analysis laboratory manual. 2nd edition, Aleppo, Syrian Arab Republic.

Sharkey, T. D and Schrader, S. M. (2006) High temperature stress (Eds. Rao, K. V. M., Raghavendra, A. S. and Reddy, K. J.) 101-130. Springer, Dordrecht.

Sharma, A. D. and Kaur, R. (2007) Drought-induced changes in acid phosphatase activities in wheat in relationship with phosphorus. Emirates Journal of Food and Agriculture 19(1): 31-38.

Shomurodov, H. F., Rakhimova, T. T., Saribaeva, S. U., Rakhimova, N. K., Esov, R. A. and Adilov, B. A. (2013) Perspective plant species for stabilization of sand dunes on the exposed Aral sea bed. Journal of Earth Science and Engineering 3(10): 655-662.

Takaoki, T. (1968) Relationship between drought tolerance and aging in higher plants. II. Some enzyme activities. The Botanical Magazine, Tokyo 81(960): 297-309.

Watkinson, J. I., Hendricks, L., Sioson, A. A., Vasquez-Robinet, C., Stromberg, V., Heath, L. S., Schuler, M., Bohnert, H. J., Bonierbale, M. and Grene, R. A. (2006) Accessions of *Solanum tuberosum* ssp. andigena show differences in photosynthetic recovery after drought stress as reflected in gene expression profiles. Plant Science 171(6): 745-758.

Yang, Y., He, F., Yu, L., Chen, X., Lei, J. and Ji, J. (2007) Influence of drought on oxidative stress and flavonoid production in cell suspension culture of *Glycyrrhiza inflata* Batal. Zeitschrift fur Naturforschung C-Journal of Biosciences 62(5-6): 410-416.

Archive of SID

www.SID.ir

Study on some physiological characteristics of *Salsola richteri* in drought condition in the two desert regions of the South Khorasan province

Marzieh Bahadoran, Parvaneh Abrishamchi, Hamid Ejtehadi * and Fereshteh Ghassemzadeh

Department of Biology, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Abstract

Salsola richteri (chenopodiaceae) has been dispersed in desert areas of north and east of the Irano-Turanian region in Iran. In present study, physiological characteristics of *S. richteri* to drought stress are investigated. Sampling of the plant at flowering stage was performed in the Shahrakht and Boshrooyeh deserts, South Khorasan province, Iran. Relation of drought stress with proline, sodium, potassium, soluble protein, flavonoid concentration and acid phosphatase activity is compared in the two research areas. The results indicated that all of the mentioned parameters in the leaves of *S. richteri* collected in Boshrooyeh are more than those in Shahrakht. The less soil moisture and the high monthly mean temperature in Boshrooyeh made it a higher drought area comparing to Shahrakht. Therefore, the significant advantage in concentration of the compounds and more activity of acid phosphatase in the species growing in Boshrooyeh area may indicates a better physiological resistance of *S. richteri* to stress conditions.

Key words: Drought stress, South Khorasan, Physiological resistance, *Salsola richteri*

* Corresponding Author: hejtehadi@um.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir