مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۰ شماره ۲ صفحه‌های ۱۲۹ تا ۱۴۲ (۱۳۹۸)
مقاله پژوهشی

ارزیابی تحمل گیاهان پوششی *Phyla nodiflora* L. و *Frankenia thymifolia* Desf. به تنش‌های هم‌زمان شوری و خشکی[1]

Evaluating Tolerance of Ground Covers *Phyla nodiflora* L. and *Frankenia thymifolia* Desf. to Simultaneous Salinity and Drought Stresses

سحر میرزایی* و مونا دستوری[2]

چکیده

بخش چشم‌گیری از کشور ایران را منطقه‌های خشک و نیمه‌خشک دربرگرفته است که با خشکی و شوری روبه‌رو هستند. بنابراین، مدیریت تنش‌های شوری و خشکی در فضای سبز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. این پژوهش در راستای شناسایی گیاهان دارای تحمل به خشکی، برای کاربرد در فضای سبز شهری منطقه‌های روبه‌رو با بحران کم‌آبی، انجام شد. در این پژوهش مقدار تحمل به خشکی و شوری گیاهان پوششی فیلا و فرانکنیا بررسی شد، که شامل ۱۲ تیمار (چهار سطح شوری ۰/۵، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر و سه سطح آبیاری ۱۰۰٪، ۷۵٪ و ۵۰٪ ظرفیت مزرعه) بود و در ۵ تکرار انجام شد. نتیجه‌ها نشان داد که در اثر تنش خشکی و شوری، طول شاخساره، نشاسته و محتوای نسبی آب شاخساره کاهش و مقدار قند، پرولین، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، آسکوربیت پراکسیداز، پراکسیداز و هم‌چنین نشست یونی افزایش یافت. فیلا محتوای نسبی آب بیشتر و هم‌چنین نشت یونی کم‌تری را نسبت به فرانکنیا نشان داد که بیانگر تحمل بالاتر فیلا به خشکی و شوری می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، پرولین، کم‌آبی، نشت یونی.

مقدمه

فضای سبز نقش تعیین‌کننده‌ای در پشتیبانی از سیستم‌های اجتماعی و اکولوژیک شهری دارد، اما در منطقه‌های با اقلیم بیابانی و نیمه بیابانی، خشکی و شوری خاک دشواری‌های فراوانی را در راستای ایجاد فضای سبز پایدار ایجاد نموده است. به‌طوری که تنش‌های شوری و خشکی، منجر به کاهش عملکرد گیاهان می‌شود. بر همین اساس کوشش بسیاری انجام شده است تا گونه‌های دارای تحمل به شوری به کار گرفته شوند (۳).

خشکی، نیز یکی از رایج ترین تنش‌های نازیوا است که تهدیدی برای تولید موفقیت‌آمیز محصول‌ها است. خشکی بر جنبه‌های مختلف رشد گیاه اثر دارد و موجب کاهش و به تأخیر انداختن تنژگی، کاهش رشد اندام‌های هوایی و کاهش تولید ماده خشک در گیاهان می‌شود. کاهش پتانسل اسمزی و پتانسیل کل آب، با از بین رفتن آماس گیاه، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش رشد از نشانه‌های ویژه تنش آبی است. چنانچه شدت تنش خشکی زیاد باشد، موجب کاهش شدید نورساخت و مختل شدن فرآیندهای فیزیولوژیکی، توقف رشد و سرانجام مرگ گیاه می‌شود. بیش از ۸۰۰ میلیون هکتار از خشکی‌های دنیا و ۱۵٪ از خشکی‌های ایران زیر تنش شوری می‌باشند (۱۹). خشکی و شوری خاک از محدودکننده‌های مهم در مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می‌روند. از دیدگاه کشاورزی، تنش خشکی شرایطی است که آب از نظر مقدار و پراکنش به اندازه‌ای نیست تا گیاه بتواند عملکرد بالقوه خود را تولید کند و این پدیده موجب آسیب به گیاه و محدودیت در بروز پتانسیل ژنتیکی عملکرد

۱- تاریخ دریافت: ۹۷/۳/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۸/۲/۲۱

۲- به‌ترتیب استادیار پژوهشکده گل و گیاهان زینتی، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، محلات، ایران و پژوهشگر پسا دکتری، بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (sahar_mirzaei81@yahoo.com).

می‌شود (۷). باریک‌برگان نسبت به شوری چندان مقاوم نبوده و افزایش غلظت شوری به‌طور معمول باعث کاهش و به‌تأخیر انداختن تنژگی در بذر آن‌ها می‌شود (۲۷). به کار بردن گونه‌ها و رقم‌های مقاوم به خشکی، یک برنامه مدیریتی سودمند برای کاهش مصرف آب در سبزفرش‌ها (چمن‌ها) می‌باشد. گیاه فیلا ، گیاهی زینتی از خانواده شاه‌پسند و بومی آمریکای جنوبی است و در سایر نواحی گرمسیری جهان نیز یافت می‌شود. این گیاه پوششی، چندساله، علفی، دارای برگهای نیزه‌ای و گل‌آذین حاوی گل‌های کوچک سفید تا صورتی رنگ است. گیاه فرانکنیا نیز گیاهی همیشه‌سبز، بومی آفریقا، مناسب مناطق گرمسیری و از خانواده فرانکنیاسه است. دارای گل‌های ریز و مجتمع، برگ‌های قرمز یا صورتی رنگ بسیار کوچک، ساقه‌های رونده و ریشه‌های محکم و عمیق است. با توجه به رویش این گیاهان پوششی در مناطق گرمسیری جهان، می‌توان به متحمل بودن این گیاهان به شرایط تنش خشکی و شوری پی برد. هم‌چنین پژوهشگران نیز در پژوهش‌های خود گیاهان فیلا و فرانکنیا را دارای تحمل به شرایط تنش خشکی و شوری ارزیابی نموده‌اند (۹، ۱۵، ۱۶، ۲۳، ۳۰، ۳۴). بنابراین، در راستای جایگزینی چمن‌های با نیاز آبی بالا و استفاده از گیاهان متحمل به شرایط کم‌آبی در فضای سبز شهری، این پژوهش با هدف بررسی اثر تنش شوری و خشکی بر شاخص‌های فیزیولوژیکی و ریخت‌شناسی گیاهان پوششی فیلا و فرانکنیا انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در باغ ارم، با نظارت بخش علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز و با پشتیبانی بنیاد ملی نخبگان انجام شد. گیاهان پوششی فیلا (*Phyla nodiflora* L.) و فرانکنیا (*Frankenia thymifolia* Desf.) به‌صورت جداگانه در گلدان‌های ۵ کیلوگرمی به قطر ۲۰ سانتی‌متر، ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر، بدون زهکش و پر شده با خاک لومی رسی کاشته شدند. آزمایش شامل ۱۲ تیمار و ۵ تکرار بود. تیمارها شامل چهار سطح شوری ۰/۵، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر و سه سطح آبیاری به‌ترتیب شامل ۵۰٪، ۷۵٪ و ۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه بود. به منظور برابر بودن تعداد بوته‌های کاشته شده در هر گلدان، مقدار بذر مورد استفاده بر حسب هزار دانه محاسبه شد که برای فیلا ۰/۳۱۴ گرم و فرانکنیا ۱/۰۰ گرم در هر گلدان بود. گلدان‌های کشت شده در فضای آزاد با دمای کمینه و بیشینه به‌ترتیب ۲۵ و ۴۰ درجه سلسیوس (فصل تابستان، هوای آفتابی و بدون بارندگی) نگه‌داری شدند. مراقبت‌های لازم در دوره رشد انجام گرفت و پس از این‌که که گیاهان استقرار یافتند، تیمارهای خشکی و شوری به کار برده شدند.

کاربرد تیمار شوری و خشکی

در هر دو گیاه پوششی پس از انجام سرزنی و استقرار، تیمارهای شوری با کاربرد نسبت ۱:۱ کلراید کلسیم و کلراید سدیم به کار رفت. مقدار کلراید سدیم و کلراید کلسیم (Falken Trade GmbH, 23552 Lubeck, Germany) لازم برای رسیدن به هدایت الکتریکی مورد نظر برحسب میلی‌اکی والان محاسبه شد (۳۹).

برای انجام تیمار آبیاری گلدان‌های پلاستیکی و بدون زهکش به کار برده شد. مقدار رطوبت ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائم در ۲۵۰ گرم از خاک به کار رفته برای بستر کشت در آزمایشگاه بخش مهندسی آب، دانشگاه شیراز، اندازه‌گیری شد و مشخص شد که مقدار رطوبت خاک در نقطه ظرفیت مزرعه ۲۹٪ و در نقطه پژمردگی دائم ۱۹٪ بود. با توجه به وزن خاک مورد استفاده که ۵۰۰۰ گرم بود، مقدار آبی که در این حالت باید برای رسیدن خاک خشک به ظرفیت مزرعه افزوده می‌شد، ۱۴۵۰ میلی‌لیتر و این کار با وزن کردن خاک و افزودن آب به گلدان‌ها تا رسیدن به وزن ۶۴۵۰ گرم انجام شد و برای بقیه سطح‌های آبیاری که شامل ۷۵٪ و ۵۰٪ ظرفیت مزرعه بودند به‌ترتیب ۱۰۸۷، ۷۲۵ میلی‌لیتر آب برای رساندن به تیمارهای مورد نظر به کار رفت. با توجه به آزمایش‌های وزنی خاک گلدان مشخص شد که پس از هر با آبیاری، گلدان‌ها به مدت ۳ روز رطوبت خود را در سطح تنش خشکی اندازه‌گیری شده، نگه داشتند. دور آبیاری به‌صورت ثابت و مقدار آب اندازه‌گیری شده هر سه روز یک‌بار به گلدان‌ها افزوده می‌شد. پس از استقرار و اولین سرزنی دو گیاه پوششی، به مدت سه ماه، تیمارهای آبیاری هم‌زمان با تیمارهای شوری به‌کار برده شد. بدین ترتیب که تیمارهای شوری در دورهای آبیاری تنش خشکی انجام شد.

اندازه‌گیری ویژگی‌ها

پس از سه ماه کاربرد تنش‌های شوری و خشکی، ویژگی‌های زیر اندازه‌گیری شدند.

طول شاخساره

طول شاخساره یکی از مهمترین ویژگی‌های ظاهری گیاهان پوششی می‌باشد که در زمان تنش‌های محیطی به‌شدت زیر تاثیر قرار می‌گیرد. بنابراین برای بررسی اثرهای تنش، طول شاخساره از محل پاهنگ تا انتهای آخرین برگ در سه تکرار در پایان آزمایش برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد.

مقدار قند

برای اندازه‌گیری قند از روش فنول- سولفوریک اسید استفاده شد. برای این منظور نمونه گیاهی در آون به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۲ درجه سلسیوس خشک و سپس به‌وسیله آسیاب برقی پودر شد. مقدار ۰/۲ گرم از نمونه پودر شده وزن شد و با ۲۵ میلی‌لیتر اتانول ۸۰٪ سانتریفیوژ شد. سپس یک میلی‌لیتر از عصاره حاصل درون لوله‌های آزمایش منتقل شد و یک میلی‌لیتر محول فنول ۵٪ و ۵ میلی‌لیتر سولفوریک اسید غلیظ به آن افزوده و بی‌درنگ هم زده شد. پس از نیم ساعت نگهداری در دمای اتاق، به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (Spectronic instruments 4001/4 USA) مقدار جذب نور در طول موج ۴۹۰ نانومتر خوانده شد و منحنی استاندارد با استفاده از محلول گلوکز در غلظت‌های مختلف رسم و مقدار قند نمونه‌ها (برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) از روی منحنی به دست آمد (۱۴).

مقدار نشاسته

به رسوب سانتریفیوژ باقی مانده از روش اندازه‌گیری قندهای محلول (حاوی ۰/۲ گرم نمونه گیاهی)، ۵ میلی‌لیتر آب مقطر و ۶/۵ میلی‌لیتر پرکلریدریک اسید ۵۲٪ افزوده و به‌مدت ۱۵ دقیقه هم‌زده شد. سپس ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن‌ها افزوده و سانتریفیوژ شدند. پس از جدا کردن محلول بالایی، برای مدت ۳۰ دقیقه در دمای صفر درجه سلسیوس قرار داده شدند. سپس حجم عصاره به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. پس از آن ۲/۵ میلی‌لیتر از عصاره به لوله آزمایش منتقل و ۱۰ میلی‌لیتر از محلول آنترون به آن افزوده شد. سپس نمونه‌ها برای مدت ۷/۵ دقیقه به حمام آب گرم ۱۰۰ درجه سلسیوس انتقال داده شدند. پس از انتقال نمونه‌ها به حمام یخ، جذب نور به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (Spectronic instruments 4001/4 USA) در طول موج ۶۳۰ نانومتر اندازه‌گیری شد و مقدار نشاسته برحسب میلی‌گرم در گرم وزن خشک محاسبه گردید (۲۸).

مقدار پرولین

برای اندازه‌گیری میزان پرولین، ۰/۵ گرم نمونه گیاهی در ۱۰ میلی‌لیتر محلول آبی سولفوسالیسیلیک اسید ۳٪ ساییده شده و سپس صاف شد. در مرحله بعد ۲ میلی‌لیتر از این محول با ۲ میلی‌لیتر معرف نین‌هیدرین مخلوط شده و ۲ میلی‌لیتر استیک اسید گلاسیال به هر لوله افزوده شد. نمونه‌ها به‌مدت یک ساعت در حمام آب گرم با دمای ۹۶ درجه سلسیوس قرار داده شدند. به هر لوله آزمایش ۴ میلی‌لیتر تولوئن افزوده و نمونه‌ها به‌مدت ۱۵ تا ۲۰ ثانیه به هم زده تا به‌طور کامل یکنواخت شدند. پس از تشکیل دو فاز رویی و زیرین، مقدار جذب لایه رویی در طول موج ۵۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتوفتومتر (Spectronic instruments 4001/4 USA) اندازه‌گیری شد (۴).

$$\text{Proline } (\mu mol\ g^{-1}FW)=(M\times T\times W)/115.5\times 1000$$

M= عدد خوانده شده با اسپکتوفتومتر،T= حجم تولوئن، W= وزن نمونه گیاهی است.

عصاره‌گیری برای اندازه‌گیری مقدار فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی

برای عصاره‌گیری، ۰/۵ گرم نمونه برگ با کمک نیتروژن مایع در هاون چینی پودر شد و سپس ۲ میلی‌لیتر بافر به آن افزوده شد. برای تهیه بافر، ۰/۶۰۷ گرم تریس با ۰/۰۵ گرم (PVP) در ۴۰ میلی‌لیتر آب مقطر به خوبی حل و سپس با کلریدریک اسید pH محلول به ۸ رسانده شد و پس از آن محلول به حجم نهایی ۵۰ میلی‌لیتر رسید. آمیخته به دست آمده در لوله اپندورف و به‌مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۳۰۰۰ سانتریفیوژ و در پایان فاز بالایی برای اندازه‌گیری مقدار فعالیت آنزیم‌ها جدا شد.

فعالیت آنزیم کاتالاز

۵۰ میکرو لیتر از عصاره استخراج با یک میلی‌لیتر محلول اندازه‌گیری کاتالاز که شامل ۵۰ میلی مولار بافر فسفات پتاسیم (pH=7) و ۱۵ میلی مولار پراکسید هیدروژن بود آمیخته و جذب در طول مدت یک دقیقه در طول موج ۲۴۰ نانومتر با

دستگاه اسپکتروفتومتر (Spectronic instruments 4001/4 USA) اندازه‌گیری شد. یک واحد آنزیمی کاتالاز برابر با تجزیه یک میلی مولار پراکسید هیدروژن در یک دقیقه است (برحسب واحد بر گرم وزن تر) (۱۳).

فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز

۵۰ میکرولیتر از عصاره استخراج با یک میلی‌لیتر محلول اندازه‌گیری سوپراکسید دیسموتاز که شامل ۵۰ میلی مولار بافر فسفات پتاسیم (pH=7/8) ۷ میکرومولار نیتروبلوتترازولیوم (NBT)، ۱۳ میلی مولار ال- متیونین، ۰/۱ میلی مولار EDTA و ۲ میکرومولار ریبوفلاوین بود آمیخته‌شد. عصاره استخراج و به‌مدت ۱۵ دقیقه در اتاقک نور قرار گرفت. سپس در دستگاه اسپکتروفتومتر (Spectronic instruments 4001/4 USA) قرار داده شد و مقدار جذب نوری آن در طول موج ۵۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (برحسب واحد بر گرم وزن تر) (۵).

فعالیت آنزیم پراکسیداز

در ابتدا ۳۳ میکرولیتر از عصاره استخراج را با یک میلی‌لیتر از محلول پراکسیداز که شامل ۱۳ میلی مولار گوایکول، ۵ میلی مولار پراکسید هیدروژن (H2O2) و ۵۰ میلی مولار بافر فسفات پتاسیم (pH =7) است، مخلوط نموده و جذب به‌مدت یک دقیقه در طول موج ۴۷۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (Spectronic instruments 4001/4 USA) اندازه‌گیری شد. برای تهیه ۱۰۰ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم، ۳۹ میلی‌لیتر فسفات پتاسیم مونو بازیک ۵۰ میلی مولار با ۶۱ میلی‌لیتر فسفات دی‌بازیک ۵۰ میلی مولار ترکیب شد (۸).

فعالیت آنزیم آسکوربیت پراکسیداز

ابتدا ۵۰ میکرو لیتر از عصاره استخراج را با یک میلی‌لیتر محلول اسکوربیک پراکسیداز که شامل ۵۰ میلی مول بافر فسفات پتاسیم (pH=7)، ۰/۱ میلی مول EDTA، ۰/۵ میلی مولار آسکوربیک اسید (ASA) و ۰/۱۵ میلی مولار پراکسید هیدروژن (H_2O_2) است، مخلوط نموده و سپس جذب در طول مدت یک دقیقه در طول موج ۲۹۰ نانومتر با دستگاه اسپکتوفتومتر (Spectronic instruments 4001/4 USA) اندازه‌گیری شد (۲۹).

مقدار نشت یونی

ابتدا ۰/۱ گرم برگ را داخل ۱۰ میلی‌لیتر آب دو بار تقطیر شده قرار داده و پس از آن نمونه به‌مدت ۳۰ دقیقه در آب ۴۰ درجه سلسیوس قرار داده شد و مقدار قابلیت هدایت الکتریکی (EC) آن با کمک دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد (C_1). سپس نمونه را به‌مدت ۱۵ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار گرفت و برای بار دوم قابلیت هدایت الکتریکی آن اندازه‌گیری شد (C_2). در پایان مقدار نشت یونی براساس رابطه زیر محاسبه شد (۳۳).

$$EC= (C_1/C_2) \times 100$$

محتوای نسبی آب

محتوای نسبی آب به کمک رابطه زیر محاسبه شد (۴۰).

$$RWC=(WF-WD)/(WT-WD)\times100$$

که WF، WD، WT به‌ترتیب وزن تر شاخساره، وزن خشک (وزن نمونه گیاهی که در آون با دمای ۸۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۲۴ ساعت قرار گرفته است)، وزن آماس شاخساره (وزن نمونه گیاهی که در آب مقطر به مدت ۲۰ تا ۸ ساعت قرار گرفته است) می باشند.

واکاوی آماری

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل درقالب طرح پایه به طور کامل تصادفی انجام شد. آزمایش شامل ۱۲ تیمار و ۵ تکرار بود. تجزیه آماری داده‌ها با نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ انجام و میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح ٪۵ مقایسه شدند.

نتایج

طول شاخساره

نتیجه‌های برهمکنش جنس گیاه پوششی، سطح‌های آبیاری و سطح‌های شوری بر طول شاخساره (سانتی‌متر) نشان داد که با کاهش سطح‌های آبیاری، طول شاخساره در هر دو گیاه پوششی با کاهش مواجه شد و فرانکنیا نسبت به فیلا به‌طور معنی‌داری دارای کاهش رشد شاخساره بیش‌تری بود (جدول ۱). هم‌چنین، با افزایش مقدار شوری در ۴ سطح ۰/۵، ۳،۶ و۹

دسی زیمنس بر متر، کاهش طول شاخساره در هر دو گیاه پوششی مشاهده شد. طول شاخساره در فیلا و فرانکنیا تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۱). نتیجه‌ها بیانگر این است که بیش‌ترین طول شاخساره مربوط به فیلا در تیمار ۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه و شوری ۰/۵ دسی زیمنس بر متر و کم‌ترین آن مربوط به فرانکنیا در ۵۰٪ ظرفیت مزرعه و ۹ دسی زیمنس بر متر می‌باشد.

جدول ۱- برهمکنش نوع گیاه پوششی، سطح‌های آبیاری و شوری بر طول شاخساره (سانتی‌متر).

Table 1. Interaction of ground cover genus, irrigation and salinity levels on length of shoots (cm).

گیاه Plant	سطح‌های آبیاری I.L (%FC)	سطح‌های شوری S.L. (dSm^{-1})			
		0.5	3	6	9
فیلا Phyla	%100	11.9a	10.9bcd	10.2c-f	9.3fgh
	%75	10.6b-e	9.4fgh	9.4fgh	8.3ijk
	%50	9.5e-h	9.4fgh	7.6kl	6.6m
فرانکنیا Frankenia	%100	11.4ab	10.1bcd	9.9d-g	9.1ghi
	%75	11.0abc	9.0g-j	8.7hij	8.0jk
	%50	8.9g-j	8.6h-k	6.9lm	6.0m

Means followed by the same letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test. I.L.: Irrigation Levels, S.L.: Salinity Levels

عددهایی که در یک حرف مشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح احتمال 5% آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند. I.L: سطح‌های آبیاری، S.L.: سطح‌های شوری.

مقدار قند

با کاهش سطح‌های آبیاری مقدار تولید قند افزایش یافت و این اختلاف معنی‌دار بود. افزایش سطح شوری نیز تا ۶ دسی‌زیمنس بر متر سبب افزایش مقدار قند و پس از رسیدن به غلظت ۹ دسی‌زیمنس بر متر، باعث کاهش مقدار قند شده است (جدول ۲). اختلاف در مقدار قند، برای گیاه فیلا و فرانکنیا تنها در سطح آبیاری ۵۰٪ بین شوری ۳ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر دارای اختلاف معنی‌دار بود

جدول ۲- برهمکنش نوع گیاه پوششی، سطح‌های آبیاری و شوری بر مقدار قند ($mg\ g^{-1}$ DW).

Table 2. Interaction of ground cover genus, irrigation and salinity levels on amount of glucose ($mg\ g^{-1}$ DW).

گیاه Plant	سطح‌های آبیاری I.L (%FC)	سطح‌های شوری S.L. (dSm^{-1})			
		0.5	3	6	9
فیلا Phyla	100	91.0g	127.1c-g	163.3a-e	129.4b-g
	75	124.1c-g	158.1a-f	159.5ab	105.8efg
	50	192.4a	190.0ab	129.2b-g	97.3fg
فرانکنیا Frankenia	100	103.5efg	130.0b-g	160.4a-e	110.1d-g
	75	137.3ag	146.9a-g	161.4a-e	111.1d-g
	50	171.3a-d	185.4abc	141.0a-g	108.2efg

Means followed by the same letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test. I.L.: Irrigation Levels, S.L.: Salinity Levels

عددهایی که در یک حرف مشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند. I.L: سطح‌های آبیاری، S.L: سطح‌های شوری.

مقدار نشاسته

با افزایش تنش خشکی، کاهش معنی‌داری در مقدار نشاسته مشاهده شد. کم‌ترین مقدار نشاسته مربوط به تیمار ۵۰٪ ظرفیت مزرعه و بیش‌ترین مقدار آن مربوط به تیمار ۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه بود. بین سطح‌های ۱۰۰٪ و ۷۵٪ ظرفیت مزرعه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. با افزایش تنش شوری در هر دو گیاه پوششی کاهش مقدار نشاسته مشاهده شد. کم‌ترین

مقدار در شوری ۹ و بیش‌ترین آن در شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. برهمکنش موارد بالا نشان می‌دهد که مقدار نشاسته زیر اثر سطح‌های مختلف آبیاری و سطح‌های شوری قرار گرفته، به گونه‌ای که بیش‌ترین مقدار آن در سطح ۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه و شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر در فرانکنیا و کم‌ترین آن نیز در فرانکنیا در ۵۰٪ ظرفیت مزرعه و هدایت الکتریکی ۹ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ۳- برهمکنش نوع گیاه پوششی، سطح‌های آبیاری و شوری بر مقدار نشاسته ($mg\ g^{-1}DW$).

Table 3. Interaction of ground cover genus, irrigation and salinity levels on amount of starch ($mg\ g^{-1}\ DW$).

گیاه Plant	سطح‌های آبیاری I.L (%FC)	سطح‌های شوری S.L. (dSm^{-1})			
		0.5	3	6	9
فیلا Phyla	100	111.5abc	97.6a-e	82.2a-f	56.8b-f
	75	101.0a-d	78.0a-f	69.6a-f	50.5c-f
	50	65.5a-f	60.3b-f	52.7c-f	36.0ef
فرانکنیا Frankenia	100	122.9a	106.6abc	98.8a-d	63.0a-f
	75	115.8ab	117.6ab	95.1a-f	84.7a-f
	50	82.6a-f	68.8a-f	41.1def	34.8f

Means followed by the same letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test. I.L.: Irrigation Levels, S.L.: Salinity Levels

عددهایی که در یک حرف مشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح احتمال 5% آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند. I.L: سطح‌های آبیاری، S.L: سطح‌های شوری.

مقدار پرولین

با افزایش تنش خشکی مقدار تولید پرولین به شدت زیر تأثیر قرار گرفت. افزایش سطح‌های شوری سبب افزایش تولید پرولین شد. گرچه این مقدار در سطح‌های ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری نداشت. در گیاه فیلا مقدار پرولین در مقایسه با فرانکنیا بیش‌تر و این تفاوت معنی‌دار بود. کم‌ترین مقدار پرولین در فرانکنیا در سطح ۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه و شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر به مقدار ۷/۱ میکرومول در هر گرم وزن تر گیاه و بیش‌ترین مقدار آن در فیلا در سطح آبیاری ۵۰٪ ظرفیت مزرعه و شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر به مقدار ۳۸/۴ میکرومول در هر گرم وزن تر گیاه مشاهده شد (جدول۴).

جدول ۴- برهمکنش نوع گیاه پوششی، سطح‌های آبیاری و شوری بر مقدار پرولین ($\mu mol\ g^{-1}\ FW$).

Table 4. Interaction of ground cover genus, irrigation and salinity levels on amount of proline ($\mu mol\ g^{-1}\ FW$).

گیاه Plant	سطح‌های آبیاری I.L (%FC)	سطح‌های شوری S.L. (dSm^{-1})			
		0.5	3	6	9
فیلا Phyla	100	12.1hi	17.5fgh	23.4c-f	26.6b-e
	75	15.3gh	23.8c-f	30.8abc	31.0abc
	50	28.8b-e	20.3bcd	38.4a	38.3a
فرانکنیا Frankenia	100	7.1i	12.2hi	21.6efg	22.4d-g
	75	10.4hi	18.2gh	26.6b-e	28.1c-f
	50	23.4ab	33.6ab	34.4ab	28.0b-e

Means followed by the same letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test. I.L.: Irrigation Levels, S.L.: Salinity Levels

عددهایی که در یک حرف مشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح احتمال 5% آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند. I.L: سطح‌های آبیاری، S.L: سطح‌های شوری.

فعالیت آنزیم کاتالاز

مقدار فعالیت آنزیم کاتالاز با کاهش سطح آبیاری افزایش یافت. ولی تفاوت معنی‌داری بین سطح‌های مختلف مشاهده نشد. با افزایش روند شوری مقدار فعالیت آنزیم کاتالاز متغیر بود. بیش‌ترین مقدار فعالیت این آنزیم در سطح شوری ۳ و

کم‌ترین مقدار آن در سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. نتیجه‌ها نشانگر این است که فیلا در مقایسه با فرانکنیا مقدار بیش‌تری کاتالاز تولید کرده است و این تفاوت معنی‌دار بود. آنزیم کاتالاز در فیلا به‌ترتیب در دو سطح ۷۵٪ و ۵۰٪ ظرفیت مزرعه در شوری۳ دسی‌زیمنس بر متر بیش‌ترین مقدار فعالیت را داشت (جدول ۵).

جدول ۵- برهمکنش نوع گیاه پوششی، سطح‌های آبیاری و شوری بر مقدار فعالیت آنزیم کاتالاز (Ug g^{-1} FW).

Table 5. Interaction of ground cover genus, irrigation and salinity levels on catalase enzyme activity (Ug g^{-1} FW).

گیاه Plant	سطح‌های آبیاری I.L (%FC)	سطح‌های شوری S.L. (dSm^{-1})			
		0.5	3	6	9
فیلا Phyla	%100	31.2hij	40.9f-i	58.5a-b	33.7g-j
	%75	46.2d-g	67.3a	52.2b-e	34.2g-i
	%50	37.7a	63.0ab	31.0hi	31.5hij
فرانکنیا Frankenia	%100	25.2j	32.9g-j	48.7c-f	29.3ij
	%75	30.7ij	58.2a-d	44.4e-h	31.1gij
	%50	61.0abc	57.2a-e	31.9hij	23.5j

Means followed by the same letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test..I.L.: Irrigation Levels, S.L.: Salinity Levels

عددهایی که در یک حرف مشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح احتمال 5% آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند..I.L: سطح‌های آبیاری، S.L: سطح‌های شوری.

فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز

با افزایش تنش خشکی مقدار فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، افزایش یافت، اما از نظر آماری معنی‌دار نبود. نتیجه‌ها بین فیلا و فرانکنیا در سطح‌های آبیاری مختلف باهم متفاوت بود. تاثیر افزایش تنش شوری در مقدار آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز متغیر بود. کم‌ترین مقدار در شوری ۹ و بیش‌ترین مقدار آن در شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر بود. بیش‌ترین مقدار تولید این آنزیم در فیلا و در ۵۰٪ ظرفیت مزرعه و شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول ۶).

جدول ۶- برهمکنش نوع گیاه پوششی، سطح‌های آبیاری و شوری بر مقدار فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (Ug g^{-1} FW).

Table 6- Interaction of ground cover genus, irrigation and salinity levels on superoxide dismutase enzyme activity (Ug g^{-1} FW).

گیاه Plant	سطح‌های آبیاری I.L (%FC)	سطح‌های شوری S.L. (dSm^{-1})			
		0.5	3	6	9
فیلا Phyla	100	121.0a	168.0bcd	336.7a	135.2bcd
	75	135.2bcd	154.0bcd	293.5a	192.5bc
	50	127.5cd	296.0a	201.7b	145.5bcd
فرانکنیا Frankenia	100	133.5d	131.5cd	192.5bc	121.5d
	75	121.5d	155.0bcd	285.5a	148.5bcd
	50	132.5cd	294.0a	193.0cd	129.7cd

Means followed by the same letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test. I.L.: Irrigation Levels, S.L.: Salinity Levels

عددهایی که در یک حرف مشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح احتمال 5% آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند. I.L: سطح‌های آبیاری، S.L: سطح‌های شوری

فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز

با کاهش سطح آبیاری مقدار فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز افزایش یافت ولی این مقدار افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود. با اعمال تنش شوری، کم‌ترین مقدار فعالیت آنزیم آسکوربیت پراکسیداز در شوری ۹ (۵۳/۲Ug g^{-1} FW) و بیش‌ترین

آن در شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر (۳۰/۶ $Ug\ g^{-1}$ FW) حاصل شد که این مقدار افزایش از نظر آماری معنی‌دار می‌باشد. بیش‌ترین مقدار تولید این آنزیم در سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه و شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر در گیاه پوششی فرانکنیا مشاهده شد. در دو گیاه پوششی زیر رژیم‌های آبیاری ۱۰۰٪ و ۷۵٪، با افزایش سطح‌های شوری از ۰/۵ تا ۶ دسی زیمنس، فعالیت آنزیم آسکوربیت پراکسیداز افزایش یافت و پس از آن شاهد کاهش مقدار آن بودیم، ولی در آبیاری ۵۰٪ ظرفیت مزرعه در سطح‌های شوری ۰/۵ به ۳ دسی‌زیمنس به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و پس از آن کاهش یافت، به‌طوری که با گیاهان شاهد اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۷).

جدول ۷- برهمکنش نوع گیاه پوششی، سطح‌های آبیاری و شوری بر مقدار فعالیت آنزیم آسکوربیت پراکسیداز (Ug g^{-1} FW).

Table 7. Interaction of ground cover genus, irrigation and salinity levels on Ascorbate peroxidase enzyme activity (Ug g^{-1} FW).

گیاه Plant	سطح‌های آبیاری I.L (%FC)	سطح‌های شوری S.L. (dSm^{-1})			
		0.5	3	6	9
فیلا Phyla	100	351.0cd	382.1cd	520.3abc	418.7 bcd
	75	369.2cd	473.0a-b	493.9a-b	386.0cd
	50	569.4ab	601.6a	407.5bcd	395.7cd
فرانکنیا Frankenia	100	376.0cd	406.0cd	540.0abc	439.0bcd
	75	387.0cd	490.0a-b	514.0a-b	392.0cd
	50	534.0ab	626.0a	437.0bcd	456.0cd

Means followed by the same letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test. I.L.: Irrigation Levels, S.L.: Salinity Levels

عددهایی که در یک حرف مشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح احتمال 5% آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.I.L: سطح‌های آبیاری، .S.L: سطح‌های شوری.

فعالیت آنزیم پراکسیداز

با افزایش تنش خشکی، مقدار آنزیم پراکسیداز افزایش یافت ومقدار آن در شاهد کمترین بود. با افزایش تنش شوری کمترین مقدار آنزیم پراکسیداز در شوری ۹ و بیش‌ترین مقدار آن در شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. بیش‌ترین مقدار تولید آنزیم پراکسیداز در سطح آبیاری ۵۰٪ و شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر در چمن فیلا مشاهده شد (جدول ۸).

جدول ۸- برهمکنش نوع گیاه پوششی، سطح‌های آبیاری و شوری بر مقدار فعالیت آنزیم پراکسیداز (Ug g^{-1} FW).

Table 8. Interaction of ground cover genus, irrigation and salinity levels on peroxidase enzyme activity (Ug g^{-1} FW).

گیاه Plant	سطح‌های آبیاری I.L (%FC)	سطح‌های شوری S.L. (dSm^{-1})			
		0.5	3	6	9
فیلا Phyla	%100	39.0hi	48.3f-i	82.0bc	53.0e-h
	%75	43.0ghi	48.0f-i	79.0cde	26.0d-h
	%50	99.0ab	110.0a	72.0cde	51.0fgh
فرانکنیا Frankenia	%100	43.0hi	45.0f-i	79.0b	51.0e-h
	%75	42.0ghi	44.0f-i	75.0cde	58.0d-h
	%50	92.0ab	104.0a	69.0cde	51.0gh

Means followed by the same letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test. I.L.: Irrigation Levels, S.L.: Salinity Levels

عددهایی که در یک حرف مشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح احتمال 5% آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند. I.L: سطح‌های آبیاری، .S.L: سطح‌های شوری.

محتوای نسبی آب

با افزایش تنش خشکی، محتوای نسبی آب در گیاه روند کاهشی را نشان داد و این اختلاف در برخی از سطح‌های آبیاری معنی‌دار بود. سطح‌های شوری نیز به مانند سطح‌های آبیاری مقدار محتوای نسبی آب را زیر تأثیر و آن‌را به‌شدت کاهش داد. محتوای نسبی آب در گیاه پوششی فیلا از گیاه پوششی فرانکنیا بیش‌تر بود. بیش‌ترین مقدار محتوای نسبی آب در فیلا، در سطح ۱۰۰٪ و شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر و کم‌ترین آن در فرانکنیا در ۵۰٪ ظرفیت مزرعه و شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر بود. در واقع بین بیشترین مقدار محتوی نسبی آب در شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس و ظرفیت مزرعه ۱۰۰٪ در گیاه فیلا و گیاه فرانکنیا اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. هم‌چنین، برای کمترین مقدار محتوای نسبی آب نیز در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر و ۵۰٪ ظرفیت مزرعه نیز همین‌طور بود (جدول ۹).

جدول ۹- برهمکنش نوع گیاه پوششی، سطح‌های آبیاری و شوری بر مقدار محتوای نسبی آب (٪).

Table 9. Interaction of ground cover genus, irrigation and salinity levels on relative water content (%).

گیاه Plant	سطح‌های آبیاری I.L (%FC)	سطح‌های شوری S.L. (dSm^{-1})			
		0.5	3	6	9
فیلا Phyla	100	88.6a	79.4abc	69.2def	61.4f-I
	75	78.5bcd	67.9efg	58.7g-j	56.8h-k
	50	51.7ijk	50.6jki	48.2kl	40.8lm
فرانکنیا Frankenia	100	83.5ab	75.0b-e	63.3gh	53.6h-k
	75	77.2b-e	70.7c-f	62.4fgh	51.5jik
	50	49.0jki	48.7kl	36.1m	37.1m

Means followed by the same letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test. I.L.: Irrigation Levels, S.L.: Salinity Levels

عددهایی که در یک حرف مشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح احتمال 5% آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند. I.L: سطح‌های آبیاری، S.L: سطح‌های شوری.

نشت یونی

بیش‌ترین مقدار نشست یونی در سطح ۵۰٪ ظرفیت مزرعه و بیش از ۴ برابر نسبت به شاهد (۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه) بیشتر بود. با افزایش سطح‌های شوری نیز مقدار نشت یونی افزایش یافت. اگرچه در سطح های آبیاری و سطح های شوری یکسان برای هر دو گونه، مقدارعددی میانگین‌ها برای نشت یونی در گیاه فیلا کمتر از فرانکنیا بود، ولی از نظر آماری اختلاف معنی داری بین میانیگن ها در دو گیاه وجود نداشت (جدول ۱۰).

جدول ۱۰– برهمکنش نوع گیاه پوششی، سطح‌های آبیاری و شوری بر مقدار نشت یونی (٪).

Table 10. Interaction of ground cover genus, irrigation and salinity levels on amount of ion leakage (%).

گیاه Plant	سطح‌های آبیاری I.L (%FC)	سطح‌های شوری S.L. (dSm^{-1})			
		0.5	3	6	9
فیلا Phyla	100	12.0k	15.3k	21.2ijk	37.3f-i
	75	17.8jk	34.1f-j	43.7e-h	46.7d-g
	50	50.0e-g	51.7b-f	63.1bc	65.1abc
فرانکنیا Frankenia	100	15.2k	17.2jk	33.7g-j	46.8d-g
	75	22.8ijk	28.0h-k	43.7e-h	57.2a-e
	50	57.2a-e	61.5ab	69.1ab	70.6a

Means followed by the same letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test. I.L.: Irrigation Levels, S.L.: Salinity Levels

عددهایی که در یک حرف مشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح احتمال 5% آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند. I.L: سطح‌های آبیاری، S.L: سطح‌های شوری.

بحث

خشکی رایج‌ترین تنش نازیوا است که به تقریب موجب محدودیت تولید در ۲۵٪ زمین‌های دنیا شده است. بنابراین پراکنش گیاهان در سرتاسر دنیا تا حد زیادی زیر اثر مقدار آب می‌باشد. در نتیجه از بین عوامل محیطی تنش‌زا، خشکی دومین عامل اصلی کاهش عملکرد بعد از عوامل بیماری‌زا می‌باشد (۶). اثر تیمار خشکی و شوری بر طول شاخساره سبزفرش، به صورت کاهش رشد بخش هوایی گیاه ظاهر می‌شود. با وجود کاهش رشد بخش هوایی، یکی از سازوکارهای مهم در تحمل به خشکی انواع مختلف سبزفرش‌ها، تقویت اندام زیرزمینی برای استفاده از منابع آب در دسترس خاک می‌باشد که مدت زمان نیاز به آبیاری تکمیلی را نیز طولانی‌تر می‌کند (۳۲).

کاهش رشد گیاهان بر اثر تنش شوری، ناشی از جذب ناکافی آب و ماده‌های غذایی و هم‌چنین سمیت یونی می‌باشد. در شوری زیاد گسترش یاخته‌ای می‌تواند بر اثر انباشت نمک‌ها در دیواره‌های یاخته کاهش یابد و درنتیجه سبب کاهش آماس یاخته شود و سرانجام رشد کاهش یابد. هم‌چنین، رشد طولی با طولانی شدن تنش خشکی نیز کاهش می‌یابد. یکی از دلیل‌های کاهش طول ساقه در شرایط تنش اسمزی، تجزیه آهسته‌تر ماده‌های غذایی و در نتیجه کاهش یا نبود انتقال ماده‌های غذایی در گیاه بیان شده است (۳۵).

گیاهان در دوره رشد خود رو به رو با تنش‌های گوناگون زیوا (آفت‌ها و بیماری‌ها) و تنش‌های نازیوا (خشکی، شوری و گرما) هستند که آن‌ها را وادار به واکنش‌های فیزیولوژیک می‌نماید (۳۶). تغییر ویژگی‌های فیزیولوژیکی از مهم‌ترین سازوکارها برای سازگاری گیاه به شرایط تنش خشکی است (۲۶). بر اساس نظر Demir (۱۲)، پرولین یک ترکیب تنظیم‌کننده اسمزی است که نقش مهمی در مقاومت اسمزی ایفا می‌کند و نقش آن در تحمل به خشکی بسیار پیچیده و مبهم است. در گزارش‌های علمی عملکرد پرولین در گیاهان زیر تنش، اغلب خاصیت اسمزی آن برای حفظ تعادل آب بیان شده است (۳۱). اما دیگر نقش‌های پرولین زیر تنش نیز به وسیله پژوهشگران گزارش شده که شامل حفظ ثبات پروتئین‌ها، حذف رادیکال‌های هیدروکسیل، تنظیم pH یاخته‌ای و تنظیم نسبت NADP/NADPH می‌باشد (۳۱). انباشت پرولین آزاد، پاسخی رایج به تنش در گیاهان عالی می‌باشد (۳۸). در واقع، انباشت پرولین در شرایط تنش خشکی یک واکنش عمومی است که به‌دلیل ساخت پرولین در بافت، پیشگیری از اکسید شدن پرولین و نیز پیشگیری از شرکت پرولین در ساخت پروتئین‌ها صورت می‌گیرد. بنابراین افزایش تنش خشکی، مقدار پرولین را افزایش می‌دهد. اما با توجه به پژوهش اعتمادی و همکاران (۱۷)، همبستگی معنی‌داری بین مقدار پرولین و تحمل به خشکی به‌دست نیامده است. در تنش شوری، پرولین فراوان‌ترین ماده انباشته شده در گیاهان است. به‌طورکلی انباشت پرولین رابطه مثبت و مستقیم با افزایش تحمل به خشکی در تنش‌های خشکی و شوری ایجاد شده در گیاهان دارد (۲۷). طبق نتیجه‌های این پژوهش نیز با افزایش تنش شوری، مقدار پرولین در گیاهان پوششی فیلا و فرانکنیا افزایش یافت و بیش‌ترین مقدار پرولین در بالاترین سطح شوری ($۹\ dSm^{-1}$) مشاهده شد. افزایش پرولین در هنگام تنش نشان‌دهنده نقش این آمینو اسید در تنظیم فشار اسمزی است (۲). پرولین افزون بر تنظیم اسمزی به عنوان محافظ در برابر تنش نیزنقش دارد. بدین ترتیب که به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم با بزرگ‌مولوکول‌ها برهمکنش داشته و از این راه به حفظ شکل و ساختار طبیعی آن‌ها در شرایط تنش کمک می‌کند (۲۵).

آنزیم کاتالاز یکی از آنزیم‌های کلیدی در تجزیهٔ پراکسید هیدروژن است (۱۰). تیمار خشکی در گل سوسن (*Lilium* sp.)، فعالیت آنزیم کاتالاز را در گیاهان زیر تنش، بیش از گیاهان شاهد افزایش داده است (۲۲). کاتالاز یک آنزیم تبدیل کننده پراکسید هیدروژن به آب و اکسیژن مولکولی است. افزایش غلظت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی در شرایط تنش نشانگر نقش این آنزیم‌ها در سیستم دفاعی گیاه در شرایط تنش است. افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی با افزایش ظرفیت سازوکارهای حفاظتی در برابر آسیب اکسایشی به ایجاد تحمل به تنش خشکی کمک می‌کند (۳۷). کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز منجر به انباشت پراکسید هیدروژن می‌شود که می‌تواند با سوپر اکسید برای تولید رادیکال‌های آزاد هیدروکسیل واکنش دهد. در این پژوهش آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز از الگوی به نسبت مشابهی پیروی می‌کنند. به نظر می‌رسد با تولید پراکسید هیدروژن توسط سوپراکسید دیسموتاز، آنزیم کاتالاز نیز به موازات آن تغییر کرده و پراکسید هیدروژن تولید شده را از بین می‌برد. آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز به عنوان یکی از اجزای مهم سازوکار دفاعی گیاه در نظر گرفته می‌شود، بنابراین از این

آنزیم می‌توان برای تعیین گونه‌های مقاوم به خشکی استفاده کرد. فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در تنش شوری افزایش یافته و در تنش شدیدتر کاهش پیدا کرده است (۴۰). نتیجه‌های به دست آمده در پژوهش حاضر با گزارش‌های نامبرده (۲۲، ۳۷، ۴۰) همسو است. سوپر اکسید دیسموتاز به عنوان نخستین سد دفاعی در برابر حمله گونه‌های فعال اکسیژن مقاومت می‌نماید. افزایش سوپراکسید دیسموتاز در مرحله های نخستین تنش خشکی، گیاه را از آسیب اکسایشی حفاظت کرده است. افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز بر اثر پیش تیمار خشکی می‌تواند ناشی از نقش کلیدی این آنزیم در دفاع در برابر تنش‌های اکسایشی باشد که با سرعت زیادی سوپر اکسید را به پراکسید هیدروژن تبدیل می‌کند. در هر دو گیاه، فعالیت آنزیم آسکوربیت پراکسیداز (APX) در گیاهان تیمارشده در مقایسه با گیاهان شاهد در دورهٔ تیمار خشکی به‌طور معنی‌داری افزایش داشته است. هم‌چنین افزایش فعالیت این آنزیم بر اثر پیش تیمار خشکی می‌تواند ناشی از نقش کلیدی این آنزیم در حذف پراکسید هیدروژن باشد که نسبت به پراکسیداز و کاتالاز میل ترکیبی و حساسیت بیش‌تری به پراکسید هیدروژن دارد و نقش مهمی در مدیریت گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)[۱] در شرایط تنش ایفا می‌کند (۲۰). در پژوهش دیگری نشان داده شد که آنزیم‌های کاتالاز و اسکوربیک پراکسیداز پاسخ مشابهی به تنش‌های خشکی و سرما نشان دادند (۲۱). آنزیم پراکسیداز نقش بسیار مهمی در پاسخ به تنش‌های نازیوا مانند خشکی و شوری دارد. تنش کم آبی در گیاه جو، موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دسموتاز، اسکوربیک پراکسیداز، کاتالاز و پراکسیداز شد و مشخص شد در بین آنزیم‌های ارزیابی شده، آنزیم پراکسیداز می‌تواند مهم‌ترین آنزیم برای افزایش تحمل گیاه جو در برابر تنش اکسایشی ناشی از کم آبی باشد (۱). در همین زمینه، بیان شده است که فعالیت آنزیم پراکسیداز در گیاه گندم با افزایش سطح تنش افزایش یافته است، هم‌چنین گزارش شده است که فعالیت بیش‌تر این آنزیم با محتوای نسبی آب برگ بالاتر همراه است (۱۱). فعالیت آنزیم پراکسیداز نقش پیام‌رسان را در فرآیندهای جا به جایی پیام پراکسید هیدروژن در غلظت های پایین می‌تواند بازی کند و باعث فعال شدن ژن‌های وابسته به تحمل در گیاه می‌شود، اما در غلظت‌های بالا سمی بوده و به وسیله آنزیم‌های آنتی اکسیدانی از جمله سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز تبدیل به آب می‌شود. بنابراین از این راه سبب افزایش تحمل به تنش می‌شود (۱۱).

محتوای آب شاخساره شاخصی است که نشان دهنده مقدار آب موجود در اندام‌های گیاه یا شادابی آن بوده و کاهش محتوای نسبی آب برگ در بافت‌های گیاهان در شرایط تنش کم آبی باعث محدود شدن رشد در آن‌ها می‌شود. در واقع کاهش محتوای نسبی آب شاخساره از راه اثر بر تنظیم اسمزی به تحمل گیاه در برابر کم آبی کمک می‌کند. (۱۸). در صورتی محتوای نسبی آب شاخساره مطلوب است که جذب آب توسط ریشه با مقدار تعرق و آب از دست رفته شاخساره‌ها برابر باشند. با کاهش محتوای نسبی آب، ظرفیت نورساختی گیاه کاهش پیدا می‌کند و در اثر آسیب به غشای کلروپلاست‌ها، منجر به مرگ یاخته می‌شود (۱۸). از جمله شاخص‌های فیزیولوژیکی مهم در ارزیابی تنش کم آبی، نشت یونی است که افزایش نشت یونی نشان دهندهٔ بروز آسیب‌های غشایی است (۲۴). نشت یونی در گیاهان زیر تنش خشکی افزایش پیدا می‌کند و شاخصی برای وضعیت پایداری غشای یاخته‌ای به شمار می‌رود. بیش‌ترین مقدار نشت یونی از غشا یاخته‌ها در بیش‌ترین سطح تنش رخ می‌دهد. نشت الکترولیت در شرایط تنش نشان دهنده تخریب غشای یاخته است. در شرایط تنش خشکی، رقم‌های دارای تحمل، ثبات غشای یاخته‌ای بیش‌تری نسبت به رقم‌های حساس دارند که با نشت یونی کمتر مشخص می‌شود (۲۴). نتیجه‌های به دست آمده از پژوهش ما با این یافته‌ها همسو است.

نتیجه‌گیری

روی هم رفته، مقدار سطح آبیاری ۵۰٪ ظرفیت مزرعه و سطح شوری ۰/۵ دسی زیمنس نشانگر نتیجه‌های مطلوبی بود که قابل کاربرد در شرایط فضای سبز است. بین دو گیاه پوششی مورد پژوهش، فیلا عملکرد مطلوب‌تری در شاخص‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی بررسی شده (طول شاخساره، مقدار نشاسته و محتوای نسبی آب شاخساره ، مقدار قند، پرولین، فعالیت آنزیم های کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، آسکوربیت پراکسیداز، پراکسیداز و هم‌چنین نشست یونی) نسبت به فرانکنیا نشان داد. نتیجه‌ها بیانگر تحمل بالاتر گیاه پوششی فیلا به تنش‌های خشکی و شوری می‌باشد.

۱- Reactive Oxygen Species

References منابع

1. Amini, Z., R. Hadad and F. Moradi. 2008. The effect of drought stress on antioxidant enzymes activity in reproductive growth stages (*Hordeum vulgare* L.). J. Sci. Tech. 46: 65-74.
2. Ashraf, M. and M.R. Foolad. 2007. Rules of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environ. Exp. Bot. 59:206-216.
3. Barbosa, O. 2007. Who benefits from access to green space a case study from Sheffield, UK. J. Landsc. Urban Plan. 83:187- 195.
4. Bates, L.S., R.P. Waldern and I.D. Teave. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil. 39:205-107.
5. Beauchamp, C. and I. Fridovich. 1971. Superoxide dismutase: improved assays and an assay predictable to acrylamide gels. Anal. Biochem. 44:276-287.
6. Biglouie, M.H., M.H. Assimi and A. Akbarzadeh. 2010. Effect of water stress at different stages on quantity and quality traits of virginia (flue cured) tobacco type. Plant Soil Environ. 2:67-75.
7. Blum, A. 2011. Plant Breeding For Water-Limited Environments. Springer, New York. 11-52 p.
8. Chance, B. and A.C. Maehly. 1995. Assay of catalase and peroxidase. In: S.P. Culowic and N.O. Kaplan (Eds.). Methods in Enzymology. Vol. 2. Academic Press. Inc. New York. 814 p.
9. Chegah, S., M. Chehrazi, and M. Albaji. 2013. Effects of drought stress on growth and development frankenia plant (*Frankenia leavis*). Bulgarian J. Agri. Sci. 19 (4): 659 - 666.
10. Cook, D., S. Fowler and O. Fiehn. 2004. A prominent role for the CBF cold response pathway in configuring the low temperature metabolome of Arabidopsis. Plant Biol. 101:15243-15248.
11. Copra, R.K. and D.S. Selote. 2007. Acclimation to drought stress generates oxidative stress tolerance in drought resistant than susceptible wheat cultivar under field conditions. Environ. Exp. Bot. 60:276-283.
12. Demir, Y. 2000. Growth and proline content of germinating wheat genotypes under ultraviolet light. Turk. J. Bot. 24:67–70.
13. Dhindsa, R.S., P. Plumb-Dhindsa and T.A. Thorpe. 1981. Leaf senescence: correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. Environ. Exp. Bot. 32:93-101.
14. DuBois, M., K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers and F. Smith. 1956. Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances, Anal. Chem. 28 (3):350-356.
15. Easton, L.C. and S. Kleindorfer. 2009. Effects of salinity levels and seed mass on germination in Australian species of *Frankenia* L. (Frankeniaceae). Environ. Exp. Bot. 65: 345–352.
16. Esmaeili, S., H. Salehi and M. Khosh-Khui. 2017. Seasonal changes in some physiological and biochemical responses of six groundcover plants. Int. J. Hort. Sci. Technol. 4(1): 105-116.
17. Etemadi, N., A. Khalighi, K.H. Razmjoo, H. Lessani and Z. Zamani. 2006. Evaluation of genetic variation, tolerance and morphological characteristic of Bermuda grass (*Cynodon dactylon* L.). Int. J. Agr. Biol. 8(2):198- 202. (In Farsi).
18. Fu, J., J. Fry and B. Huang 2004. Minimum water requirements of four turf grass in the transition zone. Hort. Sci. 39(7):1740-1744.
19. Ghassemi, G. and B. Esmaielpour. 2008. The effect of salt priming on the performance of differentially matured cucumber (*Cucumis sativus*) seeds. J. Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj. 36:67-70.

20. Gill, S.S. and N. Tuteja. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. J. Plant Physiol. Biochem. 48:909-930.
21. Guo, Z., W. Ou, S. Lu and Q. Zhong. 2006. Differential responses of antioxidative system to chilling and drought in four rice cultivars differing in sensitivity. Plant Physiol. Biochem. 44:828-836.
22. Hoffman, L., M. DaCosta, J. Scott Ebdon and J. Zhao. 2012. Effects of drought preconditioning on freezing tolerance of perennial ryegrass. Environ. Exp. Bot. 79:11-20.
23. Jiang, X.B., Y.H. Geng, X. Peng, G.L. Chen, L. Zhao and J.C. Dong. 2012. Analyses on drought resistant physiological characteristics of *Lippia nodiflora*. J. S.West Forest. Uni. 32 (4): 17-21.
24. Jinrong, L., X., Xiaorong, D., Jianxiong, S. Jixiong and B. Xiaomin. 2008. Effects of simultaneous drought and heat stress on Kentucky bluegrass. Sci. Hort. 115:190-195.
25. Koc, E., C. Islek and A.S. Ustun. 2010. Effect of cold on protein, proline, phenolic compounds and chlorophyll content of two pepper (*Capsicum annuum* L.) varieties. Gazi Univers. J. Sci. 23:1-6.
26. Liu, C., Y., Liu, K.,Guo, D., Fan, G., Li, Y., Zheng, L., Yu and R. Yang. 2011. Effect of drought on pigments, osmotic adjustment and antioxidant enzymes in six woody plant species in karst habitats of southwestern China. Environ. Exp. Bot. 71:174–183.
27. Macrum, K.B. 2006. Use of saline and non-potable water in the turfgrass industry: constraints and developments. J. Agr. Water Manage. 80:132-146.
28. McCready R.M., J. Guggolz, V. Silviera and H.S. Owens. 1950. Determination of Starch and Amylose in Vegetables. Anal. Chem. 22 (9):1156–1158.
29. Nakano, Y. and K. Asada. 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. Plant Cell Physiol. 22:867-880.
30. Price, J.N., M.J. Macdonald, C.L. Gross, R.D.B. Whalley and I.H. Simpson. 2011. Vegetative reproduction facilitates early expansion of *Phyla canescens* in a semi-arid floodplain. Biol. Invas. 13: 285–289.
31. Razavizadeh, R., A.A., Ehsanpour, A. Ahsan and S. Komatsu. 2009. Protein analysis of tobacco leaves under salt stress. Elsevier. 30 (9):1651-1659.
32. Richardson, M.D., D.E. Karcher, K. Hignight and D.Rush. 2008. Drought tolerance and rooting capacity of Kentucky bluegrass cultivars. Crop Sci. 48:2429-2436.
33. Saadalla, M.M., J.F. Shanahan and J.S. Quick. 1990. Heat Tolerance in Winter Wheat: I. Hardening and Genetic Effects on Membrane Thermo Stability. Crop Sci. 30:1243-1247.
34. Samieiani, E. and H. Ansari. 2014. Drought Stress Impact on Some Biochemical and Physiological Traits of 4 Covers Crops (*Lolium perenne, Potentilla* spp*, Trifolium repens and Frankinia* spp) with Potential Landscape Usage. J. Periodont. 4: 53-60.
35. Taheri, A.N., J., Daneshian, S.A.R., Valadabadi and F.H. Aliabadi. 2008. Effects of water deficit and plant density on morphological characteristics of chicory (*Cichoriun intybus* L.). Abstract Book of 5th Int. Crop Sci. Congress Exhibit. 26 p.
36. Tas, S. and B. Tas. 2007. Some physiological responses of drought stress in wheat genotypes with different ploidity in Turkiye. J. Agr. Sci. 3:178-183.
37. Turkan, I., M. Bor, F. Ozdemir and H. Koca. 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *Phaseolus acutifolius* gray and drought-sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. Plant Sci. 168:223-231.

38. Vendruscolo, A.C.G., I. Schuster, M. Pileggi, C.A. scapim, H.B.C. Molinari, C.J. Marur and L.G.C. Vieira. 2007. Stress- induced synthesis of proline confers tolerance to water deficit in transgenic wheat. J. Plant Physiol. 164:1367-1376.
39. Visconti, R.F., J.M. de Paz Becares, R.D. Zapata Hernandez and J. Sanchez Diaz. 2004. Development of an equation to relate electrical conductivity to soil and water salinity in a Mediterranean agricultural environment. Aust. J. Soil Res. 42:381-388.
40. Yamasaki, S. and L.R. Dillenburg. 1999. Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal. 11(2):69-75.

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 20 (2): 129 - 142 (2019)
Research article

Evaluating Tolerance of Ground Covers *Phyla nodiflora* L. and *Frankenia thymifolia* Desf. to Simultaneous Salinity and Drought Stresses

S. Mirzaei[*] and M. Dastoory[1]

A remarkable part of Iran is surrounded by arid and semi-arid areas, which are faced with drought and salinity stresses. Today, the management of salinity and drought stresses in the landscape, has a particular importance. In this study, the drought and salinity tolerance of *Phyla* and *Frankenia* were investigated, which consisted of 12 treatments (Four levels of salinity at 0.5, 3, 6 and 9 dS/m and three irrigation levels including100%, 75% , 50% of field capacity) and performed in 5 replications. The results showed that shoots length, amount of starch and water relative content of shoots were reduced. On the other hand, amount of glucose and proline, activity of catalase, superoxide dismutase, ascorbite peroxidase, peroxidase enzymes and ion leakage were increased under drought and salinity stresses. *Phyla* showed a higher relative water content and a lower ion leakage in comparison with *Frankenia*, which shows higher tolerance of *Phyla* to drought and salinity stresses.
Keywords: Antioxidant enzymes, Electrolyte Leakage, Proline, Water deficiency.

1. Assistant Professor, Ornamental Plants Research Centre, Horticultural Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mahallat, Iran, and Post Doctorate Researcher, Department of Horticulture Science, Shiraz University, Shiraz, Iran, respectively.
* Corresponding author, Email: (sahar_mirzaei81@yahoo.com).