

ارزیابی تحمل گیاهان پوششی *Frankenia thymifolia* Desf. و *Phyla nodiflora* L. به نش‌های همزمان شوری و خشکی^۱

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

سحر میرزایی* و مونا دستوری^۲

چکیده

بخش چشمگیری از کشور ایران را منطقه‌های خشک و نیمه‌خشک دربرگرفته است که با خشکی و شوری روبرو هستند. بنابراین، مدیریت نش‌های شوری و خشکی در فضای سبز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. این پژوهش در راستای شناصایی گیاهان دارای تحمل به خشکی، برای کاربرد در فضای سبز شهری منطقه‌های روبرو 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. نتایج نشان داد که در اثر نش 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. به طوری که نش‌های 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 نش‌های نازیوای است که تهدیدی برای تولید موفقیت‌آمیز محصول‌ها است. خشکی بر جنبه‌های مختلف رشد گیاه اثر دارد و موجب کاهش و به تأخیر انداختن تنثیگی، کاهش رشد اندام‌های هوایی و کاهش تولید ماده خشک در گیاهان می‌شود. کاهش پتانسیل اسمنزی و پتانسیل کل آب، با از بین رفت آماس گیاه، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش رشد از نشانه‌های ویژه نتش آبی است. چنانچه شدت نتش 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 نتش شوری می‌باشند.^(۱۹) خشکی و شوری خاک از محدود کننده‌های مهم در مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می‌روند. از دیدگاه کشاورزی، نش 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

تاریخ پذیرش: ۹۸/۲/۲۱

۱- تاریخ دریافت: ۹۷/۳/۱۹

۲- به ترتیب 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)

می شود (۷). باریکبرگان نسبت به شوری چندان مقاوم نبوده و افزایش غلظت شوری به طور معمول باعث کاهش و بهتأخیر انداختن تنزگی در بذر آن ها می شود (۲۷). به کار بردن گونه ها و رقم های مقاوم به خشکی، یک برنامه مدیریتی سودمند برای کاهش مصرف آب در سبز فرش ها (چمن ها) می باشد. گیاه فیلا، گیاهی زینتی از خانواده شاهپسند و بومی آمریکای جنوبی است و در سایر نواحی گرم سیری جهان نیز یافت می شود. این گیاه پوششی، چندساله، علفی، دارای برگ های نیزه ای و گل آذین حاوی گل های کوچک سفید تا صورتی رنگ است. گیاه فرانکنیا نیز گیاهی همیشه سبز، بومی آفریقا، مناسب مناطق گرم سیری و از خانواده فرانکنیا سه است. دارای گل های ریز و مجتمع، برگ های قرمز یا صورتی رنگ بسیار کوچک، ساقه های رونده و ریشه های محکم و عمیق است. با توجه به رویش این گیاهان پوششی در مناطق گرم سیری جهان، می توان به متحمل بودن این گیاهان به شرایط تنش خشکی و شوری پی برد. هم چنین پژوهشگران نیز در پژوهش های خود گیاهان فیلا و فرانکنیا را دارای تحمل به شرایط تنش خشکی و شوری ارزیابی نموده اند (۹، ۱۵، ۲۳، ۳۰، ۳۴)، بنابراین، در راستای جایگزینی چمن های با نیاز آبی بالا و استفاده از گیاهان متحمل به شرایط کم آبی در فضای سبز شهری، این پژوهش با هدف بررسی اثر تنش شوری و خشکی بر شاخص های فیزیولوژیکی و ریخت شناسی گیاهان پوششی فیلا و فرانکنیا انجام گرفت.

مواد و روش ها

این پژوهش در باغ ارم، با نظارت بخش علوم باغبانی دانشگاه شیراز و با پشتیبانی بنیاد ملی نخبگان انجام شد. گیاهان پوششی فیلا (*Phyla nodiflora* L.) و فرانکنیا (*Frankenia thymifolia* Desf.) به صورت جداگانه در گلدان های ۵ کیلوگرمی به قطر ۲۰ سانتی متر، ارتفاع ۳۰ سانتی متر، 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، ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ دسی زیمنس بر متر و سه سطح آبیاری به ترتیب شامل ۰/۵۰، ۰/۷۵ و ۰/۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه بود. به منظور برابر بودن تعداد بوته های 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. گلدان های کشت شده در فضای آزاد با دمای کمینه و بیشینه به ترتیب ۲۵ و ۴۰ درجه سلسیوس (فصل تابستان، هوای آفتابی و بدون بارندگی) نگهداری شدند. مراقبت های لازم در دوره رشد انجام گرفت و پس از این که که گیاهان استقرار یافتدند، تیمارهای خشکی و شوری به کار برد 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 بر حسب میلی اکی والان محاسبه شد (۳۹).

برای انجام تیمار آبیاری گلدان های پلاستیکی و بدون زهکش به کار برد 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، اندازه گیری شد و مشخص شد که مقدار رطوبت خاک در نقطه ظرفیت مزرعه ۰/۲۹٪ و در نقطه پژمردگی دائم ۰/۱۹٪ بود. با توجه به وزن خاک مورد استفاده که در این حالت باید برای رسیدن خاک خشک به ظرفیت مزرعه افزوده می شد، ۵۰۰۰ گرم بود، مقدار آبی که در این کار برای رسیدن خاک و افزودن آب به گلدان ها تا رسیدن به وزن ۶۴۵۰ گرم انجام شد و برای بقیه سطح های آبیاری که شامل ۷۵٪ و ۵۰٪ ظرفیت مزرعه بودند به ترتیب ۱۰۸۷ و ۷۲۵ میلی لیتر آب برای رساندن به تیمارهای مورد نظر به کار رفت. با توجه به آزمایش های وزنی خاک گلدان مشخص شد که پس از هر با آبیاری، گلدان ها به مدت ۳ روز رطوبت خود را در سطح تنش خشکی اندازه گیری شده، نگه داشتند. دور آبیاری به صورت ثابت و مقدار آب اندازه گیری شده هر سه روز یکبار به گلدان ها افزوده می شد. پس از استقرار و اولین سرزنی دو گیاه پوششی، به مدت سه ماه، تیمارهای آبیاری همزمان با تیمارهای شوری به کار برد شد. بدین ترتیب که تیمارهای شوری در دوره های آبیاری تنش خشکی انجام شد.

اندازه گیری ویژگی ها

پس از سه ماه کاربرد تنش های شوری و خشکی، ویژگی های زیر اندازه گیری شدند.

طول شاخصاره

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

مقدار قند

برای اندازه‌گیری قند از روش فنول-سولفوریک اسید استفاده شد. برای این منظور نمونه گیاهی در آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۲ درجه سلسیوس خشک و سپس به وسیله 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 محلول فنول ۵٪ و ۵ میلی‌لیتر سولفوریک اسید غلیظ به آن افزوده و بی‌درنگ هم زده شد. پس از نیم ساعت نگهداری در دمای اتاق، به وسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر (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 (بر حسب 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 ۵٪ افزوده و به مدت ۱۵ دقیقه هم زده 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 آنtron 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 بخ، جذب نور به وسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر (Spectronic instruments 4001/4 USA) در طول موج ۶۳۰ نانومتر اندازه‌گیری شد و مقدار نشاسته بر حسب 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 محلول با ۲ میلی‌لیتر معرف نین‌هیدرین مخلوط شده و ۲ میلی‌لیتر استیک اسید گلاسیال به هر لوله افزوده شد. نمونه‌ها به مدت یک ساعت در حمام آب گرم با دمای ۹۶ درجه سلسیوس قرار داده شدند. به هر لوله آزمایش ۴ میلی‌لیتر تولوئن افزوده و نمونه‌ها به مدت ۱۵ تا ۲۰ ثانیه به هم زده تا به طور کامل یکنواخت شدند. پس از تشكیل دو فاز رویی و زیرین، مقدار جذب لایه رویی در طول موج ۵۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر (Spectronic instruments 4001/4 USA) اندازه‌گیری شد (۴).

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

M= عدد خوانده شده با اسپکتروفوتومتر، 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 به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۳۰۰۰ سانتریفیوژ و در پایان فاز بالایی برای اندازه‌گیری مقدار فعالیت آنزیم‌ها جدا شد.

فعالیت آنزیم کاتالاز

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

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

فعالیت آنژیم سوپراکسید دیسموتاز

۵ میکرولیتر از عصاره استخراج با یک میلی لیتر محلول اندازه گیری سوپراکسید دیسموتاز که شامل ۵۰ میلی مولار بافر فسفات پتابسیم (pH=7/8) ۷ میکرومولار نیتروبلوترازولیوم (NBT)، ۱۳ میلی مولار ال- متیونین، ۱/۰ میلی مولار EDTA و ۲ میکرومولار ریبوфلاوین بود آمیخته شد. عصاره استخراج و به مدت ۱۵ دقیقه در اتاق نور قرار گرفت. سپس در دستگاه اسپکتروفوتومتر (Spectronic instruments 4001/4 USA) قرار داده شد و مقدار جذب نوری آن در طول موج ۵۶۰ نانومتر اندازه گیری شد (بر حسب واحد بر گرم وزن تر) (۵).

فعالیت آنژیم پراکسیداز

در ابتدا ۳۳ میکرولیتر از عصاره استخراج را با یک میلی لیتر از محلول پراکسیداز که شامل ۱۳ میلی مولار گوایکول، ۵ میلی مولار پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و ۵۰ میلی مولار بافر فسفات پتابسیم (pH = 7) است، مخلوط نموده و جذب به مدت یک دقیقه در طول موج ۴۷۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر (Spectronic instruments 4001/4 USA) اندازه گیری شد. برای تهیه ۱۰۰ میلی لیتر بافر فسفات پتابسیم، ۳۹ میلی لیتر فسفات پتابسیم مونو بازیک ۵۰ میلی مولار با ۶۱ میلی لیتر فسفات دی بازیک ۵۰ میلی مولار ترکیب شد (۸).

فعالیت آنژیم آسکوربیت پراکسیداز

ابتدا ۵۰ میکرو لیتر از عصاره استخراج را با یک میلی لیتر محلول اسکوربیک پراکسیداز که شامل ۵۰ میلی مول بافر فسفات پتابسیم (pH=7)، ۰/۱ میلی مول EDTA، ۰/۵ میلی مول 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 اسپکتروفوتومتر (Spectronic instruments 4001/4 USA) اندازه گیری شد (۲۹).

مقدار نشت یونی

ابتدا ۰/۰ گرم برگ را داخل ۱۰ میلی لیتر آب دو بار تقطیر شده قرار داده و پس از آن نمونه به مدت ۳۰ دقیقه در آب ۴۰ درجه سلسیوس قرار داده شد و مقدار قابلیت هدایت الکتریکی (EC) آن با کمک دستگاه EC متر اندازه گیری شد (C_1). سپس نمونه را به مدت ۱۵ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار گرفت و برای بار دوم قابلیت هدایت الکتریکی آن اندازه گیری 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).

$$RWC = (WF-WD)/(WT-WD) \times 100$$

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

واکاوی آماری

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب 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 شاخصاره

نتیجه‌های برهمکنش جنس گیاه پوششی، سطوح‌های آبیاری و سطوح‌های شوری بر طول شاخصاره (سانتی‌متر) نشان داد که با کاهش سطوح‌های آبیاری، طول شاخصاره در هر دو گیاه پوششی با کاهش مواجه شد و فرانکنیا نسبت به فیلا به طور معنی‌داری دارای کاهش رشد شاخصاره بیشتری بود (جدول ۱). همچنین، با افزایش مقدار شوری در سطح ۴، ۶، ۹ و ۳/۶

دسی زیمنس بر متر، کاهش طول شاخصاره در هر دو گیاه پوششی مشاهده شد. طول شاخصاره در فیلا و فرانکنیا تفاوت معنی داری را نشان نداد (جدول ۱). نتیجه ها بیانگر این است که بیشترین طول شاخصاره مربوط به فیلا در تیمار ۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه و شوری ۵/۰ دسی زیمنس بر متر و کمترین آن مربوط به فرانکنیا در ۵/۰٪ ظرفیت مزرعه و ۹ دسی زیمنس بر متر می باشد.

جدول ۱- برهمنکنش نوع گیاه پوششی، سطح های آبیاری و شوری بر طول شاخصاره (سانتی متر).

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

گیاه Plant	سطح های آبیاری I.L. (%FC)	سطح های شوری S.L. (dSm^{-1})		
		0.5	3	6
فیلا <i>Phyla</i>	%100	11.9a	10.9bcd	10.2c-f
	%75	10.6b-e	9.4fgh	9.4fgh
	%50	9.5e-h	9.4fgh	7.6kl
فرانکنیا <i>Frankenia</i>	%100	11.4ab	10.1bcd	9.9d-g
	%75	11.0abc	9.0g-j	8.7hij
	%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 می باشند از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی داری ندارند. I.L: سطح های آبیاری، S.L: سطح های شوری.

مقدار قند

با کاهش سطح های آبیاری مقدار تولید قند افزایش یافت و این اختلاف معنی دار بود. افزایش سطح شوری نیز تا ۶ دسی زیمنس بر متر سبب افزایش مقدار قند و پس از رسیدن به غلظت ۹ دسی زیمنس بر متر، باعث کاهش مقدار قند شده است (جدول ۲). اختلاف در مقدار قند، برای گیاه فیلا و فرانکنیا تنها در سطح آبیاری ۵/۰٪ بین شوری ۳ و ۹ دسی زیمنس بر متر دارای اختلاف معنی دار بود

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

گیاه Plant	سطح های آبیاری I.L. (%FC)	سطح های شوری S.L. (dSm^{-1})		
		0.5	3	6
فیلا <i>Phyla</i>	100	91.0g	127.1c-g	163.3a-e
	75	124.1c-g	158.1a-f	159.5ab
	50	192.4a	190.0ab	129.2b-g
فرانکنیا <i>Frankenia</i>	100	103.5efg	130.0b-g	160.4a-e
	75	137.3ag	146.9a-g	161.4a-e
	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 می باشند از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی داری ندارند. I.L: سطح های آبیاری، S.L: سطح های شوری.

مقدار نشاسته

با افزایش تنش خشکی، کاهش معنی داری در مقدار نشاسته مشاهده شد. کمترین مقدار نشاسته مربوط به تیمار ۵/۰٪ ظرفیت مزرعه و بیشترین مقدار آن مربوط به تیمار ۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه بود. بین سطح های ۱۰۰٪ و ۷۵٪ ظرفیت مزرعه اختلاف معنی داری 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 ۵/۰ 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 ۵/۰ 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).

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 ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند. I.L.: سطح‌های آبیاری، S.L.: سطح‌های شوری.

مقدار پرولین

با افزایش تنفس 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 (جدول ۴).

جدول ۴- برهمکنش نوع گیاه پوششی، سطح‌های آبیاری و شوری بر مقدار پرولین (μmol 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	17.5fg	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 ۵٪ 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 به ترتیب در دو سطح ۷۵٪ و ۵۰٪ ظرفیت مزرعه در شوری ۳ 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 <i>Phyla</i>	%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 <i>Frankenia</i>	%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 ۵٪ 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 سوپر اکسید 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 سوپر اکسید 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 <i>Phyla</i>	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 <i>Frankenia</i>	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 ۵٪ 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 ($Ug\ g^{-1}\ FW\ 30/6$) 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 دسی‌زیمنس، فعالیت آنزیم آسکوربیت پراکسیداز افزایش یافت و پس از آن شاهد کاهش مقدار آن بودیم، ولی در آبیاری ۰/۵٪ 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	سطوح‌های آبیاری I.L. (%FC)	سطوح‌های 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 ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند. I.L.: سطح‌های آبیاری، S.L.: سطح‌های شوری.

فعالیت آنزیم پراکسیداز

با افزایش تنفس خشکی، مقدار آنزیم پراکسیداز افزایش یافت و مقدار آن در شاهد کمترین بود. با افزایش تنفس 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	سطوح‌های آبیاری I.L. (%FC)	سطوح‌های 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 ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند. I.L.: سطح‌های آبیاری، S.L.: سطح‌های شوری.

محتوای نسبی آب

با افزایش تنفس خشکی، محتوای نسبی آب در گیاه روند کاهشی را نشان داد و این اختلاف در برخی از سطحهای آبیاری معنی دار بود. سطحهای شوری نیز به مانند سطحهای آبیاری مقدار محتوای نسبی آب را زیر تأثیر و آنرا به شدت 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 ۵/۰ دسیزیمنس بر متر و کمترین آن در فرانکنیا در ۵۰٪ ظرفیت مزرعه و شوری ۹ دسیزیمنس بر متر بود. در واقع بین بیشترین مقدار محتوای نسبی آب در شوری ۵/۰ دسیزیمنس و ظرفیت مزرعه ۱۰۰٪ در گیاه فیلا و گیاه فرانکنیا اختلاف معنی داری وجود نداشت. همچنین، برای کمترین مقدار محتوای نسبی آب نیز در شوری ۹ دسیزیمنس بر متر و ۵۰٪ ظرفیت مزرعه نیز همین طور بود (جدول ۹).

جدول ۹- برهمنکنش 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 (%).

Plant	گیاه	سطحهای آبیاری		سطحهای شوری		
		I.L (%FC)	0.5	S.L. (dSm ⁻¹)	3	6
Phyla	فیلا	100	88.6a	79.4abc	69.2def	61.4f-I
	فرانکنیا	75	78.5bcd	67.9efg	58.7g-j	56.8h-k
	Frankenia	50	51.7ijk	50.6jki	48.2kl	40.8lm
	فیلا	100	83.5ab	75.0b-e	63.3gh	53.6h-k
	فرانکنیا	75	77.2b-e	70.7c-f	62.4fgh	51.5jik
	Frankenia	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 می باشند از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی داری ندارند. I.L.: سطحهای آبیاری، S.L.: سطحهای شوری.

نشت یونی

بیشترین مقدار نشت 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 سطحهای آبیاری و سطحهای شوری یکسان برای هر دو گونه، مقدار عددی میانگینها برای نشت یونی در گیاه فیلا کمتر از فرانکنیا بود، ولی از نظر آماری اختلاف معنی داری بین میانگینها در دو گیاه وجود نداشت (جدول ۱۰).

جدول ۱۰- برهمنکنش 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 (%).

Plant	گیاه	سطحهای آبیاری		سطحهای شوری		
		I.L (%FC)	0.5	S.L. (dSm ⁻¹)	3	6
Phyla	فیلا	100	12.0k	15.3k	21.2ijk	37.3f-i
	فرانکنیا	75	17.8jk	34.1f-j	43.7e-h	46.7d-g
	Frankenia	50	50.0e-g	51.7b-f	63.1bc	65.1abc
	فیلا	100	15.2k	17.2jk	33.7g-j	46.8d-g
	فرانکنیا	75	22.8ijk	28.0h-k	43.7e-h	57.2a-e
	Frankenia	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 می باشند از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی داری ندارند. I.L.: سطحهای آبیاری، S.L.: سطحهای شوری.

بحث

خشکی رایج‌ترین تنفس 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 تنفس‌زا، 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 تنفس شوری، ناشی از جذب ناکافی آب و ماده‌های غذایی و همچنین سمیت یونی می‌باشد. در شوری زیاد گسترش یاخته‌ای می‌تواند بر اثر انباست نمکها در دیواره‌های یاخته کاهش یابد و در نتیجه سبب کاهش آماز یاخته شود و سرانجام رشد کاهش یابد. همچنین، رشد طولی با طولانی شدن تنفس خشکی نیز کاهش می‌یابد. یکی از دلیل‌های کاهش طول ساقه در شرایط تنفس 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 تنفس‌های گوناگون نازیوا (آفتها و بیماری‌ها) و تنفس‌های نازیوا (خشکی، شوری و گرمای) هستند که آن‌ها را واردar به واکنش‌های فیژیولوژیک می‌نماید.^(۳۶) تغییر ویژگی‌های فیژیولوژیکی از مهم‌ترین سازوکارها برای سازگاری گیاه به شرایط تنفس 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 تنفس، اغلب خاصیت اسمزی آن برای حفظ تعادل آب بیان شده است.^(۳۱) اما دیگر نقش‌های پرولین زیر تنفس نیز به وسیله پژوهشگران گزارش شده که شامل حفظ ثبات پروتئین‌ها، حذف رادیکال‌های هیدروکسیل، تنظیم pH یاخته‌ای و تنظیم نسبت NADP/NADPH می‌باشد.^(۳۱) انباست پرولین آزاد، پاسخی رایج به تنفس در گیاهان عالی می‌باشد.^(۳۸) در واقع، انباست پرولین در شرایط تنفس 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 تنفس خشکی، مقدار پرولین را افزایش می‌دهد. اما با توجه به پژوهش اعتمادی و همکاران^(۱۷)، همبستگی معنی‌داری بین مقدار پرولین و تحمل به خشکی به دست نیامده است. در تنفس شوری، پرولین فراوان تنفس ماده انباسته شده در گیاهان است. به طور کلی انباست پرولین رابطه مثبت و مستقیم با افزایش تحمل به خشکی در تنفس‌های خشکی و شوری ایجاد شده در گیاهان دارد.^(۲۷) طبق نتیجه‌های این پژوهش نیز با افزایش تنفس شوری، مقدار پرولین در گیاهان پوششی فیلا و فرانکنیا افزایش یافت و بیشترین مقدار پرولین در بالاترین سطح شوری (۹ dSm^{-۱}) مشاهده شد. افزایش پرولین در هنگام تنفس نشان‌دهنده نقش این آزمیو اسید در تنظیم فشار اسمزی است.^(۲) پرولین افزون بر تنظیم اسمزی به عنوان محافظ در برابر تنفس نیز نقش دارد. بدین ترتیب که به طور مستقیم یا غیرمستقیم با بزرگ‌مولوکول‌ها برهمکنش داشته و از این راه به حفظ شکل و ساختار طبیعی آن‌ها در شرایط تنفس کمک می‌کند.^(۲۵)

آنزیم کاتالاز یکی از آنزیم‌های کلیدی در تجزیه پراکسید هیدروژن است.^(۱۰) تیمار خشکی در گل سوسن (*Lilium sp.*), فعالیت آنزیم کاتالاز را در گیاهان زیر تنفس، 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 تنفس نشان‌گر نقش این آنزیم‌ها در سیستم دفاعی گیاه در شرایط تنفس است. افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی با افزایش ظرفیت سازوکارهای حفاظتی در برابر آسیب اکسایشی به ایجاد تحمل به تنفس خشکی کمک می‌کند.^(۳۷) کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز منجر به انباست پراکسید هیدروژن می‌شود که می‌تواند با سوپر اکسید برای تولید رادیکال‌های آزاد هیدروکسیل واکنش دهد. در این پژوهش آنزیم‌های سوپر اکسید دیسموتاز و کاتالاز از الگوی به نسبت مشابهی پیروی می‌کنند. به نظر می‌رسد با تولید پراکسید هیدروژن توسط سوپر اکسید 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

آنژیم می‌توان برای تعیین گونه‌های مقاوم به خشکی استفاده کرد. فعالیت آنژیم سوپر اکسید دیسموتاز در تنفس شوری افزایش یافته و در تنفس 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 سوپر اکسید دیسموتاز در مرحله‌های نخستین تنفس خشکی، گیاه را از آسیب اکسایشی حفاظت کرده است. افزایش فعالیت آنژیم سوپر اکسید دیسموتاز بر اثر پیش تیمار خشکی می‌تواند ناشی از نقش کلیدی این آنژیم در دفاع در برابر تنفس‌های اکسایشی باشد که با سرعت زیادی سوپر اکسید را به پراکسید هیدروژن تبدیل می‌کند. در هر دو گیاه، فعالیت آنژیم آسکوربیت پراکسیداز (APX) در گیاهان تیمارشده در مقایسه با گیاهان شاهد در دوره تیمار خشکی به طور معنی‌داری افزایش داشته است. هم‌چنین افزایش فعالیت این آنژیم بر اثر پیش تیمار خشکی می‌تواند ناشی از نقش کلیدی این آنژیم 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) در شرایط تنفس ایفا می‌کند (۲۰). در پژوهش دیگری نشان داده شد که آنژیم‌های کاتالاز و آسکوربیک پراکسیداز پاسخ مشابهی به تنفس‌های خشکی و سرما نشان دادند (۲۱). آنژیم پراکسیداز نقش بسیار مهمی در پاسخ به تنفس‌های نازیوا مانند خشکی و شوری دارد. تنفس کم آبی در گیاه جو، موجب افزایش فعالیت آنژیم‌های سوپر اکسید دیسموتاز، آسکوربیک پراکسیداز، کاتالاز و پراکسیداز شد و مشخص شد در بین آنژیم‌های ارزیابی شده، آنژیم پراکسیداز می‌تواند مهم‌ترین آنژیم برای افزایش تحمل گیاه جو در برابر تنفس اکسایشی ناشی از کم آبی باشد (۱). در همین زمینه، بیان شده است که فعالیت آنژیم پراکسیداز در گیاه گندم با افزایش سطح تنفس افزایش یافته است، هم‌چنین گزارش شده است که فعالیت بیشتر این آنژیم با محتوای نسبی آب برگ بالاتر همراه است (۱۱). فعالیت آنژیم پراکسیداز نقش پیام‌رسان را در فرآیندهای جا به جایی پیام پراکسید هیدروژن در غلظت‌های پایین می‌تواند بازی کند و باعث فعال شدن ژن‌های واسته به تحمل در گیاه می‌شود، اما در غلظت‌های بالا سمی بوده و به وسیله آنژیم‌های آنتی اکسیدانی از جمله سوپر اکسید دیسموتاز و پراکسیداز تبدیل به آب می‌شود. بنابراین از این راه سبب افزایش تحمل به تنفس می‌شود (۱۱).

محتوای آب شاخصاره 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 تنفس کم آبی باعث محدود شدن رشد در آن‌ها می‌شود. در واقع کاهش محتوای نسبی آب شاخصاره از راه اثر بر تنظیم اسمزی به تحمل گیاه در برابر کم آبی کمک می‌کند (۱۸). در صورتی محتوای نسبی آب شاخصاره مطلوب است که جذب آب توسط ریشه با مقدار تعرق و آب از دست رفته شاخصاره‌ها 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 تنفس کم آبی، نشت یونی است که افزایش نشت یونی نشان دهنده بروز آسیب‌های غشایی است (۲۴). نشت یونی در گیاهان زیر تنفس خشکی افزایش پیدا می‌کند و شاخصی برای وضعیت پایداری غشای یاخته‌ای به شمار می‌رود. بیشترین مقدار نشت یونی از غشا یاخته‌ها در بیشترین سطح تنفس رخ می‌دهد. نشت الکترولیت در شرایط تنفس نشان دهنده تخریب غشای یاخته است. در شرایط تنفس 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 ۵/۰ 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 شاخصاره، مقدار نشاسته و محتوای نسبی آب شاخصاره، مقدار قند، پرولین، فعالیت آنژیم‌های کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز، آسکوربیت پراکسیداز، پراکسیداز و هم‌چنین نشت یونی) نسبت به فرانکنیا نشان داد. نتیجه‌ها بیانگر تحمل بالاتر گیاه پوششی فیلا به تنفس‌های خشکی و شوری می‌باشد.

منابع

References

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. Esmaeli, 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. Esmaelpour. 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 (*Cichorium 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 ploidy 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.

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

S. Mirzaei* and M. Dastoory¹

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 including 100%, 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, ascorbate 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).