تغییرات فیتوشیمیایی و صفات مرفو- فیزیولوژیکی گیاه دارویی آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L. CV Varico 3) تحت تنش شوری

حسیبه حسینی[1]، صادق موسوی‌فرد[2*]، فؤاد فاتحی[3]، اردشیر قادری[4]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران
۲- استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران
۳- استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران
۴- مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی، کرج، ایران
* آدرس مکاتبه: خرم‌آباد، دانشگاه لرستان، دانشکده کشاورزی، گروه علوم باغبانی
تلفن: ۰۹۱۳۱۸۵۴۰۰۸
پست الکترونیک: sadeghmosavifard@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۵/۵/۲۰ **تاریخ تصویب:** ۹۵/۷/۱۱

چکیده

مقدمه: آویشن از مهم‌ترین گیاهان دارویی بوده که امکان‌سنجی تولید آن در اراضی شور دارای اهمیت بالایی می‌باشد.

هدف: بررسی خصوصیات مرفولوژیکی، فیزیولوژیکی و میزان متابولیت‌های ثانویه تیمول و کارواکرول تحت اثر سطوح مختلف شوری.

روش بررسی: این تحقیق در پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. تیمارها در ۴ سطح شوری (شاهد، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ میلی‌مولار) با ۳ تکرار به اجرا درآمد و صفات مرفولوژیکی، فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج: شوری بر ارتفاع بوته، تعداد ساقه جانبی، وزن تر و خشک اندام رویشی، وزن تر و خشک ریشه، طول ریشه، طول و عرض برگ تأثیر معنی‌دار داشت. همچنین مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه نشان داد که افزایش سطح شوری سبب افزایش میزان سدیم، نشت یونی و پرولین در بافت‌های گیاهی می‌شود و از سوی دیگر میزان پتاسیم، محتوای نسبی آب، کلروفیل و کارتنوئید را کاهش می‌دهد. میزان تیمول و کارواکرول که از مهم‌ترین اجزا مواد مؤثره این گیاه می‌باشد با افزایش سطح شوری تا ۱۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید در مقایسه با شاهد افزایش یافته است.

نتیجه‌گیری: اگرچه شوری بر اکثر صفات مرتبط با رشد و عملکرد تأثیر منفی و معنی‌داری داشت ولی بیشترین میزان تیمول و کارواکرول در سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید حاصل شده است.

گل‌واژگان: آویشن (*Thymus vulgaris* L.)، تیمول، شوری، کارواکرول

www.SID.ir

مقدمه

شوری بعد از خشکی دومین عامل محیطی فراگیر و محدودکننده تولیدات کشاورزی است که سطح قابل توجهی از زمین‌های کشاورزی ایران را فرا گرفته است. مشکلات شوری در گیاهان عالی در اثر ازدیاد کلرید سدیم به صورت سمیت و تنش اسمزی ایجاد می‌شود. به طور کلی افزایش شوری در خاک باعث کاهش رشد و میزان محصول می‌شود. شوری بر تمام فرآیندهای اصلی مانند رشد، فتوسنتز، سنتز پروتئین، متابولیسم لیپید و انرژی مؤثر بوده، در نتیجه تمام مراحل زندگی گیاه از جوانه زنی تا تولید بیوماس و تولید دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۱]. در طول شرایط تنش‌زا گیاهان به حفظ پتانسیل پایین آب داخلی خاک و حفظ تورژسانس و جذب آب برای رشد نیاز دارند. این مستلزم یک افزایش در فعالیت اسمزی است که اینها بوسیله جذب از محلول خاک یا به وسیله سنتز محلول‌های متابولیکی (سازگار) می‌باشد. با این وجود، اثرات تنش شوری در گیاهان به غلظت، مدت زمان قرارگیری در معرض تنش شوری، ژنوتیپ گیاهان و سایر فاکتورهای محیطی بستگی دارد [۲].

آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) از خانواده نعناعیان (Lamiaceae)، گیاهی بوته‌ای و چندساله، با ساقه‌های چوبی و ارتفاع ۵۰ – ۳۰ سانتی‌متر می‌باشد. منشأ گیاه منطقه مدیترانه بوده و خواص ضدعفونی‌کننده، ضداسپاسم، ضدنفخ، معرق، خلط‌آور و آرام‌بخش این گونه سبب شده است که در زمره گیاهان ارزشمند دارویی قرار گیرد. اثرات دارویی این گیاه مربوط به ترکیبات مختلف آن از جمله: تیمول و کارواکرول می‌باشد [۳]. از مهم‌ترین زمینه‌های تحقیقی در مورد گیاهان دارویی، بررسی شرایط مختلف محیطی تأثیرگذار بر میزان عملکرد کمی و کیفی این گیاهان است. از آنجا که هدف نهایی از کشت گیاهان دارویی استفاده از مواد مؤثره موجود در آنها است و مسلماً هر چه مقدار این مواد مؤثره و متابولیت‌های ثانویه در واحد وزن گیاه بیشتر باشد تولید و تکثیر این گیاهان توجیه اقتصادی بهتری دارد [۳۴].

مطالعات نشان داده که یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در میزان متابولیت‌های ثانویه موجود در گیاهان، تنش‌های محیطی اعمال شده بر آنها است. متابولیت‌های ثانویه در گیاهان وظایف متعددی دارند، نقش محافظتی آنها در شرایط تنش با اهمیت‌ترین این نقش‌هاست. این ترکیبات به گیاهان کمک می‌کنند تا بتوانند در مقابل عوامل مزاحم خارجی (مانند آفات و پاتوژن‌ها) و شرایط نامساعد محیطی (مانند شوری و یا شرایط نامساعد خاک) مقاومت کنند و به حیات خود ادامه دهند. شواهد زیادی بر افزایش چند برابری متابولیت‌های ثانویه تحت تنش‌های محیطی وجود دارد، اما برخی تحقیقات نیز نشان می‌دهد که این تأثیر همیشگی نیست و حتی کاهش میزان متابولیت‌های ثانویه تحت شرایط تنش‌های محیطی دیده می‌شود [۴]. بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری در مراحل جوانه‌زنی و رشد گیاه *Thymus maroccanus* Ball نشان داد که با افزایش میزان شوری، جوانه‌زنی بذور و رشد این گیاه کاهش یافت. در این بررسی مقدار اسانس با افزایش سطح شوری تغییری نشان نداد [۳۵]. در گیاه مریم گلی، بررسی اثر غلظت‌های مختلف شوری (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار نمک) نشان داد که با افزایش سطح شوری (۱۰۰ میلی‌مولار) به طور قابل‌توجهی رشد گیاه (تا ۶۵ درصد) کاهش یافت، درحالی‌که عملکرد اسانس تا ۷۵ میلی‌مولار به طرز قابل توجهی افزایش پیدا کرد. در تنش شوری ترکیبات اسانس نیز تحت تأثیر قرار گرفتند. به گونه‌ای که در ۲۵ میلی‌مولار نمک ترکیب غالب ویریدیفلورل (viridiflorol) بود اما در ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار ۱و۸- سینیول (1.8-cineole) و در ۱۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید، مانول (manool) ترکیب غالب بود [۵]. در آزمایشی دیگر که بر رویی رشد و عملکرد اسانس نعناع انجام شد، تحت تنش شوری رشد گیاه و عملکرد اسانس کاهش یافت [۸].

وضعیت یون‌های سدیم و کلر در گیاهان تحت تنش شوری نیز مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. در آزمایشی که بر روی یک رقم ریحان انجام شد، مشاهده شد که با افزایش شوری از تعداد برگ و سطح برگ‌ها کاسته شد درحالی‌که یون‌های سدیم و کلر در اندام هوایی و ریشه افزایش پیدا کرد. همچنین میزان اسانس در برگ‌ها با افزایش تنش شوری افزایش پیدا کرد [۷]. در گیاه سرخارگل، مشخص شد که شوری ناشی از کلر و سدیم باعث کاهش رشد در گیاه

Archive of SID
www.SID.ir

سرخارگل می‌شود [۶]. همچنین در گیاه بابونه شیرازی تحت تنش شوری کلروفیل کل و میزان پرولین به ترتیب کاهش و افزایش یافت [۱۰]. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد اگرچه شوری اکثر خصوصیات گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد ولی با این وجود در رابطه با پاسخ‌های گیاه دارویی آویشن به شوری اطلاعات کمی در دسترس است، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر سطوح مختلف شوری بر خصوصیات مرفولوژیکی، فیزیولوژیکی و همچنین میزان عملکرد متابولیت‌های ثانویه تیمول و کارواکرول موجود در گیاه آویشن باغی رقم واریکو ۳ (Varico 3) انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار به صورت کشت در گلدان انجام شد. خاک مورد نظر بر اساس تحقیقات حاوی کوکوپیت و پرلایت به نسبت ۱ به ۳ (۱:۳) بود.

بذرهای آویشن باغی رقم واریکو ۳ در اسفندماه در گلخانه پژوهشکده گیاهان دارویی کرج کشت شدند. ۶ ماه بعد از کشت بذر در شهریور ماه نمونه‌های گیاهی که به طول ۲۸-۲۷ سانتی‌متر رسیده بودند به مدت ۴ هفته تحت تنش شوری با سطوح (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰) میلی‌مولار سدیم کلرید قرار گرفتند. بعد از اعمال تنش نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری صفات مرفولوژیکی، فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی استفاده شدند. پس از اعمال شوری صفات مورد نظر اندازه‌گیری شد. برداشت بوته‌ها به منظور استخراج و اندازه‌گیری درصد تیمول و کارواکرول در مرحله قبل از گلدهی انجام شد.

اندازه‌گیری صفات

در این مطالعه صفات مرفولوژیکی ارتفاع بوته، تعداد ساقه‌های جانبی، وزن تر و خشک اندام هوایی، طول و عرض برگ اندازه‌گیری شد. همچنین ریشه گیاه را بعد از قطع قسمت هوایی از گلدان‌ها بیرون آورده، شسته و عاری از خاک نموده و وزن تر و خشک و طول آن اندازه‌گیری شد.

پرولین: برای اندازه‌گیری پرولین از روش بیتز و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد [۱۱]. برای انجام آزمایش ۰/۵ گرم از بافت تر گیاه را در ۱۰ میلی‌لیتر محلول ۳ درصد اسید سولفوسالیسیلیک ساییده و مخلوط یکنواختی تهیه شد. عصاره حاصل با استفاده از سانتریفیوژ به مدت ۱۰ دقیقه در ۶۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس ۲ میلی‌لیتر از مایع رویی برداشته شد و به آن ۲ میلی‌لیتر محلول نین‌هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک افزوده شد و محلول حاصل در بن ماری در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت قرار داده شد و سپس واکنش بر روی یخ متوقف شد، سپس ۴ میلی‌لیتر تولوئن به مخلوط اضافه شد و لوله‌ها توسط ورتکس به خوبی تکان داده شد. با ثابت نگه‌داشتن لوله‌ها، پس از چند دقیقه ۲ لایه کاملاً مجزا در آنها تشکیل شد. از لایه رنگی فوقانی برای اندازه‌گیری غلظت پرولین استفاده شد. جذب مقدار مشخصی از این ماده رنگی در طول موج ۵۲۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین شد و مقدار پرولین با استفاده از منحنی استاندارد، تعیین شد.

محتوای نسبی آب برگ: به منظور اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ ابتدا برگ‌های تازه وزن شد سپس برگ‌ها در دمای اتاق به مدت ۲۴ ساعت در داخل آب قرار داده شد تا به اندازه نیاز آب جذب نماید و به حالت آماس درآید. پس از ۲۴ ساعت برگ‌های آماس شده برداشته شد و با کاغذ صافی خشک گردید و وزن آماس شده برگ‌ها اندازه‌گیری شد. پس از توزین، برگ‌ها در دمایی ۷۰ درجه آون به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند. وزن برگ‌ها پس از خشک شدن نیز اندازه‌گیری و مقدار محتوای نسبی آب برگ از معادله زیر حساب شد [۱۲].

$$RWC=[\text{وزن تر} - \text{وزن خشک}] / [\text{وزن آماس} - \text{وزن خشک}] \times 100$$

نشت یونی: نشت یونی بر اساس روش بارانکو و همکاران (۲۰۰۵) و با استفاده از فرمول زیر اندازه‌گیری شد [۱۳].

درصد هدایت الکتریکی = (هدایت الکتریکی اولیه/ هدایت الکتریکی نهایی) × ۱۰۰

Archive of SID
www.SID.ir

محتوای کلروفیل a و b: محتوای کلروفیل a و b و کل از روش ارنون (۱۹۴۹) و کارتنوئید از روش لیچ تنتالر (۱۹۸۷) و با استفاده از روابط زیر محاسبه شد [۱۵، ۱۴].

کلروفیل a = [12.7 (A663.2) - 2.69 (A645.8)]×V/1000 ×W

کلروفیل b = [22.9 (A645.8) –2.69 (A663.2)] ×V/1000 ×W

کلروفیل کل = [20.2 (A645.8) + 8.02(A663)] ×V/1000 ×W

کارتنویید = [1000 (A470) – 3.27 (کلروفیل a) – 104 (کلروفیل b)] /227

در روابط فوق A طول موج جذب اسپکتروفتومتر، V حجم عصاره مورد استفاده برای سنجش توسط اسپکتروفتومتر، W وزن ماده گیاهی مورد استفاده برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل و کارتنوئید است. غلظت بر حسب میلی‌گرم بر میلی‌لیتر عصاره گیاهی تعیین شد.

محتوی سدیم و پتاسیم: برای تعیین غلظت عناصر سدیم و پتاسیم در برگ با استفاده از روش رایان و همکاران (۲۰۰۷) ابتدا خاکستر گیاهی تهیه شد. سپس ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال به آن اضافه شد و در دمای اتاق به مدت چند ساعت قرار داده شد. سپس بر روی اجاق برقی دارای ترموستات با حرارت ملایم به مدت ۲ ساعت قرار داده شدند تا بخارات اسیدی به آرامی از آن خارج شود. پس از خارج شدن کامل بخارات اسیدی، حجم محلول بی‌رنگ حاصل با آب دیونیزه شده به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. محلول حاصل با کاغذ صافی صاف شد و از آن برای اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر استفاده شد [۱۶].

محتوی تیمول و کارواکرول: برای اندازه‌گیری ترکیبات اسانس از روش کروماتوگرافی مایع با کار آیی بالا (HPLC) استفاده شد. جهت آماده‌سازی نمونه‌های گیاهی برای عصاره‌گیری، ابتدا نمونه‌ها در دمای اتاق و دور از نور خشک شد. سپس ۰/۵ گرم بافت خشک و آسیاب شده با ۲۵ میلی‌لیتر اتانول ۸۰ درصد (۸۰ درصد اتانول و ۲۰ درصد آب) مخلوط شد. فرایند استخراج به مدت ۱۵۰ دقیقه و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر روی شیکر ادامه یافت. در نهایت محلول حاصل توسط کاغذ صافی واتمن صاف شد. پس از سانتریفیوژ (به مدت ۵ دقیقه و دور rpm ۴۰۰) کردن محلول کاملاً صاف و شفاف به دست آمد. این محلول با استفاده از دستگاه تبخیرکننده چرخان خشک شد و مناسب با وزن عصاره به دست آمده از هر نمونه محلول‌های استوک (۱۰۰۰ پی پی ام) با استفاده از حلال متانول تهیه شد که از این محلول‌ها جهت اندازگیری میزان تیمول و کارواکرول استفاده شد. ۵۰ میکرولیتر از عصاره تهیه شده به دستگاه HPLC مدل (KNAUER-Germany) تزریق شد. این دستگاه مجهز به دتکتور UV مدل ۲۵۰۱ K و ستون C18 (Vertex) دارای اندازه ذرات ۵ میکرومتر طول ۲۵۰ میلی‌متر و قطر ۴ میلی‌متر بود. اندازه‌گیری تیمول و کارواکرول در طول موج ۲۸۰ نانومتر انجام شد. جهت آنالیز کمی ترکیبات، با تزریق محلول‌های استاندارد با غلظت‌های معین و به دست آوردن سطح زیر پیک هر کدام منحنی کالیبراسیون مربوط به هر ترکیب رسم شد و با استفاده از معادله خطی منحنی کالیبراسیون، میزان کلی هر کدام از مواد مورد نظر در عصاره‌ها تعیین شد [۱۷].

تجزیه آماری دادها: تجزیه و تحلیل داده‌ها پس از نمونه‌برداری و اندازه‌گیری صفات ذکر شده توسط نرم‌افزار SAS (ver. 9.2) انجام شد، مقایسه میانگین تیمارها نیز به روش آزمون PLSD (Protected least significant difference) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج

ارتفاع بوته: نتایج نشان دهنده اثر معنی‌دار (P≤۰/۰۱) شوری بر ارتفاع گیاه بود (جدول شماره ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بین همه تیمارها بجز تیمار ۵۰ و ۱۰۰ اختلاف معنی‌دار وجود دارد. با اعمال سطوح شوری، ارتفاع گیاه نسبت به شاهد کاهش یافت به طوری که تیمار شاهد با ۲۶/۵۲ سانتی‌متر بالاترین و تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار سدیم کلرید با ۱۸/۰۱ سانتی‌متر کمترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص داد (جدول شماره ۲).

تعداد ساقه جانبی: نتایج حاکی از اثر معنی‌دار (P ≤۰/۰۱) شوری بر تعداد شاخه جانبی بود (جدول شماره ۱). با افزایش

Archive of SID
www.SID.ir

www.SID.ir

جدول شماره ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات مرفولوژیک در آویشن رقم واریکو ۳ در سطوح مختلف شوری

		میانگین مربعات								
منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	ساقه جانبی (تعداد)	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	طول ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	طول برگ	عرض برگ
تکرار	۲	۳/۱۹*	۲/۲۵ ns	۰/۰۰۰۶ ns	۰/۰۰۱۵ ns	۲/۸۰۸*	۰/۰۰۴۹*	۰/۰۰۰۴ ns	۲/۰۸۳*	۰/۰۵۳ ns
شوری	۳	۳۶/۷۱*	۲۷۸/۸۸*	۱/۳۱۲*	۰/۳۶۸۳*	۱۱/۲۸*	۰/۶۴۳*	۰/۰۳*	۱۶/۴۷*	۱/۴۸*
اشتباه آزمایشی	۶	۰/۵۳۲۲	۰/۸۰۵۵	۰/۰۰۵۲	۰/۰۰۲۹	۰/۲۹۱۵	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۲	۰/۳۰۵۵	۰/۰۱۵۶
ضریب تغییرات		۳/۲۶	۳/۷۳	۲/۹۰	۱۴/۴۳	۴/۹۲	۳/۴۷	۲۴/۴۷	۱۳/۵۳	۶/۳۸

ns، *، ** به ترتیب به معنی غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد

ادامه جدول شماره ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی در آویشن رقم واریکو ۳ در سطوح مختلف شوری

		میانگین مربعات								
منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتنوئید	پرولین	نشت یونی	سدیم	پتاسیم	محتوای نسبی آب برگ
تکرار	۲	۰/۰۰۰۴ ns	۰/۰۱۲۷ ns	۰/۰۰۲۰ ns	۰/۰۲۷۰ ns	۰/۰۰۰۰۵ ns	۱۳/۹۶*	۰/۲۲۰۱ ns	۲۱/۴۸ ns	۴۴/۵۲ ns
شوری	۳	۰/۴۴۰۳**	۰ /۰۶۵**	۰/۶۷۷۹**	۰/۷۸۸۷**	۰/۰۰۰۲*	۴۴/۴۱**	۵۶/۷۷**	۳۴۰/۸۵**	۱۱۴/۴۵**
اشتباه آزمایشی	۶	۰/۰۰۴۶	۰/۰۰۳۶	۰/۰۱۲۳	۰/۰۶۰۰	۰/۰۰۰۰۲	۲/۵۰۱	۰/۵۷۵۸	۹/۰۱۲	۳۴/۱۳
ضریب تغییرات	–	۸/۲۱	۸/۸۱	۸/۳۰	۱۷/۴۸	۲/۸۳	۲/۰۴	۷/۰۱	۸/۸۹	۱۵/۵۹

ns، *، ** به ترتیب به معنی غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ درصد و۱ درصد

www.SID.ir

جدول شماره ۲- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف شوری بر صفات مرفولوژیکی در آویشن رقم واریکو ۳

سطح شوری (میلی‌مولار)	ارتفاع بوته (cm)	ساقه جانبی	وزن تر اندام هوایی (gr)	وزن خشک اندام هوایی (gr)	طول ریشه (cm)	وزن تر ریشه (gr)	وزن خشک ریشه (gr)	طول برگ (mm)	عرض برگ (mm)
شاهد	۲۶/۵۲a	۳۸/۳a	۳/۴۲a	۰/۸۲a	۱۳/۰۳a	۱/۴۵a	۰/۲۲a	۷/۳۳a	۲/۸۳a
۵۰	۲۲/۹۳b	۲۱/۰۰b	۲/۵۸b	۰/۴۲b	۱۱/۱۷b	۰/۸۶b	۰/۰۲b	۴b	۲/۰۳b
۱۰۰	۲۲/۰۰b	۱۸/۶۶c	۲/۳۸c	۰/۱۵c	۱۰/۸۳b	۰/۶۸c	۰/۰۱b	۳/۱۶b	۱/۸۴b
۱۵۰	۱۸/۰۱c	۱۸/۰۰c	۱/۶۳d	۰/۰۷c	۸/۵۶c	۰/۳۸d	۰/۰۱b	۱/۸۳c	۱/۰۳c

میانگین دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آماری هستند.

ادامه جدول شماره ۲- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف شوری بر صفات فیزیولوژیکی آویشن رقم واریکو ۳

سطوح تنش شوری	پرولین (میلی‌گرم در گرم)	کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم)	کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم)	کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم)	کارتنوئید (میلی‌گرم در گرم)	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	نشت یونی (درصد)	سدیم (پی پی ام)	پتاسیم (پی پی ام)
شاهد	۰/۱۷c	۱/۲۲a	۰/۸۲a	۱/۷۷a	۱/۹۶a	۵۰/۱۸a	۲۵/۷۱a	۶/۲۴d	۴۴/۰۶a
۵۰	۰/۱۸b	۱/۰۵b	۰/۷۶ab	۱/۶۵a	۱/۶۸a	۵۷/ ۸۱a	۵۵/۸۴ b	۸/۴۸c	۳۷/۴۵b
۱۰۰	۰/۱۸b	۰/۶۶c	۰/۶۷b	۱/۱۶b	۰/۹۷b	۲۴/۵۰b	۶۵/۰۴ c	۱۳/۱۲b	۳۴/۴۹b
۱۵۰	۰/۱۹a	۰/۳۷d	۰/۴۸c	۰/۷۴c	۰/۹۵b	۱۷/۳۹b	۷۲/۳۶ d	۸۲/۱۵a	۱۸/۹۱c

میانگین دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آماری هستند.

شوری از تعداد ساقه جانبی در گیاه کاسته شد. به طوری که در سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار تعداد شاخه جانبی در مقایسه با سطح شاهد به ترتیب ۵۰/۵ و ۵۲/۶ درصد کاهش نشان داد (جدول شماره ۲).

وزن تر اندام هوایی: اثر شوری بر وزن تر اندام هوایی معنی‌دار (P ≤۰/۰۱) بود (جدول شماره ۱). بر اساس نتایج مقایسه میانگین با افزایش سطح شوری از ۵۰ به ۱۵۰ میلی‌مولار وزن تر اندام هوایی در مقایسه با سطح شاهد به صورت معنی‌داری کاهش نشان داد (جدول شماره ۲).

وزن خشک اندام هوایی: تأثیر سطوح شوری بر وزن خشک اندام هوایی از لحاظ آماری معنی‌دار (P≤۰/۰۱) بود (جدول شماره ۱). با افزایش سطوح شوری از وزن خشک اندام هوایی کاسته شد هر چند بین سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار سدیم کلرید اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بیشترین وزن خشک اندام هوایی مربوط به تیمار شاهد (۰/۸۲ گرم) و کمترین وزن خشک اندام هوایی (۰/۰۷ گرم) مربوط به سطح ۱۵۰ میلی‌مولار سدیم کلرید بود (جدول شماره ۲).

طول ریشه: شوری بر طول ریشه آویشن اثر معنی‌داری (P≤۰/۰۱) داشت (جدول شماره ۱). به طوری که مقایسه میانگین‌ها نشان داد با افزایش مقدار شوری از طول ریشه کاسته شد هر چند بین سطح ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول شماره ۲).

وزن تر ریشه: وزن تر ریشه به طور معناداری (P≤۰/۰۱) تحت اثر شوری قرار گرفت (جدول شماره ۱). به طوری که با افزایش سطح شوری از صفر (شاهد) به ۱۵۰ میلی‌مولار وزن تر ریشه کاهش یافت. دو سطح شاهد و ۱۵۰ میلی‌مولار ۱/۴۵ و ۰/۳۸ میلی‌گرم بیش‌ترین و کمترین وزن تر ریشه را به خود اختصاص دادند (جدول شماره ۲).

وزن خشک ریشه: بین سطوح شوری از لحاظ وزن خشک ریشه اختلاف معنی‌داری (P≤۰/۰۱) مشاهده شد (جدول شماره ۱). مقایسه میانگین‌ها تیمارها نشان داد با افزایش تنش شوری، وزن خشک ریشه کاهش یافت هر چند بین تیمارهای ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول شماره ۲).

طول و عرض برگ: میان سطوح شوری از نظر اثر بر طول و عرض برگ اختلاف معنی‌داری (P≤۰/۰۱) مشاهده شد (جدول شماره ۱). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد با افزایش تنش شوری، طول و عرض برگ در گیاه در مقایسه با سطح شاهد کاهش یافت (جدول شماره ۲). با این وجود بین سطوح ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید از نظر طول و عرض برگ اختلاف معنی‌دار وجود نداشت.

پرولین: نتایج نشان داد شوری اثر معنی‌داری (P≤۰/۰۵) بر میزان پرولین برگ‌ها داشت (جدول شماره ۱). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد، با افزایش سطح شوری میزان پرولین در برگ‌ها افزایش می‌یابد. با افزایش سطح شوری از صفر (شاهد)، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار مقدار پرولین برگ به ترتیب ۵/۸، ۵/۸ و ۱۱/۷۶ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد (جدول شماره ۲).

نشت الکترولیتی: نتایج نشان داد که شوری اثر معنی‌داری (P≤۰/۰۱) بر نشت الکترولیتی غشا داشته است (جدول شماره ۱). همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش تنش شوری، نشت الکترولیتی غشا افزایش یافت، به طوری که کمترین و بیش‌ترین آن به ترتیب در تیمار شاهد و تیمار تنش ۱۵۰ میلی‌مولار مشاهده شد (جدول شماره ۲).

محتوای نسبی آب برگ: تنش شوری اثر معنی‌داری (P≤۰/۰۱) بر محتوای نسبی آب برگ‌ها داشت (جدول شماره ۱). بر اساس نتایج مقایسه میانگین تیمارها مشاهده شد با افزایش سطح شوری از صفر به ۵۰ میلی‌مولار محتوای نسبی آب برگ کاهش معنی‌داری نشان نداد اما با افزایش سطح شوری از ۵۰ به ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار محتوای نسبی آب برگ به صورت معنی‌داری کاهش نشان داد (جدول شماره ۲).

کلروفیل a، b و کارتنوئیدها: نتایج نشان داد که سطوح شوری بر مقدار کلروفیل a، b و کارتنوئیدها از لحاظ آماری اثر معنی‌داری (P≤۰/۰۱) دارد (جدول شماره ۱). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد بالاترین مقدار کلروفیل a، b و کارتنوئید در سطح شاهد (عدم شوری) و کمترین مقادیر صفات مذکور در سطح ۱۵۰ میلی‌مولار بدست می‌آید (جدول شماره ۲).

Archive of SID
www.SID.ir

میزان غلظت عناصر سدیم و پتاسیم: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد بین سطوح شوری از نظر میزان سدیم و پتاسیم در گیاه اختلاف معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۱) وجود داشت (جدول شماره ۱). در مقایسه میانگین اثر سطوح شوری بر میزان غلظت عناصر سدیم و پتاسیم مشاهده شد با افزایش سطح شوری از صفر (شاهد) به ۱۵۰ میلی مولار بر مقدار سدیم افزوده و از مقدار پتاسیم کاسته شد (جدول شماره ۲).

میزان تیمول و کارواکرول: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد شوری اثر معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۱) بر درصد تیمول و کارواکرول داشت (جدول شماره ۳) مقایسه میانگین سطوح شوری از لحاظ اثر بر درصد تیمول و کارواکرول نشان داد که با افزایش سطح شوری از صفر به ۱۰۰ میلی‌مولار بر میزان تیمول و کارواکرول افزوده شد اما در سطح ۱۵۰ میلی‌مولار درصد تیمول و کارواکرول کاهش می‌یابد (جدول شماره ۴). کروماتوگرام استاندارد نشان داد که زمان بازداری (Retention Time) برای تیمول و کارواکرول به ترتیب در بازه زمانی ۱۱ و ۱۲ دقیقه قرار دارد (شکل شماره ۱).

جدول شماره ۳- تجزیه واریانس تیمول و کارواکرول در آویشن رقم واریکو ۳ تحت تنش شوری

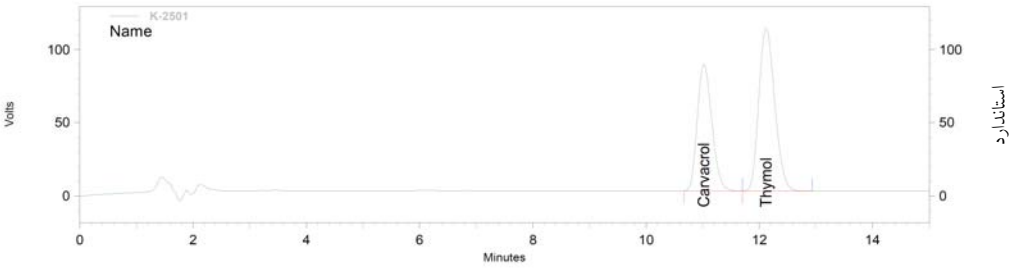
منابع تغییرات	درجه آزادی	تیمول	کارواکرول
تکرار	۲	۰/۰۰۴۹ **	۰/۰۰۰۳۶ ^{ns}
تنش شوری	۳	۱۱/۳۲ **	۰/۰۵۴۹۲ **
اشتباه آزمایشی	۶	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۳۴

ns، ** به ترتیب به معنی غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد

جدول شماره ۴- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف شوری بر میزان تیمول و کارواکرول در آویشن رقم واریکو ۳

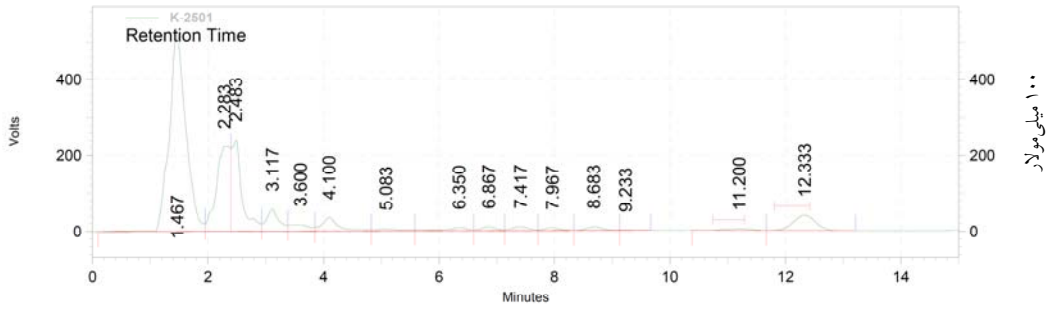
سطح	تیمول (میلی‌گرم در گرم ماده خشک)	کارواکرول (میلی‌گرم در گرم ماده خشک)
شاهد	b ۱۱/۵	b ۲/۳۰
۵۰	d ۸/۲۳	c ۲/۲۰
۱۰۰	a ۱۲/۷۶	a ۲/۴۸
۱۵۰	c ۹/۷۲	c ۲/۱۹

میانگین دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آماری هستند.



شکل شماره ۱- کروماتوگرام تیمول و کارواکرول در نمونه استاندارد و ۱۰۰ میلی‌مولار با دستگاه HPLC

Archive of SID
www.SID.ir



ادامه شکل شماره ۱- کروماتوگرام تیمول و کارواکرول در نمونه استاندارد و ۱۰۰ میلی‌مولار با دستگاه HPLC

بحث

شوری خاک باعث کاهش پتانسیل اسمزی در محلول خاک شده و دسترسی گیاه به آب را کاهش می‌دهد. به دلیل پیامدهای ناشی از تنش آب از جمله کاهش جذب مواد غذایی، کاهش سطح برگ و فتوسنتز، و کاهش جذب دی‌اکسیدکربن مقدار مواد فتوسنتزی نیز به طور معنی‌داری کاهش یافته و در نتیجه شاخص‌های رشدی نیز کاهش می‌یابد [۱۸]. کاهش وزن خشک ریشه و بخش هوایی در گیاه آویشن در این آزمایش کاملاً مشهود بود بخصوص در غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار سدیم کلرید این کاهش مشاهده شد. با توجه به اینکه وزن خشک معیار مناسبی از عملکرد فتوسنتزی و رشد در گیاهان می‌باشد، کاهش این صفت نشان‌دهنده کاهش میزان فتوسنتز و رشد در گیاه آویشن تحت تنش شوری می‌باشد. محققین چندین پاسخ فیزیولوژیکی از جمله تغییر در وضعیت آب گیاه، بازده فتوسنتزی، تخصیص کربن و کاهش تولید انرژی را در مواجهه با تنش شوری در برخی گیاهان دیگر گزارش کرده‌اند [۱۹]. در گیاه ریحان افزایش شوری باعث کاهش طول ریشه و ساقه، وزن تر و خشک اندام رویشی و سطح برگ شد [۷]. همچنین در آزمایشی که روی سه گونه نعناع انجام شد. کاهش ارتفاع اندام هوایی را در تمام سطوح شوری گزارش کردند [۲۰].

نشت الکترولیتی غشاء از جمله خصوصیات فیزیولوژیک است که تحت تأثیر تنش‌های محیطی قرار می‌گیرد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد با افزایش سطح شوری میزان نشت یونی در گیاه افزایش یافت. افزایش نشت الکترولیتی مواد نشانه‌ای از آسیب غشاها و کاهش پایداری غشاها می‌باشد که احتمالاً نتیجه تنش اکسیداتیو منتج از شوری است [۲۲، ۲۱]. تنش شوری باعث تنش اکسیداتیو شده و با تولید گونه‌های اکسیژن فعال، لیپیدها، پروتئین و نهایتاً ساختار غشا سلولی را تخریب می‌کند [۲۳]. توانایی هرچه بیشتر گیاه در خنثی‌سازی رادیکال‌های اکسیژن و حفظ پایداری غشاءهای سلولی، باعث حفظ و تداوم فعالیت‌های غشاءهای سلولی، و در نهایت تولید مواد فتوسنتزی بیشتر می‌نماید. در واقع شوری باعث افزایش نفوذپذیری غشاء سلولی می‌شود [۲۴]. اندازه‌گیری میزان نشت الکترولیتی غشاء شاخص خوبی برای اندازه‌گیری میزان آسیب اکسیداتیو وارد شده به غشا می‌باشد [۲۵].

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد با افزایش شوری میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئیدها کاهش یافت. شوری تأثیر معنی‌داری بر صفات فوق داشت. نتایج نشان داد همبستگی منفی و معنی‌داری بین میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئیدها با سدیم وجود دارد (جدول همبستگی نشان داده نشده است). لذا کاهش مقدار کلروفیل به احتمال زیاد ناشی از تأثیر مزمن تجمع یون‌ها در کلروپلاست می‌باشد همچنین شوری از طریق تنش‌های اکسیداتیو نیز باعث تخریب کلروفیل می‌شود. نتایج تجزیه واریانس (جدول شماره ۱) نشان داد شوری اثر معنی‌داری بر میزان پرولین در گیاه آویشن دارد به گونه‌ای که با افزایش سطح شوری میزان پرولین در گیاه افزایش یافت. افزایش سطح پرولین تحت شرایط تنش شوری به این دلیل است که پرولین اسمولیت سازگاری است که اکسیژن‌های آزاد تولیدشده در طول تنش‌های محیطی را حذف و از مولکول‌های بزرگ حفاظت می‌نماید [۲۶]. از آنجایی که

Archive of SID
www.SID.ir

گلوتامات ترکیب اولیه پرولین و کلروفیل می‌باشد به نظر می‌رسد که بیشتر به تولید پرولین اختصاص می‌یابد و به همین دلیل مقدار کلروفیل کل در این تحقیق کاهش نشان داد. علاوه بر این تنش شوری باعث تحریک آنزیم لیگازگلوتامات و تبدیل گلوتامات به پرولین می‌شود. دلیل دیگر کاهش کلروفیل و افزایش استفاده از نیتروژن برای سنتز پرولین می‌باشد [۲۶]. کارتنوئیدها نسبت به کلروفیل حساسیت کمتری در برابر تنش‌ها دارند. گزارش‌شده که تنش شوری تأثیر معنی‌داری بر مقدار کارتنوئید داشته است و مقدار کارتنوئیدها تحت تنش شوری کاهش یافت اما میزان آن کمتر از کلروفیل بود [۱]. گیاه رزماری تحت تنش شوری از تجمع پرولین و قندهای محلول برای حفظ فشار اسمزی و کاهش زیان در برابر تنش شوری استفاده می‌کند [۲۷]. سطح پرولین در برگ‌های خرفه با افزایش سطح شوری به صورت معنی‌داری افزایش یافت که بالاترین مقدار مشاهده‌شده در سطح ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم و کمترین غلظت پرولین در تیمار شاهد به دست آمد [۲۶]. در گیاه بابونه آلمانی با افزایش شوری، میزان پرولین در گیاه افزایش یافت، بیش‌ترین میزان پرولین در تیمار شوری ۱۶ دسی زیمنس بر متر و کمترین آن در تیمار ۲ دسی زیمنس بر متر مشاهده شد [۲۸].

بر اساس نتایج حاصل از آزمایش میزان سدیم در تیمارهای مختلف روند افزایشی نشان داد. اما میزان پتاسیم با افزایش شوری کاهش یافت. لذا کاهش رشد مشاهده‌شده در گیاهان آویشن در این تحقیق نیز می‌تواند به دلیل مسمومیت یونی ناشی از تجمع یون‌های سدیم و کلر و کاهش جذب پتاسیم، عوارض ناشی از کمبود پتاسیم، کاهش جذب آب به دلیل افزایش پتانسیل اسمزی محیط کشت و عدم توانایی گیاه در جذب آب در این شرایط باشد [۲۹]. در آزمایش گلخانه‌ای، اثر تنش شوری بر رشد و میزان انباشت یون‌ها در گیاه گل سفید (Bishop's weed) نشان داد که افزایش سطح شوری باعث کاهش معنی‌دار در میزان پتاسیم و افزایش میزان سدیم در ریشه شد [۳۰]. کاهش میزان پتاسیم تحت تنش شوری در سایر گیاهان نیز گزارش شده است [۳۱].

در این تحقیق مشاهده شد که اعمال تنش شوری در آویشن سبب افزایش ترکیبات تیمول و کارواکرول شده است. افزایش این ترکیبات را می‌توان به این صورت توجیه نمود، با توجه به اینکه تنش شوری نتایجی از قبیل بسته شدن روزنه‌ها، کاهش در سرعت انتقال مواد غذایی در گیاهان، کاهش پتانسیل آب در بافت‌های گیاهی، کاهش فتوسنتز، بازدارندگی از رشد، افزایش در تجمع اسید آبسیزیک و پرولین، تشکیل رادیکال‌های آزاد و تنش اکسیداتیو را به همراه دارد، لذا هنگامی که این گیاهان در شرایط تنش محیطی قرار می‌گیرند از طریق تولید متابولیت‌های ثانویه مختلف از خود در برابر این شرایط محافظت می‌کنند [۶، ۴]. مطالعه کاربرد غلظت‌های مختلف محلول‌های غذایی در گیاهان شوید و آویشن نشان داد که بیشترین عملکرد اسانس در غلظت بیشتر محلول‌های غذایی حاصل شد [۳۲]. همچنین در بررسی که بر روی گیاه دارویی آویشن انجام شد نتایج نشان داد که تنش شوری باعث افزایش تیمول در این گیاه شده که همسو با نتایج مطالعه حاضر است [۳۳].

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد تمامی فرایندهای رشد و نمو آویشن تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفته است و برآیند تمامی تغییرات به سمت کاهش رشد و نمو بوده است. با توجه به شور شدن اراضی کشاورزی، ارزیابی تحمل گیاهان دارویی به شوری یکی از اهداف مهم در زمینه شناسایی توان تحمل شوری ارقام و درک بهتر از پاسخ به شوری می‌باشد. در این مطالعه بیشترین مقدار تیمول در تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار نمک حاصل شده است. ارزیابی های بیشتری جهت تعیین اثرات شوری بر عملکرد کمی و کیفی این گیاه و تعیین آستانه تحمل آویشن رقم واریکو ۳ به شوری الزامی است. با توجه به نتایج این مطالعه کاشت رقم واریکو ۳ در زمین‌های با شوری کم و متوسط قابل توصیه می‌باشد. زیرا رقم مورد مطالعه در شوری ۱۰۰ میلی مولار قابلیت رشد و نمو را دارا بود علاوه بر اینکه از مقدار تیمول قابل ملاحظه‌ای نیز برخوردار بود.

Archive of SID
www.SID.ir

منابع

1. Parida AK, Das AB, Mittra B and Mohanty P. Salt-stress induced alterations in protein profile and protease activity in the mangrove *Bruguiera parviflora*. *Zeitschrift für Naturforschung C* 2004; 59: 408-14.

2. Roy SJ, Negrão S and Tester M. Salt resistant crop plants. *Current Opinion in Biotechnology* 2014; 26: 115 - 24.

3. Cronquist A. The evolution and classification of flowering plants, New York Bot. Garden, Bronx 1988.

4. Akula R and Ravishankar GA. Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. *Plant Signaling & Behavior* 2011; 6: 1720-31.

5. Taarit MB, Msaada K, Hosni K, Hammami M, Kchouk ME and Marzouk B. Plant growth, essential oil yield and composition of sage (*Salvia officinalis* L.) fruits cultivated under salt stress conditions. *Industrial Crops and Products* 2009; 30: 333-7.

6. Sabra A, Daayf F and Renault S. Differential physiological and biochemical responses of three Echinacea species to salinity stress. *Scientia Horticulturae* 2012; 135: 23-31.

7. Bernstein N, Kravchik M and Dudai N. Salinity-induced changes in essential oil, pigments and salts accumulation in sweet basil (*Ocimum basilicum*) in relation to alterations of morphological development. *Annals of Applied Biology* 2010; 156: 167-77.

8. Karray-Bouraoui N, Rabhi M, Neffati M, Baldan B, Ranieri A and Marzouk B, et al. Salt effect on yield and composition of shoot essential oil and trichome morphology and density on leaves of *Mentha pulegium*. *Industrial Crops and Products* 2009; 30: 338 - 43.

9. Hasni I, Ben Ahmed H, Bizid E, Raies A, Samson G and Zid E. Physiological Characteristics Of Salt Tolerance In Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *The Proceeding of International Plant Nutrition Colloquim XVI, UC Davis* 2009.

10. Lotfollahi L, Torabi H, Omidi H. Determination of Quantitative Changes, Phytochemical and Tolerance Threshold in German Chamomile Medicinal Plant (*Matricaria chamomilla* L.) under Salinity and pH Condition. *J. Med. Plants* 2015; 4 (56): 168-178 (in persion)

11. Bates L, Waldren R and Teare I. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil* 1973; 39: 205-7.

12. Qasim M, Ashraf M, Jamil MA, Ashraf M and RHA ES. Water relations and leaf gas exchange properties in some elite canola (*Brassica napus*) lines under salt stress. *Annals of Applied Biology* 2003; 142: 307 - 16.

13. Barranco D, Ruiz N and Gómez-del Campo M. Frost tolerance of eight olive cultivars. *HortScience* 2005; 40: 558 - 60.

14. Lichtenthaler H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology* 1987; 148: 350-382.

15. Arnon DI. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. *Plant Physiology* 1949; 24: 1.

16. Ryan J, Estefan G and Rashid A. Soil and plant analysis laboratory manual: *ICARDA*, 2007.

17. Mišan A, Mimica-Dukić N, Mandić A, Sakač M, Milovanović I and Sedej I. Development of a rapid resolution HPLC method for the separation and determination of 17 phenolic compounds in crude plant extracts. *Open Chemistry* 2011; 9: 133-42.

18. Saadatmand A, Banihashemi Z, Maftoun M and Sepaskhah A. Interactive effect of soil salinity and water stress on growth and chemical compositions of pistachio nut tree. *Journal of Plant Nutrition* 2007; 30: 2037-50.

19. Jaleel CA, Gopi R, Sankar B, Manivannan P, Kishorekumar A and Sridharan R, et al. Studies on

Archive of SID
www.SID.ir

germination, seedling vigour, lipid peroxidation and proline metabolism in *Catharanthus roseus* seedlings under salt stress. *South African J. Botany* 2007; 73: 190 - 5.

20. Aziz EE, Al-Amier H and Craker LE. Influence of salt stress on growth and essential oil production in peppermint, pennyroyal, and apple mint. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants* 2008; 14: 77 - 87.

21. Hasegawa PM, Bressan RA, Zhu J-K and Bohnert HJ. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Biology* 2000; 51: 463 - 99.

22. Dkhil BB and Denden M. Effect of salt stress on growth, anthocyanins, membrane permeability and chlorophyll fluorescence of Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) seedlings. *Amer. J. Plant Physiol.* 2012; 7: 174 - 83.

23. Molassiotis A, Sotiropoulos T, Tanou G, Kofidis G, Diamantidis G and Therios E. Antioxidant and anatomical responses in shoot culture of the apple rootstock MM 106 treated with NaCl, KCl, mannitol or sorbitol. *Biologia Plantarum* 2006; 50: 61-8.

24. Cai K, Gao D, Luo S, Zeng R, Yang J and Zhu X. Physiological and cytological mechanisms of silicon-induced resistance in rice against blast disease. *Physiologia Plantarum* 2008; 134: 324-33.

25. Bandeoğlu E, Eyidoğan F, Yücel M and Öktem HA. Antioxidant responses of shoots and roots of lentil to NaCl-salinity stress. *Plant Growth Regulation* 2004; 42: 69-77.

26. Rahdari P, Tavakoli S and Hosseini SM. Studying of salinity stress effect on germination, proline, sugar, protein, lipid and chlorophyll content in purslane (*Portulaca oleracea* L.) leaves. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry* 2012; 8 (1): 182-193.

27. Kiarostami K, Mohseni R and Saboora A. Biochemical changes of *Rosmarinus officinalis* under salt stress. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry* 2010; 6 (3): 114-122.

28. Lotfollahi L, Torabi H, Omidi H. Salinity effect on proline, photosynthetic pigments and leaf relative water content of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) in hydroponic. *J. Plant Prod. Res.* 2015; 22 (1): 89-103 (in persion).

29. Jamil M, DEOG BAE L, KWANG YONG J, ASHRAF M, SHEONG CHUN L and EUI SHIK R. Effect of salt (NaCl) stress on germination and early seedling growth of four vegetables species. *Journal of Central European Agriculture* 2006; 7: 273-82.

30. Ashraf M, Mukhtar N, Rehman S and Rha E. Salt-induced changes in photosynthetic activity and growth in a potential medicinal plant Bishop's weed (*Ammi majus* L.). *Photosynthetica* 2004; 42: 543-50.

31. Erturk U, Sivritepe N, Yerlikaya C, Bor M, Ozdemir F and Turkan I. Responses of the cherry rootstock to salinity in vitro. *Biologia Plantarum* 2007; 51: 597-600.

32. Udagawa Y. Some responses of dill (*Anethum graveolens*) and thyme (*Thymus vulgaris*), grown in hydroponic, to the concentration of nutrient solution. *Hydroponics and Transplant Production* 1994; 396: 203-10.

33. El-Din AE, Aziz EE, Hendawy S and Omer E. Response of *Thymus vulgaris* L. to salt stress and alar (B9) in newly reclaimed soil. *Journal of Applied Sciences Res*. 2009; 5: 2165-70.

34. Ashraf M, and Orooj A. Salt stress effects on growth, ion accumulation and seed oil concentration in an arid zone traditional medicinal plant ajwain (*Trachyspermum ammi* [L.] Sprague). *Journal of Arid Environments* 2006; 64 (2): 209-220.

35. Belaqziz R, Romane A and Abbad A. Salt stress effects on germination, growth and essential oil content of an endemic thyme species in Morocco (*Thymus maroccanus* Ball.). *Journal of Applied Sciences Research* (July) 2009; 858-63.

Archive of SID
www.SID.ir