ارزیابی تعدیل تنش شوری با استفاده از اسید هیومیک و اسید آسکوربیک در گیاه دارویی بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L.)

رسول نریمانی[۱]، محمد مقدم[۱*]، سید حسین نعمتی[۱] و عبدالله قاسمی پیربلوطی[۲]

[۱] ایران، مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، گروه علوم باغبانی

[۲] ایران، شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد، گروه کشاورزی

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۶/۲/۲۷

چکیده

تنش شوری یکی از مهم‌ترین فاکتورهای کاهش عملکرد و تولید در گیاهان زراعی، باغی و دارویی در جهان می‌باشد. اسید هیومیک به عنوان یک اسید آلی و آسکوربات به عنوان یک آنتی‌اکسیدان قوی می‌توانند در جهت بهبود عملکرد گیاهان در شرایط تنش شوری موثر واقع شوند. به منظور ارزیابی تعدیل تنش شوری با استفاده از اسید هیومیک و اسید آسکوربیک در گیاه دارویی بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل شوری در چهار سطح (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار)، اسید هیومیک و اسید آسکوربیک در سه سطح (۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. صفات رویشی گیاه از قبیل طول شاخه فرعی، طول سنبله و صفات مربوط به ریشه با افزایش میزان تنش شوری کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان دادند و کاربرد اسید هیومیک در هر دو سطح و اسید آسکوربیک (عمدتا سطح ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) سبب بهبود این صفات نسبت به گیاهان شاهد گردید. محتوای نسبی آب برگ نیز تحت تاثیر تنش شوری به شدت کاهش یافت و کاربرد ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و اسید آسکوربیک (تاحدودی) توانست سبب جبران این خسارت شود. همچنین نشت الکترولیت به‌شدت تحت تنش شوری افزایش یافت و کاربرد اسید هیومیک سبب بهبود این صفت گردید. فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فنل کل نیز در تنش ۵۰ میلی‌مولار کاهش یافتند و با افزایش سطح شوری به ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار میزان آنها افزایش یافتند. مقدار پرولین در سطوح مختلف تنش (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی-مولار) بیشتر از شاهد (عدم شوری) بود و کاربرد اسید هیومیک و اسید آسکوربیک در سطوح بالا (۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) موجب کاهش پرولین گردید. این نتایج می‌تواند گویای اثر تعدیل کننده تخفیف‌دهنده‌ها به‌ویژه کاربرد سطوح بالای آن‌ها (۲۰۰میلی‌گرم در لیتر) بر فرآیندهای فیزیولوژیک و صفات رویشی گیاه بادرشبی تحت تنش شوری باشد.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، اسید هیومیک، اسید آسکوربیک، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، بادرشبی

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۵۵۵۹۴۱۲۸ ، پست الکترونیکی: m.moghadam@um.ac.ir

مقدمه

سرزمین پهناور ایران، منابع آبی و خاکی فراوانی را در خود جای داده که بخشی از آن برای کشاورزی چندان مناسب نبوده و هر نوع عملیات کشت و کار در آن نیازمند مدیریت تخصصی و آگاهانه است. بخش بزرگی از خاک‌ها و حجم چشم‌گیری از کل منابع آبی موجود کشور به درجات مختلف مبتلا به شوری هستند (۱۴). شوری و سدیمی بودن خاک یکی از مشکلات مهم خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک است. در این مناطق به‌دلیل کمبود بارندگی و اقلیم خشک، املاح در خاک تجمع پیدا می‌کنند و در نتیجه خاک‌های شور حاصل می‌شود. این خاک محیط

نامناسبی برای رشد و تولید بوده که هم کمیت محصول را پائین می‌آورد و هم کیفیت محصول را کاهش می‌دهد. کلرور سدیم و سولفات سدیم، نمک‌های غالبی هستند که در مناطق شور یافت می‌شوند. همچنین آبیاری با آب شور، سبب تجمع نمک در خاک می‌گردد. یون کلر، عمده‌ترین آنیون محدود کننده رشد گیاهان در مناطق شور است (۱۳). شوری عمدتا در مناطق خشک و نیمه‌خشک رخ می‌دهد. در این مناطق به‌دلیل عدم بارندگی کافی شستشوی نمک‌ها و املاح اضافی از منطقه ریشه وجود ندارد، علاوه براین تبخیر شدید در این مناطق باعث افزایش نمک در سطح خاک می‌گردد (۴). شوری و مبارزه با آن یکی از مسائلی است که بشر از هزاران سال تاکنون با آن دست به گریبان بوده است. اهمیت این مسئله بخصوص در اواخر نیمه اول قرن بیستم به طور جدی آشکار شد، یعنی درست مصادف با زمانی که بشر به زمین‌های زراعی برای تامین غذا نیاز مبرم پیدا کرد. رشد گیاهان در شرایط تنش شوری ممکن است از طریق تغییرات پتانسیل اسمزی بر اثر پایین رفتن پتانسیل آب در محیط ریشه، یا بر اثر تاثیرات ویژه یون‌ها در فرایندهای متابولیکی کاهش یابد (۲۴). گیاهان در مقابله با شوری تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بسیاری از خود نشان می‌دهند (۱۲). گیاهان از لحاظ تحمل نسبت به املاح تجمع یافته در محیط شور ریشه تا حد زیادی با هم متفاوت هستند و این تحمل به عواملی همچون میزان تجمع یون‌ها در بافت، ممانعت از ورود برخی یون‌ها به درون گیاه و قابلیت تولید ترکیبات سازگار کننده (تنظیم‌کننده‌های اسمزی) بستگی دارد. مطالعات بیوشیمیایی نشان داده که در گیاهان تحت تنش شوری تعدادی از ترکیبات آلی (محلولهای سازگارکننده) تجمع می‌یابند. این ترکیبات تداخلی در فرایندهای شیمیایی گیاه وارد نمی‌کنند. از این ترکیبات می‌توان کربوهیدرات‌های محلول (مانیتول، ساکارز، رافینوز و الیگوساکاریدها) و ترکیبات نیتروژنه (اسیدهای آمینه، پرولین و گلیسین، بتایین) اشاره کرد. این ترکیبات نقش مهمی در بهبود تنظیم اسمزی در گیاهان تحت تنش دارند (۲۳).

گیاه بادرشبی (*Dracocephalum moldavica*) اولین بار در قرن شانزدهم در اروپا توسط مولداویا معرفی گردید (۲۶). منشاء این گیاه، جنوب سیبری و سراشیب‌های هیمالیا گزارش شده است. این گیاه به طور خودرو در قزاقستان، مغولستان، چین و روسیه می‌روید (۱). اسانس گیاه بادرشبی از نظر ترکیبات تشکیل دهندهٔ آن بسیار شبیه بادرنجبویه که بومی مناطق مدیترانه‌ای است، می‌باشد. ترکیبات اصلی اسانس آن شامل ژرانیال (Geranial)، نرال (Neral)، ژرانیل استات (Geranyl acetate) و ژرانیول (Geraniol) است که از مونوترپن‌های حلقوی اکسیژن‌دار هستند و ۹۰ درصد اسانس را تشکیل می‌دهند (۲۷). اسانس بادرشبی در صنایع داروسازی، آرایشی و بهداشتی، غذایی، عطر سازی، کاربردهای فراوانی دارد و ترکیبات اسانس آن برای خوش طعم کردن انواع نوشابه‌ها, به‌عنوان چاشنی نه‌تنها برای طعم آن‌ها بلکه به منظور اثرات محرک روی اشتها و هضم استفاده می‌گردد (۳۷). عرق بادرشبی به عنوان نیرودهنده و ضد تشنج، مقوی معده، تسهیل کننده عمل هضم ضد دلپیچه، ضد سردردهای یک طرفه، برطرف کننده طپش قلب مصرف سنتی داشته و دارد (۲).

استفاده از انواع کودهای طبیعی بدون اثرات مخرب زیست محیطی می‌تواند در جهت بالا بردن عملکرد گیاه بخصوص در شرایط متغیر محیطی مثمرثمر واقع شود، اسید هیومیک ازمنابع مختلف نظیر خاک، هوموس، پیت، لیگنیت اکسید شده و زغال سنگ استخراج می‌شود که در اندازه مولکولی و ساختار شیمیایی متفاوت‌اند (۵۲). یکی از خصوصیات اسید هیومیک ظرفیت بالای تبادل کاتیونی است که برای گیاه بسیار مهم است، مشخص شده که اسید هیومیک رشد گیاهان را از راه انتقال یون‌ها به منطقه ریشه و نیز افزایش جذب عناصر غذایی کم مصرف به وسیله ممانعت از آبشویی تقویت می‌کند. اسید هیومیک نفوذپذیری غشای

سلولی را افزایش داده و به این ترتیب سرعت حرکت مواد معدنی به سلول‌های ریشه و به تبع آن جذب عناصر غذایی افزایش می‌یابد. اساس فیزیولوژیکی کارکرد اسیدهای هیومیکی احتمالا این است که این ماده مشکل کمبود اکسیژن را در گیاه مرتفع نموده ودر نتیجه جذب در گیاه بهتر صورت می‌گیرد و این امر در نهایت باعث افزایش رشد گیاه از جمله ساقه و ریشه می‌شود (۵۵). مواد هیومیکی ممکن است اثرات ضد تنشی تحت شرایط تنش غیر زنده نشان دهند (۳۱). این مواد ممکن است موجب افزایش جذب عناصر غذایی و کاهش سمیت برخی عناصر جذب شده شوند. بنابراین می‌توان گفت که کاربرد مواد هیومیکی می‌تواند موجب بهبود رشد گیاه تحت شرایط شوری شود (۳۴).

اسید آسکوربیک یک مولکول کوچک قابل حل در آب است که دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالایی بوده و به عنوان سوبسترای اولیه در مسیرهای چرخه‌ای، برای سمیت‌زدایی و خنثی کردن رادیکال‌های سوپراکسید و اکسیژن منفرد نقش دارد. همچنین به عنوان یک آنتی-اکسیدان ثانویه در باز چرخ آلفا توکوفرول و دیگر آنتی-اکسیدان‌های چربی‌دوست نقش ایفا می‌کند (۴۱). این مولکول آنتی‌اکسیدان همراه دیگر ترکیبات سیستم آنتی-اکسیدانی، سلول‌های گیاهی را در برابر آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از متابولیسم‌های هوازی فتوسنتز، تنفس و حتی آلودگی‌ها حفظ می‌نماید. اسید آسکوربیک دارای یک نقش محوری در فتوسنتز بوده و در غلظتهای بالا در کلروپلاست یافت می‌شود. اسید آسکوربیک به سه طریق در واکنش‌های بیوشیمیایی در گیاهان نقش ایفا می‌کند. اول اینکه به عنوان یک آنتی‌اکسیدان به طور مستقیم در از بین بردن پراکسید هیدروژن تولید شده به وسیلهٔ احیای نوری اکسیژن در فتوسیستم یک عمل می‌کند (۴۱). دوم، مونودهیدروآسکوربات تولید شده به وسیله آسکوربات پراکسیداز به طور مستقیم پذیرنده الکترون در فتوسیستم یک است (۲۱). سوم اینکه اسید آسکوربیک کوفاکتوری برای چرخه ویولاگزانتین می‌باشد که این چرخه گیاهان را در برابر آسیب‌های فتواکسیداتیو حفاظت می‌کند (۱۶). به علاوه مشخص شده است که اسید آسکوربیک مجموعه‌ای از نقش‌ها را در رشد گیاهان مانند تقسیم و بزرگ شدن سلول، توسعه دیواره سلولی و دیگر فرآیندهای نموی بازی می‌کند (۴۴).

به هر حال با توجه به این که کنترل شوری یکی از کلیدهای مدیریت منابع طبیعی است که پایداری و ثبات تولید و استفاده بهینه از زمین را تضمین می‌نماید و در اثر شوری، محصول تولیدی تغییرمی‌کند و هزینه تولید افزایش می‌یابد، لذا تحقیقات پیرامون افزایش مقاومت گیاهان در برابر شوری از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. بنابراین هدف از این تحقیق بررسی اثر متقابل شوری با آسکوربات و اسید هیومیک بر خصوصیات رویشی و خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه بادرشبی به‌منظور تخفیف اثر تنش شوری می‌باشد.

مواد و روشها

این تحقیق به منظور بررسی تاثیر اسید آسکوربیک و اسید هیومیک بر گیاه بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L.) تحت تنش شوری در طی بهار و تابستان ۱۳۹۴ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا اجرا گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کامل تصادفی انجام شد. تنش شوری با سه تکرار و هر تکرار شامل دو گلدان در چهار غلظت (۰،۵۰،۱۰۰،۱۵۰ میلی‌مولار) (۸) و اسید آسکوربیک در سه غلظت به‌صورت محلول‌پاشی (۰،۱۰۰،۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) (۸) و اسید هیومیک نیز در سه غلظت (۰،۱۰۰،۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) (۵) همراه با آب آبیاری اعمال شد. ابتدا بذور سالم در گلدان‌هایی از جنس پلاستیک، قطر دهانه ۳۰ سانتی‌متر و دارای زهکشی مناسب

به صورت کپه‌ای و در چهار نقطه گلدان در اواسط فروردین ماه کاشته شد. پس از سبز شدن بذرها و در مرحله دو برگی تنک کردن صورت گرفت بطوری که در هر نقطه یک گیاهچه سالم (چهار بوته در هر گلدان) از بین آنها انتخاب شد. خاک گلدان‌ها از ترکیب یکسان خاک زراعی، ماسه و خاک برگ تشکیل شده بود (جدول ۱). با استقرار کامل گیاه در مرحله شش برگی آبیاری با آب شور هر دو روز یکبار به گونه‌ای انجام گرفت که محتوای آب گلدان به حد ظرفیت زراعی برسد و آبشویی گلدان به منظور جلوگیری از تجمع نمک هر دو هفته یکبار انجام گرفت. تیمار با اسید آسکوربیک و اسید هیومیک یک هفته قبل از اعمال تنش آغاز و با فاصله زمانی هر هفت روز یکبار تا پایان دوره آزمایش حدودا ۶ بار تکرار شد بطوری که دو هفته قبل از اتمام آزمایش کاربرد تخفیف دهنده‌ها متوقف گردید و هنگامی که گیاه به ۸۰ درصد گلدهی رسید؛ صفات مورد نظر اندازه‌گیری شدند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده

هدایت الکتریکی EC (dS/m)	اسیدیته کل اشباع (pH)	شن (%)	لای (%)	رس (%)	بافت خاک
۱/۲	۷/۹	۲۹	۳۰	۴۱	لومی رسی

ارزیابی صفات رویشی: جهت تعیین طول دمبرگ، طول و عرض برگ، قطر ساقه، طول شاخه جانبی، تعداد شاخه جانبی، طول سنبله، قطر ریشه، حجم ریشه، وزن تر و خشک ریشه و طول ریشه، ۴ بوته از هر تکرار انتخاب و صفات موردنظر اندازه‌گیری شدند و میانگین ۴ بوته برای هر تکرار ثبت شد. برای تعیین طول و عرض برگ با انتخاب تصادفی ۴ برگ میانی از بوته‌های هر گلدان این صفات توسط کولیس (مارک wero ساخت کشور آلمان) اندازه‌گیری شد و میانگین آن‌ها به‌عنوان طول و عرض تیمار مربوطه یادداشت گردید. جهت تعیین وزن خشک ریشه، اندام‌ها به‌طور جداگانه در داخل آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد.

ارزیابی صفات فیزیولوژیکی

فعالیت آنتی‌اکسیدانی: برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره برگ (Antioxidant activity) ابتدا عصاره‌های متانولی با استفاده از متانول خالص در دمای اتاق تهیه شد و فعالیت آنتی‌اکسیدانی با ایجاد کمی تغییرات از طریق غیرفعال کردن رادیکال‌های آزادشده توسط ماده DPPH (2,2-Diphenyl-1-picryl-hydrazul) صورت پذیرفت (۳۶). جذب محلول‌های حاصل و شاهد (حاوی کلیهٔ مواد غیر از نمونه) در طول‌موج ۵۱۷ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر قرائت شد. درصد بازداری از DPPH با مقایسه نمونه‌های عصاره و نمونه شاهد و استفاده از رابطه زیر به دست آمد.

$$\%AA: 1 - A517\ (sample)/A517\ (control) \times 100$$

فنل کل: فنل کل در عصاره برگ با معرف فولین سیکالتو اندازه‌گیری شد (۵۳). مقدار جذب محلول با استفاده اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۷۶۵ نانومتر خوانده شد. از اسید گالیک به‌عنوان استاندارد استفاده شد و مقدار ترکیبات فنلی کل بر اساس معادل میلی‌گرم اسیدگالیک در ۱۰۰ گرم وزن خشک بیان شد.

قند کل: برای اندازه‌گیری قند کل ۰/۲ میلی‌لیتر از عصاره تغلیظ شده با ۳ میلی‌لیتر معرف آنترون مخلوط و به مدت ۲۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. میزان جذب نور هر یک از نمونه‌ها پس از سرد شدن در طول موج ۶۲۰ نانومتر به‌وسیله اسپکتروفتومتر (مدل یونیکو UNICO امریکا) اندازه‌گیری شد (۴۷).

محتوای پرولین: به‌منظور اندازه‌گیری محتوای پرولین برگ ابتدا ۵۰۰ میلی‌گرم بافت زنده گیاهی در ۱۰ میلی‌لیتر محلول ۳ درصد اسید سولفوسالیسیلیک در هاون ساییده، سپس مخلوط را با کاغذ صافی تصفیه و ۲ میلی‌لیتر از

عصاره حاصله را در لوله آزمایش ریخته و ۲ میلی‌لیتر معرف اسید نین‌هیدرین (حاصل از افزودن ۱/۲۵ گرم نین هیدرین به ۳۰ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال) و ۲ میلی‌لیتر اسیداستیک گلاسیال به آن اضافه گردید. در مرحله بعد لوله‌ها به مدت یک ساعت در بن‌ماری و در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند، پس از خروج، نمونه‌ها در حمام یخ به‌مدت ۳۰ دقیقه نگهداری شدند. سپس ۴ میلی-لیتر تولوئن به محتوای هر لوله اضافه و به مدت ۳۰ ثانیه به‌وسیله ورتکس مخلوط شد. لوله‌ها مدتی در دمای اتاق ثابت قرار گرفتند. در این مرحله دو لایه مجزا ایجاد و سرانجام جذب نوری لایه رنگی فوقانی در طول موج ۵۲۰ نانومتر با استفاده از تولوئن به‌عنوان تیمار شاهد به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت و مقدار پرولین با استفاده از منحنی استاندارد تعیین گردید (۱۷).

فلاونوئید: از روش رنگ سنجی کلرید آلومینیوم برای تعیین مقدار فلاونوئیدها استفاده شد (۱۹). هر کدام از عصاره‌های متانولی گیاهی به صورت جداگانه با ۱/۵ میلی-لیتر متانول، ۰/۱ میلی‌لیتر کلرید آلومینیوم (۱۰٪ متانولی)، ۰/۱ میلی‌لیتر استات پتاسیم (۱ مولار) و ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر ترکیب شدند. سپس محلول‌ها در دمای اتاق به مدت ۳۰ دقیقه قرار داده شدند. جذب هر ترکیب واکنشی در ۴۱۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. منحنی استاندارد با محلول‌های کوئرستین (Quercetin, Sigma Chemical Co.) متانولی در غلظت‌های $\mu g.\ ml^{-1}$ 1000-250 تهیه شد و منحنی با نرم افزار Excel رسم گردید، سپس معادله خط y=bx+a بدست آمد. جذب‌های خوانده شده از نمونه‌ها به جای y قرار داده شد و x یا همان غلظت بدست آمد.

محتوای نسبی آب برگ: جهت بررسی وضعیت آب گیاه و برای اندازه‌گیری میزان محتوای نسبی آب برگ (Relative Water Content) پس از تهیه نمونه‌های برگی از گیاه، ابتدا وزن تر آن‌ها (FW) اندازه‌گیری شد. سپس، وزن آماس (TW) نمونه‌ها، که به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق در آب مقطر غوطه‌ور شدند؛ محاسبه گردید. در نهایت نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شدند و وزن خشک (DW) آن‌ها گرفته شد (۵۱). برای تعیین میزان محتوای آب نسبی برگ از فرمول زیر استفاده شد:

$$RWC\% = [(FW-DW)/(TW-DW)]\times 100$$

نشت الکترولیت: جهت تعیین پایداری غشاء سلول‌های برگی از شاخص نشت الکترولیت (Electrolyte Leakage) استفاده گردید. برای این آزمایش از روش Lutts و همکاران (۳۳) استفاده شد. در این روش ابتدا قطعات برگی با اندازه ۲ سانتی‌متر تهیه شد. این قطعات پس از شستشو، همراه با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر، در داخل شیشه-های ۵۰ میلی‌لیتری، به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی قرار گرفتند. در این مرحله میزان نشت اولیه (EC1) به‌وسیله دستگاه هدایت سنج (ECمتر) اندازه‌گیری شد. سپس شیشه ها جهت کشته شدن سلول‌های برگی به اتوکلاو با دمای۱۲۰ درجه به مدت ۲۰ دقیقه منتقل شدند. پس از سرد شدن محتویات داخل بطری‌ها، میزان نشت ثانویه (EC2) اندازه‌گیری شد. در نهایت نشت الکترولیت از طریق رابطه زیر محاسبه گردید.

$$EL = (EC1/EC2)\times 100$$

هدایت روزنه‌ای: هدایت روزنه‌ای با استفاده از دستگاه Prometr تعیین گردید. به‌منظور ارزیابی این شاخص، اندازه‌گیری از وسط برگ ساعت ۱۱-۹ صبح انجام گرفت.

پردازش آماری: آزمایش به‌صورت فاکتوریل و بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار (هر تکرار شامل دو گلدان) انجام شد. داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار JMP8 مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها نیز بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج

طبق جدول تجزیه واریانس اثر متقابل تنش شوری و کاربرد تخفیف‌دهنده بر طول سنبله، طول برگ، طول شاخه‌جانبی، وزن تر ریشه، حجم ریشه، فنل، فعالیت آنتی-اکسیدانی، فلاونوئید، پرولین، RWC (محتوای نسبی آب برگ) و نشت الکترولیت در سطح ۱٪ و برای تعداد شاخه جانبی، طول ریشه و هدایت روزنه‌ای در سطح ۵٪ معنی‌دار شد؛ ولی برای صفات قطر ساقه، عرض برگ، وزن خشک ریشه، قطر ریشه، طول دمبرگ و میزان قند محلول معنی‌دار نشد. همچنین اثر ساده تنش شوری بر همه صفات بجزء وزن خشک ریشه و قند محلول در سطح ۱٪ و اثر ساده تخفیف‌دهنده به غیر از قطر ساقه، وزن خشک ریشه، قطر ریشه و طول ریشه، برای طول برگ و دمبرگ در سطح ۵٪ و برای بقیه صفات در سطح ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در گیاه بادرشبی تحت شرایط تنش شوری و کاربرد تخفیف‌دهنده‌ها

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		طول سنبله	قطر ساقه	عرض برگ	طول برگ	تعدادشاخه جانبی	طول شاخه‌جانبی
تخفیف دهنده	۴	۱۸۷/۱۳۶۵**	۰/۰۰۱۵۵ns	۰/۶۷۸۶۷**	۰/۳۵۲۸۵*	۳/۴۴۱۶۶**	۵۷۸/۶۴۵۸**
تنش	۳	۸۶/۰۶۸۴**	۰/۰۲۰۳۹**	۰/۲۶۰۱۱**	۰/۸۷۴۷۸**	۳/۱۳۳۳۳**	۷۱۷/۷۵۳۴**
تیمار*تنش	۱۲	۲۲/۰۵۵۸**	۰/۰۰۲۲۳ns	۰/۰۵۱۷۵ns	۰/۳۱۶۴۶**	۱/۵۰۸۳۳*	۴۴/۰۳۱۷**
خطا	۴۰	۳/۲۹۴۲	۰/۰۰۱۳۶	۰/۰۵۹۳۵	۰/۱۱۰۶۸	۰/۶۶۶۶۷	۶/۰۷۹
CV%		۲۵/۴۳	۹/۱۵	۱۱/۷۶	۹/۱۸	۱۴/۰۵	۲۲/۲۷

ns، ** و * بترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد

ادامه جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در گیاه بادرشبی تحت شرایط تنش شوری و کاربرد تخفیف‌دهنده‌ها

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	حجم ریشه	قطر ریشه	طول ریشه	طول دمبرگ
تخفیف‌دهنده	۴	۱/۱۵۱۳۵**	۴۲/۴۳۹۲۱ns	۱/۰۶۶۵۵**	۰/۰۰۵۶۱ns	۱۰/۹۴۱۸ns	۰/۱۲۴۵۳*
تنش	۳	۷/۱۹۶۲۰**	۳۸/۶۰۴۸۰ns	۹/۲۹۵۰۱**	۰/۰۴۳۲۷**	۱۶۷/۷۹۶۶**	۰/۲۹۲۲۲**
تیمار*تنش	۱۲	۱/۲۲۸۹۳**	۴۱/۵۶۹۶۵ns	۱/۷۹۹۷۱**	۰/۰۰۲۸۷ns	۱۲/۴۲۸۴*	۰/۰۵۷۹۴ns
خطا	۴۰	۰/۰۶۴۲۷	۴۰/۹۱۵۶	۰/۰۹۶۸۹	۰/۰۰۳۵۲	۵/۶۷۲۱	۰/۰۳۷۱۹
CV%		۱۵/۴۷	۱۶/۴۳	۲۰/۷۴	۱۹/۸۷	۱۹/۳۶	۱۲/۲۸

ns، ** و * بترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد

ادامه جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در گیاه بادرشبی تحت شرایط تنش شوری و کاربرد تخفیف‌دهنده‌ها

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		قند محلول	فنل کل	فعالیت آنتی‌اکسیدانی	فلاونوئید	پرولین	محتوای نسبی آب برگ	هدایت روزنه‌ای	نشت الکترولیت
تخفیف‌دهنده	۴	۰/۰۰۰۰۵**	۲۱/۶۷۵۶۱**	۸/۴۳۶۶۲**	۰/۰۰۱۱۴**	۰/۰۱۷۹**	۰/۰۰۷۷۳**	۷۸/۸۱۵**	۳۵۸/۵۲۵**
تنش	۳	۰/۰۰۰۰۲ns	۱۱/۳۷۶۱۷**	۲۴/۰۲۹۵۰**	۰/۰۰۱۴۰**	۰/۰۱۱۴**	۰/۰۶۸۱۶**	۵۰/۳۶۱**	۳۰۴۵/۱۰۴**
تیمار*تنش	۱۲	۰/۰۰۰۰۱ns	۴/۰۸۰۰۱**	۹/۵۶۱۵۳**	۰/۰۰۱۲۵**	۰/۰۰۳۶**	۰/۰۰۲۹۷**	۱۳/۰۲۷*	۳۱۲/۶۵۹**
خطا	۴۰	۰/۰۰۰۰۱	۰/۲۷۸۶۳	۱/۰۲۳۲	۰/۰۰۰۲۷	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۰۲۷	۴/۹۱۴	۲۱/۵۱۱
CV%		۱/۵۹	۲۷/۹۰	۲/۳۱	۱۶/۹۲	۲۰/۲۶	۹/۷۵	۲۵/۲۳	۱۸/۴۵

ns، ** و * بترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد

طول برگ با افزایش تنش شوری کاهش معنی‌داری نشان داد بطوری که بیشترین میزان این صفت (۵/۶۶ سانتی‌متر) مربوط به شرایط عدم تنش شوری و کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک بود. در سطح ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار شوری بترتیب کاربرد ۲۰۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و اسید آسکوربیک باعث بهبود این صفت گردید. همچنین در تنش شوری شدید (۱۵۰ میلی‌مولار) کاربرد تخفیف‌دهنده‌ها تاثیر مثبتی در افزایش میزان این صفت نداشتند (جدول ۳).

با افزایش تنش شوری از ۰ به ۱۵۰ میلی‌مولار طول سنبله به‌شدت کاهش یافت و کاربرد تخفیف‌دهنده‌ها به‌ویژه اسید هیومیک در هر دو سطح (۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) سبب بهبود قابل توجه این صفت گردید. بطوری‌که کاربرد اسید هیومیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر در تنش‌های ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار شوری طول سنبله را نسبت به شاهد (عدم کاربرد تخفیف‌دهنده) به‌ترتیب ۳۹/۰۸، ۴۴/۰۳، ۳۴/۵۳ و ۴۴/۶۰ درصد افزایش داد. همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود کمترین مقدار طول سنبله (۱۲/۱۶ سانتی‌متر) مربوط به تنش شدید ۱۵۰ میلی‌مولار و عدم کاربرد تخفیف‌دهنده می‌باشد که نسبت به شاهد (عدم شوری و تخفیف‌دهنده) ۲۲/۳۴ درصد کاهش یافته است (جدول ۳).

تعداد شاخه‌فرعی با افزایش تنش تا ۱۰۰ میلی‌مولار سیر کاهشی نشان داد و در تنش ۱۵۰ میلی‌مولار دوباره افزایش یافت. کاربرد تخفیف‌دهنده‌ها در تیمار شاهد (عدم تنش شوری) نه‌تنها باعث بهبود این صفت نشد بلکه تعداد شاخه‌فرعی را کاهش داد. در تنش شوری ۵۰ میلی‌مولار بیشترین میزان این صفت مربوط به تیمار عدم کاربرد تخفیف‌دهنده و کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک بود که بین این دو تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. همچنین در تنش ۱۰۰ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری بین کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر از اسید هیومیک و اسید آسکوربیک با عدم کاربرد تخفیف‌دهنده‌ها مشاهده نشد. همچنین طول شاخه جانبی با افزایش تنش شوری کاهش معنی‌داری نشان داد بطوری که کمترین مقدار آن با ۲۷/۷۵ سانتی‌متر در تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار با عدم کاربرد تخفیف‌دهنده حاصل شد و سطوح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک در این سطح شوری بترتیب باعث افزایش ۳۷/۴۰ و ۲۹/۱۳ درصد طول شاخه جانبی نسبت به شاهد (عدم کاربرد تخفیف‌دهنده) گردید. کاربرد اسید هیومیک در تمامی سطوح تنش شوری باعث بهبود این صفت گردید (جدول ۳).

همانطورکه در جدول ۳ مشاهده می‌شود صفات مربوط به ریشه از قبیل حجم ریشه، وزن‌تر ریشه و طول ریشه نیز تحت تاثیر تنش شوری کاهش یافتند. بیشترین میزان این صفات بترتیب ۴/۶۶ میلی‌متر مربع، ۴/۷۶ گرم و ۲۸/۲۷ سانتی‌متر در شرایط عدم استفاده از تخفیف‌دهنده و شوری به‌دست آمدند. اسید هیومیک در دوسطح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر با اسید آسکوربیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سبب بهبود حجم و وزن تر ریشه و اسید هیومیک در هردو سطح سبب افزایش مقدار طول ریشه در تنش شوری شدید (۱۵۰ میلی‌مولار) گردیدند.

هدایت روزنه‌ای در سطوح مختلف تنش شوری در شرایط عدم کاربرد تخفیف‌دهنده اختلاف معنی‌داری را نسبت به هم نشان نداد. در حالی که کاربرد اسید هیومیک و آسکوربیک باعث افزایش معنی‌دار این صفت در تمامی سطوح تنشی نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد تخفیف-دهنده) گردید.

نشت یونی با افزایش تنش به‌شدت افزایش یافت و کاربرد تخفیف‌دهنده‌ها حتی در شرایط عدم وجود تنش توانست باعث کاهش میزان این صفت گردد. کاربرد اسید هیومیک به میزان ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر با ۲۷/۰۵ و ۲۳/۶۲ درصد کاهش نشت یونی نسبت به شاهد (عدم کاربرد تخفیف-دهنده) بترتیب برای سطح تنشی ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار و

همچنین کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک با میزان ۳۱/۶۷ درصد کاهش نسبت به شاهد برای تنش شوری ۵۰ میلی‌مولار توانست سبب کاهش اثرات سوء و مخرب شوری بر این صفت گردد (جدول ۳).

طبق جدول ۳ بیشترین میزان رطوبت نسبی برگ (RWC) با مقدار ۸۱ درصد مربوط به کاربرد اسید هیومیک در هر دو سطح و عدم کاربرد تخفیف‌دهنده‌ها در شرایط بدون تنش می‌باشد. بطوری‌که با افزایش تنش میزان این صفت کاهش یافته و به کمترین مقدار خود یعنی ۵۶ درصد در تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار با عدم کاربرد تخفیف‌دهنده‌ها می‌رسد که در این سطح تنش کاربرد ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک بترتیب با افزایش ۱۲/۵، ۱۲/۵ و ۱۱/۱۱ درصد نسبت به شاهد (عدم کاربرد تخفیف‌دهنده) می‌تواند باعث بهبود این صفت گردد.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات موردبررسی در گیاه بادرشبی تحت شرایط تنش شوری و کاربرد تخفیف‌دهنده‌ها

تنش شوری (mM)	تخفیف دهنده (mg/l)	طول برگ (cm)	طول سنبله (cm)	هدایت روزنه‌ای $Mmol/m^2.s$	نشت الکترولیت (%)	RWC (%)
	۱۰۰H	۵/۱۷$^{a-f}$	۱۹/۹۱$^{d-g}$	۱۷/۴۳$^{a-c}$	۲۰/۶۸$^{g-i}$	۸۱^{a}
	۲۰۰H	۵/۶۶^{a}	۲۵/۷۱^{a}	۱۸/۲۰$^{a-c}$	۱۷/۶۶^{i}	۸۱^{a}
۰	۱۰۰AS	۴/۹۶$^{c-h}$	۲۱/۳۳$^{c-f}$	۱۸/۸۱^{ab}	۲۴/۵۷$^{f-i}$	۷۴^{b}
	۲۰۰AS	۵/۰۰$^{b-h}$	۲۲/۶۶$^{b-d}$	۱۹/۳۶^{a}	۲۵/۵۸$^{f-h}$	۷۰^{de}
	۰	۵/۵۲^{ab}	۱۵/۶۶^{hi}	۱۰/۱۵^{gh}	۲۳/۱۳$^{g-i}$	۸۱^{a}
	۱۰۰H	۵/۰۰$^{b-h}$	۲۶/۲۴^{a}	۱۸/۱۰$^{a-c}$	۱۸/۹۴^{hi}	۷۹^{a}
۵۰	۲۰۰H	۵/۱۷$^{a-f}$	۲۴/۴۱^{ab}	۱۴/۶۶$^{c-f}$	۲۷/۶۱$^{e-g}$	۷۳^{bc}
	۱۰۰AS	۴/۶۶$^{f-i}$	۱۸/۴۱$^{f-h}$	۱۷/۱۵$^{a-d}$	۳۱/۹۱$^{d-f}$	۷۳^{bc}
	۲۰۰AS	۴/۹۶$^{c-h}$	۲۴/۱۶$^{a-c}$	۱۵/۸۸$^{a-f}$	۲۸/۲۹$^{d-g}$	۶۸^{e}
	۰	۵/۲۴$^{a-e}$	۱۳/۶۶^{ij}	۱۱/۰۰^{gh}	۳۱/۶۷$^{d-f}$	۷۳^{bc}
	۱۰۰H	۴/۱۵^{i}	۲۳/۵۰$^{a-c}$	۱۶/۶۸$^{a-e}$	۳۱/۰۹$^{d-f}$	۷۰^{de}
	۲۰۰H	۴/۵۸$^{g-i}$	۱۹/۰۸$^{e-g}$	۱۳/۴۳$^{e-g}$	۲۲/۵۴$^{g-i}$	۷۱^{cd}
۱۰۰	۱۰۰AS	۵/۲۶$^{a-d}$	۱۷/۴۸^{gh}	۱۶/۸۶$^{a-e}$	۴۸/۷۱^{c}	۶۹^{de}
	۲۰۰AS	۵/۰۷$^{b-g}$	۱۵/۵۸^{hi}	۱۵/۴۰$^{b-f}$	۳۳/۸۷^{de}	۶۸^{e}
	۰	۵/۳۳$^{a-c}$	۱۲/۴۹^{j}	۱۰/۱۵^{gh}	۳۰/۹۰$^{d-f}$	۶۹^{de}
	۱۰۰H	۴/۴۸$^{h-i}$	۲۱/۹۱$^{b-e}$	۸/۴۲^{h}	۸۲/۱۶^{a}	۶۴^{f}
	۲۰۰H	۴/۷۲$^{d-h}$	۲۲/۵۸$^{b-d}$	۱۳/۶۱$^{d-g}$	۳۵/۳۷^{d}	۶۴^{f}
۱۵۰	۱۰۰AS	۴/۷۰$^{e-h}$	۱۴/۰۰^{ij}	۱۶/۶۵$^{a-e}$	۵۲/۴۳^{bc}	۶۰^{g}
	۲۰۰AS	۴/۹۷$^{b-h}$	۱۲/۵۵^{j}	۱۲/۶۵^{fg}	۵۷/۸۷^{b}	۶۳^{f}
	۰	۴/۵۶$^{g-i}$	۱۲/۱۶^{j}	۱۰/۷۱^{gh}	۴۶/۳۱^{c}	۵۶^{h}

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه در سطح احتمال آماری ۵ درصد بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌دار ندارند. H و AS در جدول بترتیب معرف اسید هیومیک و آسکوربیک می‌باشند.

میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فنل کل در تیمار ۵۰ میلی-مولار تنش شوری و عدم کاربرد تخفیف‌دهنده‌ها به شدت کاهش یافت و با افزایش تنش شوری به ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی-مولار بترتیب با افزایش ۵/۹۷ و ۶/۸۴ درصد نسبت به تنش ۵۰ میلی‌مولار دوباره سیر صعودی خود را ادامه داد. کاربرد تخفیف‌دهنده‌ها در تنش ۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار شوری

تفاوت معنی‌داری را با عدم کاربرد آن‌ها در فعالیت آنتی-اکسیدانی نشان نداد. درحالی‌که در تنش شوری ۵۰ میلی-مولار کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد تخفیف‌دهنده‌ها در شرایط تنش ۵۰ میلی‌مولار) گردید (شکل ۱).

ادامه جدول ۳- مقایسه میانگین صفات موردبررسی در گیاه بادرشبی تحت شرایط تنش شوری و کاربرد تخفیف‌دهنده‌ها

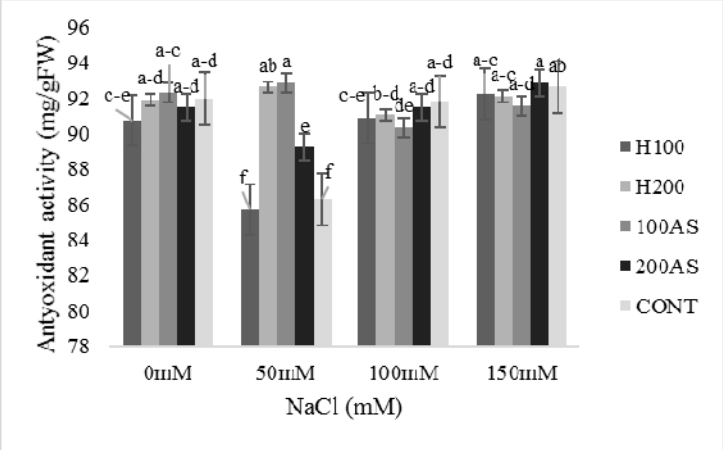
تنش شوری (mM)	تخفیف دهنده (mg/l)	تعداد شاخه جانبی	طول شاخه جانبی (cm)	حجم ریشه (mm^3)	وزن تر ریشه (g)	طول ریشه (cm)
	۱۰۰H	۸/۶۶$^{a-c}$	۵۶/۴۴^{ab}	۱/۳۸^{de}	۲/۱۸^{b}	۲۴/۴۴$^{a-c}$
	۲۰۰H	۸/۰۰$^{b-d}$	۵۹/۲۵^{a}	۲/۱۶^{bc}	۱/۸۶^{bc}	۲۴/۷۷$^{a-c}$
۰	۱۰۰AS	۷/۳۳$^{c-e}$	۵۲/۴۷$^{b-d}$	۱/۸۳^{cd}	۲/۰۷^{b}	۲۶/۴۹^{ab}
	۲۰۰AS	۷/۳۳$^{c-e}$	۵۰/۴۴$^{c-e}$	۲/۶۶^{b}	۱/۸۹^{bc}	۲۳/۰۵$^{b-d}$
	۰	۱۰/۰۰^{a}	۳۵/۷۷^{jk}	۴/۶۶^{a}	۴/۷۶^{a}	۲۸/۲۷^{a}
	۱۰۰H	۷/۳۳$^{c-e}$	۵۳/۹۱^{bc}	۰/۹۱$^{e-g}$	۱/۲۲^{de}	۱۹/۱۱$^{e-g}$
۵۰	۲۰۰H	۸/۰۰$^{b-d}$	۴۵/۸۳$^{f-h}$	۲/۱۶^{bc}	۱/۱۷^{de}	۲۰/۴۴$^{d-f}$
	۱۰۰AS	۶/۳۳^{e}	۴۹/۰۰$^{d-f}$	۱/۰۸$^{e-g}$	۱/۰۰^{e}	۱۶/۳۳^{gh}
	۲۰۰AS	۷/۳۳$^{c-e}$	۴۲/۶۶^{hi}	۲/۰۰^{c}	۱/۲۸^{de}	۲۰/۲۲$^{d-g}$
	۰	۷/۶۶$^{b-e}$	۳۱/۰۰^{lm}	۰/۸۳^{fg}	۱/۱۷^{de}	۱۹/۶۰$^{d-g}$
	۱۰۰H	۷/۳۳$^{c-e}$	۳۹/۶۶^{ij}	۱/۱۶^{ef}	۱/۱۱^{de}	۱۷/۴۴$^{f-h}$
	۲۰۰H	۸/۰۰$^{b-d}$	۴۷/۹۹$^{e-g}$	۰/۷۷^{fg}	۱/۰۰^{e}	۲۰/۳۳$^{d-f}$
۱۰۰	۱۰۰AS	۶/۶۶^{de}	۳۷/۳۸^{j}	۰/۸۸$^{e-g}$	۱/۱۵^{de}	۲۰/۳۳$^{d-f}$
	۲۰۰AS	۷/۳۳$^{c-e}$	۳۷/۵۵^{j}	۰/۸۳^{fg}	۱/۱۵^{de}	۱۹/۶۶$^{d-g}$
	۰	۷/۰۰^{de}	۳۱/۶۰^{lm}	۰/۵۸^{g}	۱/۲۸^{de}	۱۹/۳۳$^{d-g}$
	۱۰۰H	۷/۳۳$^{c-e}$	۴۴/۳۳^{gh}	۰/۹۱$^{e-g}$	۱/۳۳^{de}	۱۷/۹۴$^{e-h}$
	۲۰۰H	۶/۶۶^{de}	۳۹/۱۶^{ij}	۱/۳۸^{de}	۱/۵۱^{cd}	۲۱/۷۷$^{c-e}$
۱۵۰	۱۰۰AS	۷/۳۳$^{c-e}$	۳۳/۰۵^{kl}	۰/۶۰^{g}	۰/۹۲^{e}	۱۵/۰۵^{h}
	۲۰۰AS	۸/۰۰$^{b-d}$	۳۰/۷۲^{lm}	۰/۸۳^{fg}	۱/۲۳^{de}	۱۷/۲۱$^{f-h}$
	۰	۹/۰۰^{ab}	۲۷/۷۵^{m}	۰/۷۴^{fg}	۱/۰۲^{e}	۱۶/۶۱$^{f-h}$

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه در سطح احتمال آماری ۵ درصد بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌دار ندارند. H و AS در جدول بترتیب معرف اسید هیومیک و آسکوربیک می‌باشند.

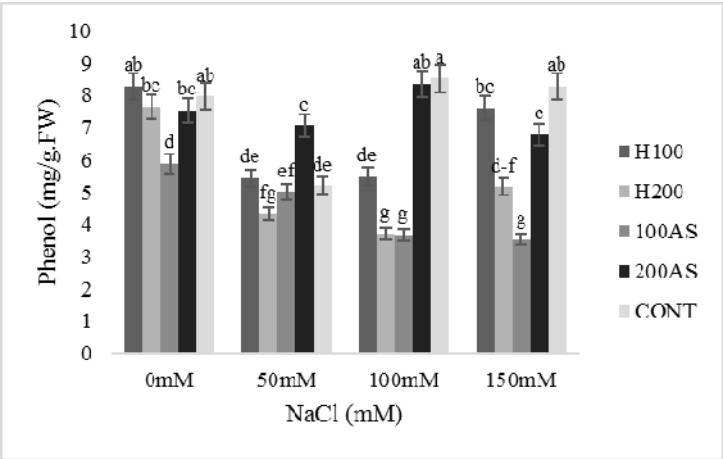
کاربرد تخفیف‌دهنده‌ها مطابق شکل ۲ در سطوح مختلف تنش باعث کاهش فنل کل گردید. در تنش ۵۰ میلی‌مولار کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک به میزان ۲۶/۳۴ درصد نسبت به شاهد (عدم کاربرد تخفیف‌دهنده)، در تنش ۱۰۰ میلی‌مولار کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک بترتیب به‌میزان ۵۶/۵۰ و ۵۶/۸۵ درصد نسبت به شاهد (عدم کاربرد تخفیف‌دهنده) و در تنش ۱۵۰ میلی‌مولار کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک به میزان ۵۷/۳۶ درصد نسبت به شاهد (عدم کاربرد تخفیف‌دهنده) توانست میزان فنل کل را به طور معنی‌داری کاهش دهد (شکل ۲).

میزان پرولین با افزایش شوری افزایش یافت. تنش ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار در شرایط عدم کاربرد تخفیف-

دهنده‌ها تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند ولی مقدار پرولین در این سطوح تنش بترتیب به‌میزان ۶/۴۵، ۶/۴۵ و ۱۴/۷۰ درصد بیشتر از تیمار شاهد (عدم شوری و عدم کاربرد تخفیف دهنده‌ها) بود.



شکل ۱- اثر متقابل تنش شوری و کاربرد اسید هیومیک (**H**) و اسید آسکوربیک (**AS**) بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گیاه بادرشبی

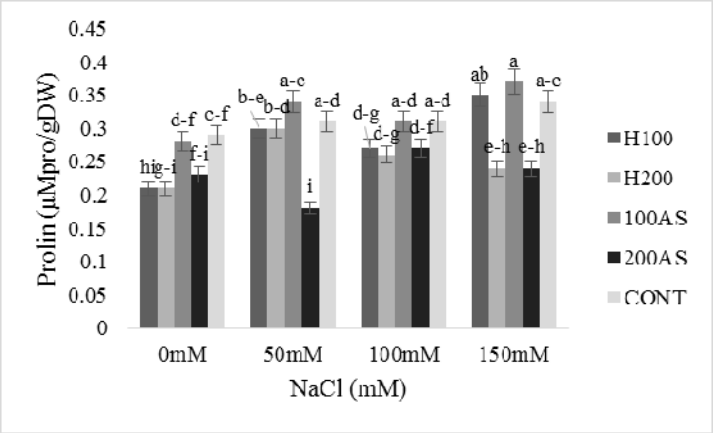


شکل ۲- اثر متقابل تنش شوری و کاربرد اسید هیومیک (**H**) و اسید آسکوربیک (**AS**) بر میزان فنل کل در گیاه بادرشبی

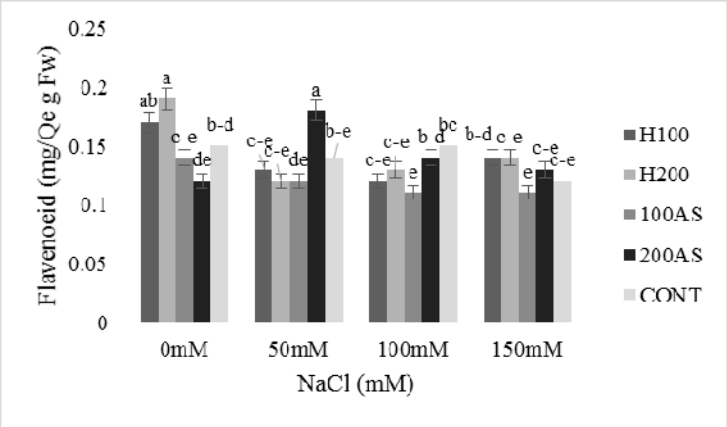
کاربرد اسید هیومیک و آسکوربیک باعث کاهش میزان پرولین حتی در شرایط نبود شوری گردید. در شوری ۵۰ میلی‌مولار کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک به میزان ۲۰/۶۸ درصد کاهش نسبت به شاهد (عدم کاربرد تخفیف‌دهنده‌ها) ، در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار کاربرد اسید هیومیک در هر دو سطح به میزان ۳/۲۲ درصد کاهش نسبت به شاهد و آسکوربیک در سطح ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر با ۱۲/۹۰ درصد کاهش نسبت به شاهد و در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار کاربرد سطح ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و اسید آسکوربیک به‌میزان ۲۹/۴۱ درصد کاهش نسبت به شاهد توانست به طور موثر و معنی‌داری میزان پرولین را کاهش دهد (شکل ۳).

همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود سطوح مختلف شوری در شرایط عدم کاربرد تخفیف‌دهنده‌ها تفاوت معنی‌داری را در میزان فلاونوئید نشان نمی‌دهد. تنها در تنش ۱۰۰ میلی‌مولار کاربرد تخفیف‌دهنده‌ها بویژه اسید هیومیک در هر دو سطح و اسید آسکوربیک در سطح ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث کاهش مقدار این صفت گردید. بیشترین میزان فلاونوئید در تنش ۰ و ۵۰ میلی‌مولار

بترتیب با کاربرد اسید هیومیک و اسید آسکوربیک به میزان ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد (شکل ۴).



شکل ۳- اثر متقابل تنش شوری و کاربرد اسید هیومیک (**H**) و اسید آسکوربیک (**AS**) بر میزان پرولین در گیاه بادرشبی



شکل ۴- اثر متقابل تنش شوری و کاربرد اسید هیومیک (H) و اسید آسکوربیک (AS) بر میزان فلاونوئید کل در گیاه بادرشبی

بحث

در خاک‌های شور غلظت سدیم و کلرید در محلول خاک به‌طور کلی بالاتر و بیشتر از دیگر عناصر است و نه تنها باعث تنش اسمزی و تأثیرات یونی ویژه، بلکه منجر به اختلال در جذب دیگر عناصر و انتقال به اندام‌های هوایی گیاه و بیماری‌های تغذیه‌ای و به تبع آن کاهش عملکرد گیاه می‌گردد (۴۹). کاهش رشد رویشی در اثر تیمار شوری احتمالا به‌دلیل کاهش سطح فتوسنتز و همچنین کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی نظیر کلروفیل a و b، جذب خالص CO_2 و هدایت روزنه‌ای و بسته شدن روزنه‌ها در اثر تنش شوری می‌باشد (۴۰). عامل محتمل دیگری که سبب کاهش فتوسنتز می‌گردد اثر بازدارنده تنش شوری بر روی فرایند جذب و انتقال مواد فتوسنتزی می‌باشد (۲۰). به‌طور کلی کاهش وزن در اثر تنش شوری به‌دلیل کاهش جذب آب و بازدارندگی محصولات فتوسنتزی و سنتز کربوهیدرات‌ها است (۳۹). کاهش رشد، عمده‌ترین اثر شوری بر گیاهان است. وزن تر و خشک از شاخص‌هایی هستند که به‌منظور بررسی میزان رشد گیاه استفاده می‌گردند. با توجه به جدول ۳ شوری موجب کاهش وزن ریشه شد. جلوگیری از رشد گیاه تحت تنش شوری می‌تواند به‌علت کاهش تقسیم سلولی، عدم تعادل یونی، کاهش جذب آب، اختلال در جذب عناصر، تاثیر یون‌های سمی به‌ویژه سدیم، اختلال در جذب، احیا و متابولیسم

نیتروژن و پروتئین، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش کارآیی فتوسنتز باشد (۴۲) . طول شاخه فرعی به عنوان مخزن موقت ذخیره مواد کربوهیدراتی غیر ساختمانی شناخته شده است که به طبع با کاهش ارتفاع بوته امکان انتقال مقدار کمتری از کربوهیدرات را به ویژه در شرایط تنش فراهم می‌کند که با نتایج پاسبان اسلام (۱۳۹۰) هم‌خوانی دارد. گزارش‌های متعددی مبنی بر کاهش بیوماس گیاه تحت تنش شوری عنوان شده است. در تحقیقی روی گیاه کتان کاهش ارتفاع بخش هوایی و وزن گیاه تحت شرایط تنش شوری گزارش شده است (۳۵). در تحقیق خدابخش و چاپارزاده (۱۳۹۴) روی گیاه شاهی (*Lepidium sativum* .L) شوری موجب افزایش میزان اکسیژن فعال گردید و وزن تر بخش‌های هوایی و ریشه‌ها را کاهش داد در حالی که کاربرد آسکوربیک اسید موجب کاهش اثرات تنش شوری در این گیاه گردید (۷). در این پژوهش نیز تنش شوری باعث کاهش میزان وزن تر، حجم و طول ریشه و بخش هوایی در گیاه بادرشبی شد که با نتایج گزارش شده در این زمینه توسط سایر محققان مطابقت دارد. معمولا تحت شرایط تنش شوری، روزنه‌های هوایی بسته می‌شود و به دلیل کاهش تبادلات گازی، میزان فتوسنتز کاهش می‌یابد. درنهایت، شوری می‌تواند رشد ریشه را نیز متوقف نموده و بدین طریق ظرفیت جذب و انتقال آب و عناصر غذایی از خاک به طرف اندام هوایی را کاهش دهد. گزارش‌های متعددی مبنی بر کاهش تولید ماده خشک در اثر افزایش غلظت سدیم در گیاهان وجود دارد (۱۱).

تیمار اسید آسکوربیک همزمان با شوری موجب افزایش برخی صفات رویشی گیاه بادرشبو شد. اثر مثبت اسید آسکوربیک بر رشد گیاه را شاید بتوان به نقش آن به عنوان فاکتور مهم در بیوسنتز برخی از هورمون‌های گیاهی دخیل در رشد و تقسیم سلولی از جمله جیبرلین و پایداری رنگدانه‌ها و دستگاه فتوسنتزی نسبت داد (۵۴).

اسید هیومیک از طریق تأثیرات هورمونی و با تأثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و همچنین با قدرت کلات‌کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی، سبب افزایش رشد بیوماس گیاهان می‌شوند (۳۸). یکی از مکانیسم‌هایی که مواد هیومیکی منجر به افزایش رشد طولی می‌شوند مربوط به ترکیبات شبه جیبرلینی آن می‌شود (۳۸). تعداد بی‌شماری از گزارشات در مورد توانایی مواد هیومیکی روی افزایش رشد ساقه در ارقام مختلف گونه‌های گیاهی تحت شرایط گوناگون ارائه شده است که اثر تسریع کنندگی مواد هیومیکی روی رشد ساقه در درجه اول به خاطر تاثیر روی فعالیت H+-ATPase ریشه و توزیع نیترات ریشه در ساقه بوده که به نوبه خود منجر به تغییرات در توزیع مشخص سایتوکنین‌ها، پلی‌آمینها و ATP می‌شود، بنابراین روی رشد ساقه تاثیر می‌گذارد (۴۶).

محتوای نسبی آب برگ شاخص مناسبی برای بیان وضعیت آب در گیاهان بوده و وضعیت فراگیرتری از تعادل بین میزان عرضه آب نسبی برگ و میزان تعرق را نشان می‌دهد (۳۲). چنانچه محتوای نسبی آب برگ بالا باشد گیاه تورم سلولی خود را حفظ کرده و رشد آن تداوم می‌یابد (۴۵). در تحقیق حاضر افزایش شوری باعث کاهش این صفت گردید که نشان از اثر سوء شوری می‌باشد و کاربرد تخفیف‌دهنده‌ها باعث بهبود این صفت شد.

حفظ تمامیت غشاء سلولی طی شرایط تنش، نشانه‌ای از وجود مکانیزم‌های کنترلی در تحمل به پسابیدگی است. تنش‌های محیطی یکسری تغییرات را در فسفولیپیدهای غشاء ایجاد می‌کند، این تغییرات مشابه تنش سرما در دنباله‌های اسید چرب ایجاد می‌شود و در این تنش میزان اسیدهای چرب غیراشباع افزایش می‌یابند. در تنش‌های شدید بعضی از قسمت‌های فسفولیپیدهای دولایه‌ای غشاء حالت هگزاگونال (شش‌وجهی) و ساختار غشاء به ساختار منفذدار تبدیل و نشت مواد رخ می‌دهد (۱۸). در تحقیقی که توسط دانشمند (۱۳۹۳) بر روی سیب زمینی انجام

گرفت، تنش شوری موجب کاهش پارامترهای رشدی، کلروفیل کل و کارتنوئید شد ولی مقدار پراکسید هیدروژن، نشت یونی، پرولین و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی را افزایش داد در حالیکه کاربرد اسید آسکوربیک سبب کاهش میزان نشت یونی شده و سبب جبران خسارت وارده بر گیاه گردید (۱۴). در تحقیق حاضر نیز نشت یونی با افزایش تنش شوری به طور معنی‌داری بیشتر شده و کاربرد تخفیف‌دهنده‌ها به‌ویژه ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک برای سطوح تنش بالا و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک برای سطح تنش ۵۰ میلی‌مولار سبب کاهش معنی‌دار نشت یونی و بهبود اثر سوء تنش گردید.

کاهش هدایت روزنه‌ای عمدتا به دلیل اثرات اسمزی تنش شوری می‌باشد. بین هدایت روزنه‌ای و محتوای نسبی آب برگ انار رقم ملس ساوه ارتباط خطی و مثبت مشاهده شده است. کاهش تورژسانس برگ که با کاهش محتوای نسبی آب برگ همخوانی دارد، در شرایط تنش شوری حادث می‌شود که با تحریک سنتز اسید آبسیزیک باعث کاهش هدایت روزنه‌ای در گیاه می‌شود (۱۰).

رادیکال دی فنیل پیکریل هیدرازیل (DPPH) یک رادیکال آزاد است که به‌طور وسیع برای آزمایش پاک کردن رادیکال‌های آزاد مورداستفاده قرار می‌گیرد. در این تحقیق اثر عصاره بادرشبی در جاروب کردن رادیکال‌های آزاد DPPH مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایش حاکی از این بود که فعالیت آنتی‌اکسیدانی تحت تأثیر تنش شوری (۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار) افزایش یافت و کاربرد تخفیف-دهنده‌ها در شرایط تنش ۵۰ میلی‌مولار باعث افزایش معنی‌دار آن شد. Oueslati و همکاران (۴۲) نشان دادند که فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه پونه در شرایط تنش شوری بالاتر است. همچنین با افزایش سطوح تنش شوری میزان فنل کل نیز افزایش یافت. قدرت جاروب کردن رادیکال DPPH در ریشه‌چه گیاه برنج، با تنش سرمایی کاهش و با شوک گرمایی افزایش یافت (۲۸). افزایش میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در تنش ۵۰ میلی‌مولار توسط تخفیف‌دهنده-ها نسبت به شاهد احتمالا به‌دلیل افزایش مقاومت گیاه می-باشد.

تولید ترکیبات فنلی تحت اثر شوری در گیاهان مختلف پیشنهاد شده است. این ترکیبات آنتی‌اکسیدان‌های نیرومندی در بافت‌های گیاهی تحت تنش هستند و این ویژگی به علت ساختار اسکلتی و گروه فنلی این متابولیت‌هاست. گروه‌های هیدروکسیل آزاد متصل به حلقه آروماتیک توان جارو کردن رادیکال‌های آزاد را داشته، بدین لحاظ آسیب‌های اکسیداتیو را کاهش داده، ساختارهای سلولی را از تأثیرات منفی شوری محافظت می‌کنند (۱۵). در این تحقیق نیز میزان ترکیبات فنولیک کل گیاه در ابتدا در طی تنش شوری ۵۰ میلی‌مولار کاهش یافت که احتمالا به‌دلیل مقاومت گیاه نسبت به این سطح شوری می‌باشد و سپس در سطوح شوری ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار میزان آنها روند صعودی نشان داد.

افزایش پرولین در گیاهان به هنگام تنش، نوعی سازوکار دفاعی است. پرولین با چندین سازوکار مانند تنظیم اسمزی، جلوگیری از تخریب آنزیم، حفظ و سنتز پروتئین مقاومت گیاه را در برابر تنش‌ها بالا می‌برد. کاربرد اسیدسالیسیلیک در مقابل تنش می‌تواند باعث افزایش میزان پرولین گردد (۳۰). تحقیقی نشان داد که میزان پرولین تحت تنش شوری در گیاه *Ocimum basilicum* به صورت معنی‌داری افزایش یافت که نشان دهنده به کار افتادن سامانه مقاومتی گیاه و تولید اسمولیت در برابر آسیب‌های ناشی از تنش شوری در گیاه است. پیش تیمار اسید سالیسیلیک، میزان پرولین را در ریحان سبز افزایش داد (۶). یکی از دلایل افزایش پرولین احتمالا افزایش ABA درون‌زا می‌باشد که باعث القای تولید پرولین می‌شود. اسیدسالیسیلیک نیز احتمالا از طریق القای سنتز ترکیبات حدواسطی مثل ABA واکنش محافظت را ایجاد کرده و آسیب ناشی از شوری را در گیاه کاهش می‌دهد (۵۰).

هر چند مطالعات مستقیمی درباره اثر تنش‌های شوری و خشکی و تأثیر آن بر روی میزان فلاونوئیدهای بادرشبی مشاهده نگردید، اما مطالعات مختلفی در زمینه تغییر در تجمع ترکیب‌های فلاونوئیدی که گروهی از مهم‌ترین متابولیت‌های ثانویه گیاهی هستند در گیاهان مختلفی که تحت تأثیر تنش‌های مختلف قرار داده شده اند گزارش شده است (۲۵ و ۲۲).

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق دلالت بر آن دارد که شوری باعث القای اثرات منفی (کاهش صفات مربوط به ریشه، طول شاخه جانبی، محتوای نسبی آب برگ، هدایت روزنه‌ای، نشت الکترولیت، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل، پرولین) بر رشد و فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه بادرشبی شد. مواد هیومیکی و اسید آسکوربیک با القای تغییرات فیزیولوژیکی گیاه باعث کاهش اثرات منفی تنش شوری در گیاه بادرشبی شد، بطوری که در تنش ۵۰ میلی‌مولار شوری به طور معنی‌داری باعث افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی و فنل کل نسبت به شاهد شدند که این نشان از افزایش مقاومت گیاه و کاهش اثرات سوء تنش شوری دارد علاوه براین با توجه به نتایج آزمایش می‌توان بیان کرد که بادرشبی نسبت به تنش ۵۰ میلی‌مولار مقاوم می‌باشد و می‌توان در زمین‌های با این مقدار شوری اقدام به کشت این گیاه کرد. بنابراین در سطوح بالای تنش شوری می‌توان با کاربرد اسید هیومیک و اسید آسکوربیک به‌ویژه سطح ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر آن سبب جبران خسارت وارده به گیاه و تقویت سیستم ریشه‌ای آن شد و در نهایت عملکرد گیاه را افزایش داد.

تشکر وقدردانی

بدین وسیله از جناب آقای مهندس دانیال شکوهی و خانم سپیده مجرب به خاطر کمک‌هایشان در انجام این تحقیق نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

منابع

۱- امیدبیگی، ر. ۱۳۸۴. تولید و فرآوری گیاهان دارو ئی، جلد دوم، انتشارات آستان قدس رضو ی، ۴۳۸ ص.

۲- بریمانی، م . ۱۳۷۶. مطالعه تأ ثیر کودهای ازته در مراحل مختلف زندگی گیاه بادرشبو و میزان تولید اسانس آن، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم، ۱۳۵ ص.

۳- پاسبان اسلام, ب. ۱۳۸۹. تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه و روغن ژنوتیپ‌های پاییزه گلرنگ. علوم گیاهان زراعی ایران، ۴۲(۲): ۲۷۵-۲۸۳.

۴- جعفری، م. ۱۳۷۳. سیمای شوری و شور روی‌ها. موسسه جنگل‌ها و مراتع. نشریه شماره

۵- چمنی، ا.، بنیادی، م، و قنبری، ع. ۱۳۹۴. تاثیر اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر شاخص‌های رویشی گیاه زینتی دارویی پروانش (*Catharanthus Roseus* L.). نشریه علوم باغبانی، ۲۹(۴): ۶۳۱-۶۴۱.

۶- حاج باقری، س.، ش. انتشاری، پ. آقاسی، ف. میرزایان. ۱۳۹۱. بررسی اثرات تنش شوری بر گیاه ریحان سبز (*Ocimum basilicum* L.) تلقیح شده با دو گونه قارچ میکوریز *Glomus mossaea* و *Glumus intraradices*. اولین همایش ملی تنش‌های گیاهی غیرزیستی. اصفهان. ۱۰- ۱۱، ۶۷ صفحه.

۷- خدابخش، آ. و چاپارزاده، نادر. ۱۳۹۴. نقش آسکوربیک اسید در تقلیل اثرات اکسیداتیو شوری روی گیاه شاهی. مجله پژوهش-های گیاهی (مجله زیست شناسی ایران)، ۲۸ (۱): ۱۷۵ تا ۱۸۵.

۸- خیاط، م. ۱۳۹۲. تأثیر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ارقام انار شیشه کب و ملس ساوه در شرایط مزرعه و گلخانه. رساله ی دوره ی دکترا، دانشگاه فردوسی مشهد.

۹- دانشمند، ف. ۱۳۹۳. تأثیر آسکوربیک اسید در کاهش تنش اکسیداتیو حاصل از تنش شوری در سیب زمینی. مجله پژوهش-های گیاهی (مجله زیست شناسی ایران)، ۲۷ (۳): ۴۱۷ تا ۴۲۶.

۱۰- سلاح‌ورزی، ی.، گلدانی، م، نباتی, ج، و علیرضایی، م. ۱۳۹۰. تأثیر کاربرد برون‌زای آسکوربیک اسید بر برخی از تغییرات

فیزیوشیمیایی مرزنجوش (*Origanum majorana* L.) تحت تنش شوری. علوم باغبانی ایران، ۴۲(۲): ۱۵۹-۱۶۷.

۱۱- فیضی، م. ۱۳۸۱ . تأثیر شوری آب آبیاری بر عملکرد محصول گندم. مجله علوم خاک و آب، ۱۶ (۲): ۲۱۴- ۲۲۲.

۱۲- کافی، م. و دامغانی، ع. ۱۳۷۹. مکانیسم‌های مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی. انتشارات دانشگاه فردوسی. ۴۶۷ صفحه.

۱۳- ولدیانی، ع.، حسن زاده، ع و تاج بخش، م. ۱۳۸۴. بررسی اثرات تنش شوری برجوانه‌زنی ورشدگیاهچه ارقام جدیدوپرمحصول کلزای پاییزه (*Brassica napus* L.). مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، ۶۶ (۱): ۲۳ تا ۳۲.

۱۴- همایی، م. ۱۳۸۱. واکنش گیاهان به شوری. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران، ۹۷ صفحه.

15- Al-Amier, H. and Craker, L.E., 2007. In-vitro selection for stress tolerant spearmint. Issues in New Crops and New Uses, pp.306-310.

16- Asada, K., 1999. The water-water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons. Annual Review of Plant Biology, 50(1): 601-639.

17- Bates, L.S., Waldren, R.P. and Teare, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil, 39(1): 205-207.

18- Bhatt, R.M. and Srinivasa Rao, N.K., 2005. Influence of pod load on response of okra to water stress. Indian Journal of Plant Physiology, 10(1): 54-59.

19- Chang, C.C., Yang, M.H., Wen, H.M. and Chern, J.C., 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. Journal of Food and Drug Analysis, 10(3).

20- Demiral, M.A., Aydin, M. and Yorulmaz, A., 2005. Effect of salinity on growth chemical composition and antioxidative enzyme activity of two malting barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars. Turkish Journal of Biology, 29(2): 117-123.

21- Foyer, C.H., Lelandais, M. and Kunert, K.J., 1994. Photooxidative stress in plants. Physiologia Plantarum, 92(4): 696-717.

22- Fritz, C., Palacios□Rojas, N., Feil, R. and Stitt, M., 2006. Regulation of secondary metabolism by the carbon–nitrogen status in tobacco: nitrate inhibits large sectors of phenylpropanoid metabolism. The Plant Journal, 46(4): 533-548.

23- Good, A.G. and Zaplachinski, S.T., 1994. The effects of drought stress on free amino acid accumulation and protein synthesis in Brassica napus. Physiologia Plantarum, 90(1): .9-14.

24- Greenway, H. and Munns, R., 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. Annual Review of Plant Physiology, 31(1): 149-190.

25- Hashiba, K., Iwashina, T. and Matsumoto, S., 2006. Variation in the quality and quantity of flavonoids in the leaves of coastal and inland Campanula punctata. Biochemical Systematics and Ecology, 34(12): 854-861.

26- Hegi, G., 1957. Illustrierte Flora von Mittel-Europa: mit besonderer Berücksichtigung von Deutschland, Österreich und der Schweiz: zum Gebrauche in den Schulen und zum Selbstunterricht (Vol. 1). JF Lehmann.

27- Holm, Y., Hiltunen, R. and Nykanen, I., 1988. Capillary gas chromatographic□mass spectrometric determination of the flavour composition of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). Flavour and Fragrance Journal, 3(3): 109-112.

28- Kang, H.M. and Saltveit, M.E., 2002. Antioxidant enzymes and DPPH-radical scavenging activity in chilled and heat-shocked rice (*Oryza sativa* L.) seedlings radicles. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50(3): 513-518.

29- Khan, T., Mazid, M. and Mohammad, F., 2011. A review of ascorbic acid potentialities against oxidative stress induced in plants. Journal of Agrobiology, 28(2): 97-111.

30- Khosravi, S., Baghizadeh, A. and Nezami, M.T., 2011. The salicylic acid effect on the *Salvia officianlis* L. sugar, protein and proline contents under salinity (NaCl) stress. Journal of Stress Physiology & Biochemistry, 7(4).

31- Kulikova, N.A., Stepanova, E.V. and Koroleva, O.V., 2005. Mitigating activity of humic substances: direct influence on biota. In Use of humic substances to remediate polluted environments: from theory to practice (pp. 285-309). Springer Netherlands.

32- Kumar, A. and Elston, J., 1992. Genotypic differences in leaf water relations between *Brassica juncea* and *B. napus*. Annals of Botany, 70(1): 3-9.

33- Lutts, S., Kinet, J.M. and Bouharmont, J., 1995. Changes in plant response to NaCl during development of rice (*Oryza sativa* L.) varieties differing in salinity resistance. Journal of Experimental Botany, 46(12): 1843-1852.

34- Masciandaro, G., Ceccanti, B., Ronchi, V., Benedicto, S. and Howard, L., 2002. Humic substances to reduce salt effect on plant germination and growth. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 33(3-4): 365-378.

35- Meloni, D.A., Gulotta, M.R., Martínez, C.A. and Oliva, M.A., 2004. The effects of salt stress on growth, nitrate reduction and proline and glycinebetaine accumulation in *Prosopis alba*. Brazilian Journal of Plant Physiology, 16(1): 39-46.

36- Moon, J.H. and Terao, J., 1998. Antioxidant activity of caffeic acid and dihydrocaffeic acid in lard and human low-density lipoprotein. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46(12): 5062-5065.

37- Mustyatse, G. I. 1980. Kultivarya plantelor aromatiche. Kart. Mold. Kirinev.

38- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. and Vianello, A., 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry, 34(11): 1527-1536.

39- Nemat Alla, M.M., Younis, M.E., El-Shihaby, O.A. and El-Bastawisy, Z.M., 2002. Kinetin regulation of growth and secondary metabolism in waterlogging and salinity treated *Vigna sinensis* and *Zea mays*. Acta Physiologiae Plantarum, 24(1): 19-27.

40- Netondo, G.W., Onyango, J.C. and Beck, E., 2004. Sorghum and salinity: I. Response of growth, water relations, and ion accumulation to NaCl salinity. Crop Science, 44(3): 797.

41- Noctor, G. and Foyer, C.H., 1998. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. Annual Review of Plant Biology, 49(1): 249-279.

42- Oueslati, S., Karray-Bouraoui, N., Attia, H., Rabhi, M., Ksouri, R. and Lachaal, M., 2010. Physiological and antioxidant responses of *Mentha pulegium* (Pennyroyal) to salt stress. Acta Physiologiae Plantarum, 32(2): 289-296.

43- Parida, A.K. and Das, A.B., 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety, 60(3): 324-349.

44- Pignocchi, C. and Foyer, C.H., 2003. Apoplastic ascorbate metabolism and its role in the regulation of cell signalling. Current Opinion in Plant Biology, 6(4): 379-389.

45- Rao, M.S.S. and Mendham, N.J., 1991. Soil–plant–water relations of oilseed rape (*Brassica napus* and *B. campestris*). The Journal of Agricultural Science, 117(2):197-205.

46- Rubio, V., Bustos, R., Irigoyen, M.L., Cardona-López, X., Rojas-Triana, M. and Paz-Ares, J., 2009. Plant hormones and nutrient signaling. Plant Molecular Biology, 69(4): 361-373.

47- Sadasivam, S. and Manickam, A., 1992. Biochemical Methods for Agricultural Sciences. Wiley Eastern Limited.

48- Saeid Nejad, A.H. and Rezvani Moghaddam, P., 2011. Evaluation of compost, vermicompost and cattle manure application on yield, yield components and essential oil percent in cumin (*Cuminum cyminum*). Journal of Horticultural Science 24(2): 142-148.

49- Said-Al Ahl, H.A.H. and Omer, E.A., 2011. Medicinal and aromatic plants production under salt stress. A review. Herba Polonica, 57(1): 72-87.

50- Sakhabutdinova, A.R., Fatkhutdinova, D.R., Bezrukova, M.V. and Shakirova, F.M., 2003. Salicylic acid prevents the damaging action of stress factors on wheat plants. Bulgarian Journal of Plant Physioogiyl, 21: 314-319.

51- Sánchez, F.J., Manzanares, M., de Andres, E.F., Tenorio, J.L. and Ayerbe, L., 1998. Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. Field Crops Research, 59(3): 225-235.

52- Albayrak, S. and Camas, N., 2005. Effects of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield components of forage turnip (*Brassica rapa* L.). Journal of Agronomy.

53- Singleton, V.L. and Rossi, J.A., 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 16(3): 144-158.

54- Khan, T., Mazid, M. and Mohammad, F., 2011. A review of ascorbic acid potentialities against oxidative stress induced in plants. Journal of Agrobiology, 28(2): 97-111.

55- Vaughan, D. and Linehan, D.J., 1976. The growth of wheat plants in humic acid solutions under axenic conditions. Plant and Soil, 44(2): 445-449.

Evaluation of salinity adjusted by using humic acid and ascorbic acid in medicinal plant of moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.)

Narimani R.[1], Moghaddam M.[1], Nemati S.H.[2] and Ghasemi Pirbaluti A.[2]

[1] **Dept. of Horticulture Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, I.R. of Iran**

[2] **Dept. of Agriculture, Islamic Azad University of Shahrekord, Shahrekord, I.R. of Iran**

Abstract

Salinity stress is one of the most important factors in yield loss and production of field crops, horticulture and herbs in the world. Humic acid as an organic acid and ascorbate as a powerful antioxidant can be effective to improve the yield in saline conditions. In order to evaluate adjusting salinity by using humic acid and ascorbic acid in Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.), factorial experiment in a completely randomized design with three replications was conducted. Experimental treatments included salinity at four levels (0, 50, 100 and 150 mM), humic acid and ascorbic acid in three levels (0, 100 and 200 mg/l). Growth characteristics of plant such as subshrub length, inflorence length and root traits showed a significant decrease compared to control by increasing salinity stress and application of humic acid and ascorbic acid at both levels (mainly levels of 200 mg/l) have been improved these characteristics in comparison with control plants. Relative water content also decreased by salinity stress and the application of 100 and 200 mg/l of humic acid and ascorbic acid (to some extent) could compensation this damage. Also Electrical conductivity increased significantly under salinity stress and the usages of humic acid improve this trait. Antioxidant activity and total phenol decreased in 50 mM stress and by increasing salinity levels to 100 and 150 mM increased them. Prolin in different stress levels (50, 100 and 150 mM) was more than control (no salinity) and application of humic acid and high levels of ascorbic acid (200 mg/l) was reduced proline. This result could indicate moderating effect of the mitigation on physiological processes and growth characteristics of Moldavian balm plant under salinity stress, especially in high levels of their usage (200 mg/l).

Key words: Salinity stress, Humic acid, Ascorbic acid, Antioxidant activity, Moldavian balm