

تأثیر محلول پاشی اسید سالیسیلیک و سلینیوم بر تحمل تنش شوری و عملکرد اسانس گیاه بادرشبویه (*Dracocephalum moldavica* L.)

نسرین دانشور راد^۱، نورعلی ساجدی^{۲*} و محمدرضا نائینی^۳

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم باغبانی، مؤسسه آموزش عالی مهرگان، محلات، ایران

۲- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

پست الکترونیک: N-Sajedi@iau-arak.ac.ir

۳- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قم، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قم، ایران

تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۷

تاریخ اصلاح نهایی: شهریور ۱۳۹۷

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۷

چکیده

اسید سالیسیلیک و سلینیوم ترکیب‌هایی با خواص آنتی‌اکسیدانی هستند و باعث بهبود رشد گیاهان در شرایط تنش می‌شوند. به منظور بررسی تأثیر کاربرد اسید سالیسیلیک و سلینیوم بر برخی خصوصیات رویشی و زایشی، عملکرد اسانس و نسبت پتاسیم به سدیم در گیاه دارویی بادرشبویه (*Dracocephalum moldavica* L.) در شرایط تنش شوری، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار در شرایط گلخانه در سال ۱۳۹۴ انجام شد. عوامل مورد بررسی شامل کاربرد سلینیوم در سه سطح (عدم مصرف، محلول پاشی با غلظت ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر)، کاربرد اسید سالیسیلیک در دو سطح (عدم مصرف و محلول پاشی با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار) و شوری ناشی از کلرید سدیم در دو سطح (عدم شوری و شوری با غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار) بودند. نتایج نشان داد که تنش شوری صفات تعداد برگ فعال در بوته و ارتفاع بوته را کاهش و تعداد گل و عملکرد اسانس را افزایش داد. نتایج نشان داد که در شرایط تنش شوری، مصرف سلینیوم و اسید سالیسیلیک به تنهایی و به صورت توأم علاوه بر اینکه باعث کاهش اثرهای منفی ناشی از تنش شوری بر صفات ارتفاع بوته و تعداد برگ فعال شد، افزایش عملکرد اسانس را نیز در پی داشت. افزون بر آن، مصرف توأم این دو ماده در شرایط شوری باعث افزایش نسبت پتاسیم به سدیم در برگ نسبت به ریشه شد. نتایج کلی بیانگر این است که محلول پاشی توأم سلینیوم و اسید سالیسیلیک می‌تواند علائم تنش شوری را در گیاه بادرشبویه تعدیل نماید.

واژه‌های کلیدی: بادرشبویه (*Dracocephalum moldavica* L.)، برگ فعال، گیاه دارویی، نسبت پتاسیم/سدیم.

مقدمه

اسانس برخوردار می‌باشند (Omidbaigi, 2011). اسانس بادرشبویه دارای خواص ضد باکتری و ضد قارچ می‌باشد و مواد مؤثره موجود در اندام‌های رویشی آن نیز آرام‌بخش و اشتهاآور هستند. ضمن اینکه برای مداوای دل‌درد، نفخ و ناراحتی‌های معده نیز از این گیاه استفاده می‌شود. افزون بر آن، بادرشبویه در صنایع مختلف مانند صنایع غذایی،

بادرشبویه (*Dracocephalum moldavica* L.) گیاهی دارویی از خانواده نعناعیان (Laminaceae) است، این گیاه بومی آسیای مرکزی می‌باشد و در مرکز و شرق اروپا اهلی شده است. کلیه بخش‌های هوایی گیاه دارای اسانس است ولی گل، برگ‌ها و ساقه‌های جوان آن از بیشترین میزان

نخود (*Cicer arietinum* L.) را در شرایط تنش خشکی تحریک کرد (Vaisnad & Taleb, 2015). در تحقیقی (Mohammadzadeh Toutouchi & Amirnia, 2013) تأثیر اسید سالیسیلیک بر جوانه زنی و رشد گیاهچه بادرشوبیه تحت تنش شوری مورد بررسی قرار گرفت؛ نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که اسید سالیسیلیک درصد جوانه زنی و پارامترهای رشدی بادرشوبیه را بهبود بخشید و منجر به افزایش مقاومت گیاهچه‌ها نسبت به تنش شوری و کاهش میزان نشت الکترولیتی شد. گزارش شده است که محلول پاشی اسید سالیسیلیک در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در شرایط شوری، باعث کاهش معنی دار مقدار سدیم و پتاسیم برگ شد، که بیانگر بهبود اثر شوری با محلول پاشی اسید سالیسیلیک می‌باشد (Delavari Parizi et al., 2012).

سلنیوم یک عنصر ضروری برای انسان و جانوران می‌باشد که بهترین روش برای ورود آن به زنجیره غذایی انسان و دام، استفاده از گیاهان می‌باشد (Zeng, 2009). گزارش شده است که سلنیوم موجب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در برخی گیاهان شده و مقاومت گیاه را در برابر تنش‌های محیطی افزایش می‌دهد (Lyons et al., 2009). استفاده از سلنیوم از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (گلوکاتایون پراکسیداز، کاتالاز و سوپر اکسید دیسموتاز)، افزایش غلظت رنگدانه‌های گیاهی، افزایش فتوسنتز خالص و جذب پتاسیم و کاهش جذب سدیم تحمل شوری در گیاهان را افزایش می‌دهد (Hasanuzzaman et al., 2013). گزارش شده است که محلول پاشی کدو تخم کاغذی با سلنیوم موجب تحریک میوه‌دهی و افزایش عملکرد میوه می‌گردد (Germ et al., 2005). بنابراین علاوه بر اثر مفید سلنیوم در تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی، استفاده از این عنصر در قالب کود می‌تواند موجب بهبود رشد و ورود آن به زنجیره غذایی دام و انسان شود (Zhu et al., 2009). با توجه به اهمیت موضوع و فقدان پژوهش‌های مرتبط با آن در کشور، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر

نوشابه‌سازی، آرایشی و بهداشتی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (Hussein et al., 2006).

گیاهان اغلب در معرض تنش‌های غیرزیستی از قبیل شوری، خشکی، درجه حرارت‌های بالا و پایین و غیره قرار می‌گیرند که به شدت بر عملکرد آنها تأثیر منفی بر جای می‌گذارد (Ahmad & Prasad, 2012). شوری یکی از اصلی‌ترین عوامل تنش‌زا است که بهره‌وری گیاهان زراعی را محدود می‌کند. اثر تنش شوری بر رشد و نمو و تولید گیاهان به ژنوتیپ گیاه و عوامل محیطی مختلفی مانند غلظت نمک و مدت زمان قرار گرفتن در معرض نمک بستگی دارد (Munns et al., 2002). شناسایی روش‌هایی که موجب تعدیل اثر شوری شود و تا حدودی از افت عملکرد گیاهان جلوگیری کند، می‌تواند از راه‌های مقابله با این مشکل باشد (Munns et al., 2006). اثر تعدیل‌کننده‌های شوری از قبیل هورمون‌های گیاهی (اسید جیبرلیک، اسید جاسمونیک، براشسینواستروئیدها و اسید سالیسیلیک) و برخی عناصر مفید مانند سلنیوم در دهه اخیر مورد مطالعه قرار گرفته است (Iqbal et al., 2012).

اسید سالیسیلیک یک ترکیب فنلی است که به دلیل فعالیت‌های شبه هورمونی در گیاهان شناخته شده است. این ترکیب نقش مهمی در بسیاری از فرایندهای حیاتی گیاه از جمله گلیکولیز، جوانه زنی، تنظیم رشد و نمو گیاه، جذب و انتقال یون، میزان فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، تعرق، گلدهی و عملکرد میوه ایفاء می‌کند (Khan et al., 2007; Eraslan et al., 2007). افزودن بر آن، نقش اسید سالیسیلیک در تعدیل اثر انواع تنش‌های زیستی و غیرزیستی بسیار حائز اهمیت است (Abul-Soud & Abd-Elrahman, 2016). اسید سالیسیلیک تحمل به تنش شوری گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) را افزایش داد (Jamshidi Jam et al., 2012). محلول پاشی گیاه صبرزرد (*Aloe vera* L.) با اسید سالیسیلیک، صفات طول برگ، محتوای ژل برگ و وزن تر اندام هوایی را افزایش داد (Abdollahi et al., 2011). گزارش شده است که محلول پاشی اسید سالیسیلیک فعالیت فتوسنتزی، تجمع ترکیب‌های اسمزی و رشد گیاه

هزار ضد عفونی شدند و بعد از سه مرحله شستشو با آب مقطر داخل گلدان‌هایی که با یک سوم کود دامی پوسیده، یک سوم ماسه بادی و یک سوم خاک باغچه پر شده بودند، کشت گردیدند. نتایج آزمایش ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در گلدان‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. گلدان‌های مورد استفاده از جنس پلاستیک به قطر ۱۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر بودند. در هر گلدان ۱۰ بذر کشت شد و بعد از تنک کردن بوته‌ها، تعداد دو بوته حفظ شد. در مرحله چهار تا پنج برگی گیاهچه‌ها با غلظت‌هایی از سلنیوم و اسید سالیسیلیک که پیش‌تر به آن اشاره شد محلول‌پاشی شدند. برای این منظور ابتدا اسید سالیسیلیک در الکل حل شد. آنگاه محلول‌پاشی در دو مرحله دیگر با فاصله یک هفته‌ای تکرار شد. همزمان با آخرین محلول‌پاشی تیمارهای شوری اعمال گردید. گلدان‌های دارای تیمار شوری، هر سه روز یک‌بار با مقدار ۱۵۰ میلی‌لیتر از محلول کلرید سدیم آبیاری شدند. ۴۲ روز بعد از اعمال تیمارها و در اواسط مرحله گلدهی، صفات ارتفاع ساقه، تعداد برگ فعال در بوته، تعداد گل در بوته، وزن تر برگ و ساقه، درصد اسانس، محتوای پتاسیم و سدیم برگ و ریشه اندازه‌گیری شد.

برخی خصوصیات رویشی و زایشی، عملکرد اسانس و نسبت پتاسیم به سدیم در گیاه دارویی بادرشبویه تحت تنش شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر کاربرد سلنیوم و اسید سالیسیلیک بر برخی خصوصیات رویشی و زایشی (شامل ارتفاع بوته، تعداد برگ فعال در بوته و تعداد گل در بوته)، عملکرد اسانس و نسبت پتاسیم به سدیم در گیاه دارویی بادرشبویه تحت تنش شوری، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۲ تیمار در سه تکرار در گلخانه مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی شهرستان قم با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد در روز و ۱۵ درجه سانتی‌گراد در شب، در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ انجام شد. عوامل مورد بررسی شامل کاربرد سلنیوم در سه سطح (عدم مصرف، محلول‌پاشی ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر) به صورت محلول‌پاشی از منبع سلنات سدیم، مصرف اسید سالیسیلیک در دو سطح (عدم مصرف و محلول‌پاشی با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار) و شوری ناشی از کلرید سدیم در دو سطح (عدم شوری و شوری با غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار) بودند. بذرها قبل از کاشت با هیپوکلریت سدیم یک در

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک گلدان‌های مورد آزمایش

بافت	مواد خنثی شونده (%)	قدرت نگهداری آب (%)	کربن آلی (%)	نیتروژن کل (%)	پتاسیم قابل دسترس (ppm)	فسفر قابل دسترس (ppm)	اسیدیته گل اشباع	هدایت الکتریکی (dS/m)
رسی	۲۲	۴۵	۲/۴۶	۰/۲۱	۴۷۰	۱۷	۷/۰۲	۱/۲

نمونه، نسبت به وزن تر تعیین و ثبت شد. عملکرد اسانس از حاصل‌ضرب درصد اسانس در ماده خشک تعیین شد. برای اندازه‌گیری مقدار سدیم و پتاسیم در ریشه‌ها و بخش‌های هوایی از روش خاکستر خشک استفاده شد. برای این منظور نمونه‌ها در آون در دمای ۹۰ درجه

برای اندازه‌گیری اسانس، پس از برداشت اندام هوایی گیاه در مرحله گلدهی کامل و خشک کردن آنها، میزان ۱۰۰ گرم از اندام خشک شده انتخاب و با استفاده از دستگاه کلونجر و به روش تقطیر با آب به مدت سه ساعت اسانس‌گیری شد. درصد اسانس مربوط به هر

نداشت. با توجه به نتایج، در شرایط عدم شوری، با محلول پاشی ۲۰ میلی‌گرم در لیتر سلینیوم، تعداد گل در بوته (۴۴/۳۳) نسبت به شاهد (۴۰/۳۳) ۹/۹٪ افزایش یافت. در شرایط شوری، محلول پاشی ۲۰ میلی‌گرم در لیتر سلینیوم تأثیری بر تعداد گل در بوته نداشت (۴۸/۶۶) نسبت به (۴۵/۳۳) ولی محلول پاشی ۴۰ میلی‌گرم در لیتر سلینیوم به تنهایی یا توأم با اسید سالیسیلیک تعداد گل در بوته را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد (۵۰/۳۳ و ۵۶/۰۰ نسبت به ۴۵/۳۳) (جدول ۴).

اثر سلینیوم بر عملکرد اسانس در سطح احتمال ۵٪ و اثر اسید سالیسیلیک و شوری بر عملکرد اسانس در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج نشان داد که با محلول پاشی ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر سلینیوم، عملکرد اسانس به ترتیب ۱۷/۳٪ و ۲۶٪ نسبت به شاهد افزایش یافت. با محلول پاشی اسید سالیسیلیک عملکرد اسانس به میزان ۳۰/۷٪ افزایش یافت. با اعمال شوری عملکرد اسانس ۴۲/۸٪ افزایش یافت (جدول ۳).

اثر شوری بر میزان سدیوم برگ در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد. همچنین اثر سلینیوم بر میزان سدیوم در سطح احتمال ۵٪ و اثر اسید سالیسیلیک و شوری بر میزان سدیوم در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج نشان داد که در تیمار شاهد میزان سدیوم ریشه (۰/۰۶۲) بیشتر از سدیوم برگ (۰/۰۳۰) بود. با اعمال شوری میزان سدیوم برگ (۰/۰۹۴) سه برابر و میزان سدیوم ریشه (۰/۰۷۵) ۱/۲ برابر افزایش نشان داد (جدول ۳). با محلول پاشی ۴۰ میلی‌گرم در لیتر سلینیوم، میزان سدیوم ریشه (۰/۰۶) نسبت به شاهد (۰/۰۷۳) ۲۱٪ و با محلول پاشی اسید سالیسیلیک میزان سدیوم ریشه (۰/۰۶۱) نسبت به شاهد (۰/۰۷۶) ۲۴٪ کاهش نشان داد (جدول ۳). اثر ساده شوری و اسید سالیسیلیک و اثر متقابل اسید سالیسیلیک و سلینیوم بر میزان پتاسیم برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. همچنین اثر سلینیوم بر پتاسیم ریشه در سطح احتمال ۵٪ و اثر ساده شوری و اسید سالیسیلیک و اثر متقابل دوگانه و سه‌گانه تیمارها بر

سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شده، سپس ۱۰۰ گرم نمونه خشک توزین شد و برای اندازه‌گیری پتاسیم و سدیم در کوره خاکستر شدند. سپس برای هضم نمونه‌ها از اسید هیدروکلریک دو نرمال استفاده شد. در نهایت عصاره از صافی عبور داده شد و با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد و با استفاده از دستگاه فلیم‌فوتومتر (JENVAY modles PFP7)، محتوای سدیم و پتاسیم اندازه‌گیری شد (Allen, 1974). غلظت عناصر سدیم و پتاسیم بر حسب درصد ماده خشک گیاه محاسبه گردید.

نتایج

نتایج نشان داد که اثر تنش شوری بر گیاه بادرشویه بر صفات تعداد برگ فعال در بوته و ارتفاع بوته در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که با اعمال تنش شوری تعداد برگ فعال در بوته و ارتفاع بوته به ترتیب به میزان ۶۲/۳٪ و ۴۶/۵٪ کاهش یافت (جدول ۳). نتایج نشان داد که اگرچه مصرف سلینیوم باعث افزایش ارتفاع بوته و تعداد برگ فعال در بوته شد، اما این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. این در حالی بود که محلول پاشی اسید سالیسیلیک باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته و تعداد برگ فعال شد (جدول ۳).

با توجه به نتایج، اثر ساده سلینیوم و شوری و اثر متقابل دوگانه اسید سالیسیلیک در سلینیوم، همچنین سلینیوم در شوری بر تعداد گل در بوته در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل سه‌گانه تیمارها بر تعداد گل در بوته در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه تیمارها نشان داد که بالاترین تعداد گل در بوته (۵۶/۰۰) در تیمار استفاده توأم ۴۰ میلی‌گرم در لیتر سلینیوم و محلول پاشی ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم مشاهده شد. در شرایط عدم شوری، اسید سالیسیلیک تأثیری بر تعداد گل در بوته (۴۱/۳۳)

و ریشه در سطح احتمال ۱٪ تحت تأثیر اثر ساده سلنیوم، اسید سالیسیلیک و شوری و اثر متقابل سه‌گانه تیمارها قرار گرفت (جدول ۲). نتایج اثر متقابل سه‌گانه تیمارها نشان داد که در شرایط عدم شوری با محلول‌پاشی ۴۰ میلی‌گرم در لیتر سلنیوم و ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک نسبت پتاسیم به سدیم برگ (از ۷۶/۶۱ به ۱۸۰/۰) و ریشه (از ۶۶/۲۸ به ۸۶/۴۳) در مقایسه با شاهد افزایش نشان داد. نتایج اثر متقابل تیمارها نشان داد که در شرایط شوری با محلول‌پاشی ۲۰ میلی‌گرم در لیتر سلنیوم و ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک نسبت پتاسیم به سدیم برگ (از ۵۲/۴۸ به ۷۱/۹۷) و ریشه (از ۲۲/۷۷ به ۳۸/۱۰) به ترتیب نسبت به شاهد ۳۷٪ و ۶۷٪ افزایش نشان داد. با توجه به نتایج، اثر متقابل مصرف اسید سالیسیلیک و سلنیوم در شرایط شور باعث افزایش معنی‌دار نسبت پتاسیم به سدیم برگ نسبت به ریشه شد (جدول ۴).

پتاسیم ریشه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که با محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک میزان پتاسیم برگ (از ۳/۸۴ به ۳/۱۷) کاهش یافت. با اعمال شوری میزان پتاسیم برگ (از ۲/۷۸ به ۴/۲۳) افزایش یافت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه تیمارها نشان داد که با اعمال شوری، میزان پتاسیم ریشه کاهش یافت. در شرایط بدون شوری، مصرف اسید سالیسیلیک و سلنیوم تأثیری بر محتوای پتاسیم ریشه نداشت؛ اما در شرایط شوری، محلول‌پاشی ۲۰ میلی‌گرم در لیتر توأم با ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک، محتوای پتاسیم ریشه را از ۱/۹۲ در تیمار شاهد به ۲/۹۶ به‌طور معنی‌داری افزایش داد (جدول ۴). نتایج این تحقیق نشان داد که اعمال شوری باعث کاهش غلظت پتاسیم ریشه شد، در حالی‌که مصرف اسید سالیسیلیک باعث افزایش غلظت پتاسیم ریشه شد (جدول ۳). نسبت پتاسیم به سدیم برگ

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر تیمارهای سلنیوم و اسید سالیسیلیک بر صفات اندازه‌گیری شده بادرشویه در شرایط تنش شوری

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد برگ در بوته	تعداد گل در بوته	عملکرد اسانس	سدیم برگ	پتاسیم برگ	نسبت پتاسیم به سدیم برگ	سدیم ریشه	پتاسیم ریشه	نسبت پتاسیم به سدیم ریشه
سلنیوم	۲	۳۶/۶۵**	۵۸۲۸/۱۱ns	۱۱۰/۷۷**	۴۳/۰۲*	-/۰۰۷ns	-/۰۳ns	۳۶۱۷/۶۰**	-/۰۰۰۶*	۱/۲۷*	۵۴۴/۷۰**
اسید سالیسیلیک	۱	۲۲۷/۵۵*	۳۹۴۶۸/۴۴**	۴/۶۹ns	۱۶۹/۳۹**	-/۰۰۶ns	۳/۹۵**	۳۶۴/۳۰ns	-/۰۰۲۰۷**	۳/۷۴۴**	۷۵۴/۳۵**
شوری	۱	۱۶۲۷/۷۱**	۱۰۵۱۹۲/۱۱**	۲۹۴/۶۹**	۲۹۶/۰۸**	-/۰۳۶*	۱۹/۰۳**	۴۰۳۳۱/۳۵**	-/۰۰۰۱۶**	۳۱/۶۰**	۵۴۰/۹۰**
سلنیوم × اسید سالیسیلیک	۲	۱۷۶/۳۱ns	۵۴۹۶/۷۷ns	۳۰/۱۱**	۱۶/۲۵ns	-/۰۰۵ns	۲/۴۱*	۹۴۴۸/۸۹**	-/۰۰۰۳۱ns	۱/۶۱**	۶۲/۶۶ns
سلنیوم × شوری	۲	۸۹/۷۴ns	۵۵۵/۱۱ns	۳۳/۴۴**	۹/۱۴ns	-/۰۰۲ns	-/۰۴ns	۱۱۷۶/۳۲**	-/۰۰۰۰۴ns	۱/۷۰**	۱/۸۵ns
اسید سالیسیلیک × شوری	۱	-/۳۰۴ns	۱۲۶۱۸/۷۷*	۲/۲۵۰ns	۱۴/۴۹ns	-/۰۰۷ns	-/۲۵ns	۲۰۳/۵۳۳ns	-/۰۰۰۰۶ns	۶/۱۵**	۶۲۲۲/۶۱**
سلنیوم × اسید سالیسیلیک × شوری	۲	۲۹/۳۹ns	۵۸۵۴/۸۸ns	۱۹/۰۰*	۴/۱۲ns	-/۰۰۵ns	-/۰۲ns	۹۴۲۷/۸۶**	-/۰۰۰۰۳۲ns	۱/۷۰**	۶۱۶/۶۸**
خطای آزمایش	۲۴	۳۲/۵۷	۲۵۹۶/۴۴	۴/۲۵	۱۶/۱۰	-/۰۰۶	-/۰۴۸	۶۱/۲۱	-/۰۰۰۰۱	-/۰۲۸	۵۸/۵۶
درصد ضریب تغییرات	-	۱۶/۰۱	۲۲/۴۰	۴/۵۶	۱۹/۵۹	۱۳/۲	۱۹/۷۷	۸/۲۰	۱۷/۹۴	۱۷/۷۸	۱۵/۶۷

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر ساده سلنیوم و سالیسیلیک اسید بر صفات اندازه گیری شده بادرشبویه در شرایط تنش شوری

تیمارها	ارتفاع بوته	تعداد برگ در بوته	تعداد گل در بوته	عملکرد اسانس (میلی گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر)	سدیم برگ (درصد ماده خشک)	پتاسیم برگ (درصد ماده خشک)	نسبت پتاسیم به سدیم برگ	سدیم ریشه (درصد ماده خشک)	پتاسیم ریشه (درصد ماده خشک)	نسبت پتاسیم به سدیم ریشه
سلنیوم										
عدم مصرف سلنیوم	۳۳/۶۲a	۲۰۲/۰۰a	۴۲/۴۱c	۱۴/۲۱b	۰/۰۵۹a	۳/۴۵a	۷۶/۷۹c	۰/۰۷۳a	۳/۲۳a	۴۹/۲۹a
محلول پاشی ۲۰ میلی گرم در لیتر	۳۶/۵۸a	۲۳۸/۸۳a	۴۴/۵۸b	۱۶/۶۸ab	۰/۰۳۹a	۳/۵۱a	۱۱۱/۱۹a	۰/۰۷۲a	۳/۱۳a	۵۵/۳۵a
محلول پاشی ۴۰ میلی گرم در لیتر	۳۶/۷۱a	۲۴۰/۵a	۴۸/۴۱a	۱۷/۹۳a	۰/۰۸۸a	۳/۵۶a	۹۸/۰۹a	۰/۰۶b	۲/۶۲b	۴۱/۷۸b
اسید سالیسیلیک										
عدم مصرف اسید سالیسیلیک	۳۶/۷۱b	۱۹۴/۳۳b	۴۵/۵۰a	۱۴/۱۰b	۰/۰۴۹a	۳/۸۴a	۹۸/۵۴a	۰/۰۷۶a	۲/۶۷b	۴۱/۸۲b
محلول پاشی ۰/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک	۳۸/۱۵a	۲۶۰/۵۶a	۴۴/۷۷a	۱۸/۴۴a	۰/۰۷۵a	۳/۱۷b	۹۲/۱۸b	۰/۰۶۱b	۳/۳۲a	۵۵/۷۹a
شوری										
بدون تیمار شوری	۴۲/۳۶a	۲۸۱/۵۰a	۴۲/۲۷b	۱۳/۴۰b	۰/۰۳۰b	۲/۷۸b	۱۲۸/۸۳a	۰/۰۶۲b	۳/۹۳a	۷۱/۵۰a
مصرف ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم	۲۸/۹۱b	۱۷۳/۳۹b	۴۸/۰۰a	۱۹/۱۴a	۰/۰۹۴a	۴/۲۳a	۶۱/۸۹b	۰/۰۷۵a	۲/۰۶b	۲۶/۱۱b

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل (سه گانه) سلنیوم و اسید سالیسیلیک بر صفات اندازه گیری شده بادرشبوویه در شرایط تنش شوری

تیمارها	تعداد گل در بوته	نسبت پتاسیم به سدیم برگ	پتاسیم ریشه (درصد ماده خشک)	نسبت پتاسیم به سدیم ریشه
عدم مصرف سلنیوم × عدم مصرف اسید سالیسیلیک × بدون شوری	۴۰/۳۳f	۷۶/۶۱ef	۴/۲۰a	۶۶/۲۸bc
عدم مصرف سلنیوم × محلول پاشی ۰/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک × بدون شوری	۴۱/۳۳ef	۱۲۴/۸c	۴/۶۳a	۷۷/۹۰ab
محلول پاشی ۲۰ میلی گرم در لیتر سلنیوم × عدم مصرف اسید سالیسیلیک × بدون شوری	۴۴/۳۳de	۲۰۸/۷a	۲/۴۹b	۶۳/۹۶c
محلول پاشی ۲۰ میلی گرم در لیتر سلنیوم × محلول پاشی ۰/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک × بدون شوری	۴۰/۳۳f	۷۹/۲۸ef	۴/۷۸a	۹۱/۲۶a
محلول پاشی ۴۰ میلی گرم در لیتر سلنیوم × عدم مصرف اسید سالیسیلیک × بدون شوری	۴۴/۰۰def	۱۰۳/۵d	۲/۹bc	۴۳/۱۸d
محلول پاشی ۴۰ میلی گرم در لیتر سلنیوم × محلول پاشی ۰/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک × بدون شوری	۴۳/۳۳def	۱۸۰/۰b	۴/۶۰a	۸۶/۴۳a
عدم مصرف سلنیوم × عدم مصرف اسید سالیسیلیک × مصرف ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم	۴۵/۳۳cd	۵۲/۴۸gh	۱/۹۲c	۲۲/۷۷fg
عدم مصرف سلنیوم × محلول پاشی ۰/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک × مصرف ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم	۴۲/۶۶def	۵۳/۲۷gh	۲/۱۸b	۳۰/۲۰def
محلول پاشی ۲۰ میلی گرم در لیتر سلنیوم × عدم مصرف اسید سالیسیلیک × مصرف ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم	۴۸/۶۶bc	۸۴/۷۹e	۲/۲۹bc	۲۸/۰۹ef
محلول پاشی ۲۰ میلی گرم در لیتر سلنیوم × محلول پاشی ۰/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک × مصرف ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم	۴۵/۰۰de	۷۱/۹۷ef	۲/۹۶b	۳۸/۱۰de
محلول پاشی ۴۰ میلی گرم در لیتر سلنیوم × عدم مصرف اسید سالیسیلیک × مصرف ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم	۵۰/۳۳b	۶۵/۰۷fg	۲/۲۴bc	۲۶/۶۸ef
محلول پاشی ۴۰ میلی گرم در لیتر سلنیوم × محلول پاشی ۰/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک × مصرف ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم	۵۶/۰۰a	۴۳/۷۴h	۰/۷۶d	۱۰/۸۴g

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

بحث

براساس نتایج این تحقیق، تنش شوری باعث کاهش ارتفاع بوته و تعداد برگ فعال در گیاه بادرشوبیه شد. کاهش رشد به‌ویژه کاهش رشد اندام‌های هوایی، یکی از عوامل زیان‌بار تنش شوری در بیشتر گونه‌های گیاهی می‌باشد که از آن به‌عنوان معیاری برای تعیین میزان تحمل به شوری در گیاهان استفاده می‌گردد (Munns et al., 2002؛ Munns et al., 2006). نتایج بررسی Khorasaninejad و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد که تنش شوری باعث کاهش طول ساقه، ریشه و طول میان‌گره در گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) شد. این نتایج تحقیق نشان داد که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم، ارتفاع بوته و تعداد برگ فعال در گیاه را افزایش داد. به احتمال فراوان، یکی از دلایل بهبود رشد ناشی از سلنیوم در شرایط تنش‌های مختلف محیطی افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان می‌باشد (Hartikainen et al., 2000). گزارش شده است که کاربرد اسید سالیسیلیک باعث افزایش مقدار پرولین و کلروفیل برگ در گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) شد (Arzandi, 2014).

با توجه به نتایج می‌توان به این نکته اشاره نمود که به‌نظر می‌رسد افزایش تعداد گل در بوته، ناشی از کاهش رشد رویشی بوته‌ها در اثر تنش شوری باشد که در نتیجه آن ارتفاع بوته‌ها کاهش و بوته‌ها زودتر گل دادند؛ در نتیجه تعداد گل بیشتری نسبت به تیمارهای شاهد (عدم اعمال تنش شوری) مشاهده شد. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی سلنیوم تعداد گل در بوته را افزایش داد. بنابراین به نظر می‌رسد سلنیوم از طریق افزایش فتوسنتز موجب تشکیل ترکیب‌های آلی و انتقال آنها به مخازن زایشی و ریشه‌ها شده است و ضمن افزایش واحدهای زایشی با ایجاد تعادل اسمزی در تحمل گیاه به شرایط تنش‌زا نقش خود را ایفاء نموده است. در همین راستا تأثیر سلنیوم در بهبود فتوسنتز و در نتیجه افزایش تولید و انتقال مواد فتوسنتزی به اندام‌های مختلف در گیاه کاهو (*Lactuca sativa* L.) گزارش شده

است (Xue et al., 2001). همچنین گزارش شده است که سلنیوم با تنظیم آنزیم‌های شرکت‌کننده در سنتز و هیدرولیز ساکارز و آنزیم‌های هیدرولیزکننده نشاسته، میزان تولید نشاسته و ساکارز را افزایش داده و از این طریق سوبستراهای لازم را برای رشد گیاه ماش (*Phaseolus aureus* Roxb.) فراهم می‌کند (Jahid et al., 2011). نتایج Lyons و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد که در گیاه کلزا (*Brassica rapa* L.) تیمار شده با سلنیوم، فعالیت تنفسی در برگ‌ها و گل‌ها بیشتر بود، در نتیجه منجر به تولید بذرها بیشتر شد.

نتایج این تحقیق نشان داد که تنش شوری، محلول‌پاشی سلنیوم و اسید سالیسیلیک باعث افزایش عملکرد اسانس شد. در شرایط تنش، گیاهان به‌منظور سازگاری با شرایط نامساعد، متابولیت‌های ثانویه بیشتری تولید کرده که به‌منظور تنظیم و تعادل اسمزی در گیاه ذخیره می‌شوند (Nanjo et al., 1988)؛ بنابراین از این طریق زمینه افزایش تولید اسانس در گیاه فراهم می‌شود (Petropoulos et al., 2008). نتایج Izan و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که کاربرد اسید سالیسیلیک موجب افزایش عملکرد اسانس در گیاه بادرشوبیه گردید. همچنین آنان گزارش نمودند که بیشترین درصد اسانس از کاربرد ۱۰ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در شرایط ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک (تنش شدید) حاصل شد.

نتایج این بررسی نشان داد که مصرف اسید سالیسیلیک و سلنیوم به‌تنهایی باعث کاهش معنی‌دار غلظت سدیم ریشه شد. بنابراین به‌نظر می‌رسد سلنیوم و اسید سالیسیلیک در کنترل جذب سدیم توسط ریشه گیاه نقش مهمی را ایفاء می‌کنند. نتایج بررسی محققان نشان داد که کاربرد سلنیوم به‌صورت محلول‌پاشی برگ به کاهش بروز علائم تنش شوری کمک می‌کند (Diao et al., 2014). گزارش شده است که سلنیوم از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، افزایش غلظت رنگدانه‌های گیاهی، افزایش فتوسنتز خالص و جذب پتاسیم و کاهش جذب سدیم،

نشان داد با اعمال شوری، نسبت پتاسیم به سدیم در برگ و ریشه کاهش یافت (جدول ۳). این نتایج بیانگر این موضوع است که به علت رقابت بین سدیم و پتاسیم، با افزایش غلظت سدیم در محیط اطراف ریشه، سدیم بیشتری به اندام‌های هوایی منتقل شده است. به طوری که با محلول پاشی مقادیر مختلف سلنیوم، نسبت پتاسیم به سدیم برگ افزایش یافت، اما با محلول پاشی ۴۰ میلی‌گرم در لیتر سلنیوم از نسبت پتاسیم به سدیم ریشه کاسته شد. این موضوع بیانگر این است که سدیم بیشتری در ریشه تجمع یافته و انتقال آن به اندام‌های هوایی کاهش یافته است. نسبت پتاسیم به سدیم به عنوان یک معیار قابل قبول تحمل به نمک در گیاهان عالی پیشنهاد شده است (Sepaskhah & Maftun, 1982).

ضریب انتخاب پذیری پتاسیم به سدیم ریشه به عنوان شاخص تحمل گیاه به شوری مطرح شده است (Cramer et al., 1986)، به گونه‌ای که افزایش این ضریب باعث افزایش تحمل گیاه نسبت به شوری می‌گردد. Akinci و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که با افزایش شوری آب آبیاری محتوای پتاسیم در برگ گیاه بادمجان (*Solanum melongena* L.) کاهش یافت، آنان دلیل این موضوع را افزایش غلظت سدیم در برگ‌ها و میوه‌ها بیان نمودند. نتایج این تحقیق با نتایج Abul-Soud و Abd-Elrahman (۲۰۱۶) در بادمجان مطابقت دارد. آنان گزارش نمودند که با افزایش شوری آب آبیاری نسبت پتاسیم به سدیم اندام‌هایی هوایی کاهش یافت.

به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که تنش شوری باعث کاهش صفات رویشی و عملکرد اسانس و افزایش سدیم و پتاسیم اندام هوایی در گیاه بادرشوبیه شد. محلول پاشی اسید سالیسیلیک موجب افزایش تعداد برگ فعال و ارتفاع بوته شد. محلول پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم عملکرد اسانس را افزایش داد. به طوری که با محلول پاشی توأم ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر سلنیوم، نسبت پتاسیم به سدیم در برگ و ریشه در شرایط تنش شوری افزایش یافت. بنابراین محلول پاشی سلنیوم در ترکیب با اسید سالیسیلیک می‌تواند

تحمل شوری در گیاهان را افزایش می‌دهد (Hasanuzzaman et al., 2013). مطالعات در زمینه گوجه فرنگی نشان داد که کاربرد سلنیوم می‌تواند جوانه‌زنی بذر و رشد گیاه تحت تنش شوری را بهبود بدهد، خسارت اکسیداتیو ناشی از شوری بالا را کاهش دهد و مقاومت گیاه به تنش شوری به وسیله فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و محتویات آنتی‌اکسیدانی در جنین و برگ‌ها را افزایش دهد (Han et al., 2010). کاهش انتقال سدیم از ریشه به شاخساره و انتخاب در جذب بیشتر پتاسیم نسبت به سدیم، سازوکار عمده تنظیم تجمع املاح در گیاه می‌باشد. از این رو نسبت پتاسیم به سدیم برگ در مقایسه با این نسبت در ریشه بالاتر است (Gucci & Tattini, 1997). نظر به اینکه در این تحقیق در شرایط شوری، میزان پتاسیم برگ بیش از دو برابر پتاسیم ریشه بود و همچنین نسبت پتاسیم به سدیم برگ بیش از دو برابر ریشه بود؛ بنابراین به نظر می‌رسد این موضوع بیانگر قدرت انتخابی بیشتر بادرشوبیه در انتقال پتاسیم به اندام‌های هوایی در مقایسه با سدیم می‌باشد که به عنوان یکی از سازوکارهای تحمل به نمک ارزیابی می‌گردد. این نتایج با نتایج Tattini (۱۹۹۴) در زیتون و Sepaskhah و Maftun (۱۹۸۲) در گیاه پسته همسو می‌باشد.

نتایج این تحقیق نشان داد که اعمال شوری باعث کاهش غلظت پتاسیم ریشه شد. نتایج پژوهش‌های مختلف نشان داده است که یکی از اثرهای منفی شوری بر گیاهان، اختلال در جذب پتاسیم می‌باشد. کاهش جذب پتاسیم به دلیل وجود سدیم، یک نمونه رقابت بین عناصر توسط ریشه گیاهان می‌باشد؛ کاهش مقدار جذب پتاسیم نسبت به سدیم، ناشی از شباهت این دو یون در اندازه شعاع هیدراته و رقابت برای ورود به داخل سلول می‌باشد. از این رو پروتئین‌های انتقال‌دهنده آنها در تشخیص دچار اشتباه می‌شوند. در شرایط شوری، به دلیل وجود مقادیر زیاد سدیم در محیط اطراف ریشه، علاوه بر اختلال در جذب پتاسیم و خسارت به غشاءهای ریشه، خاصیت انتخاب‌گرینشی این غشاءها نیز دچار تغییر می‌گردد (Duran Zuazo et al., 2004). نتایج

plants subjected to combined salinity and boron toxicity. *Scientia Horticulture*, 113: 120-128.

- Germ, M., Kreft, I. and Osvald, J., 2005. Influence of UV-B exclusion and selenium treatment on photochemical efficiency of photosystem II, yield and respiratory potential in pumpkin. *Plant physiology and Biochemistry*, 43: 445-448.
- Gucci, R.L. and Tattini, M., 1997. Salinity tolerance in olive. *Horticultural Reviews*, 21: 177-214.
- Han, G.Q., Li, J., Song, M.M. and Liu, H.Y., 2010. Effects of selenium on the germination of tomato seeds and protective system against active oxygen under salt stress. *Journal of Shihezi University (Natural Science)*, 28(4): 422-428.
- Hartikainen, H., Xue, T. and Piironen, V., 2000. Selenium as an anti-oxidant and pro-oxidant in ryegrass. *Plant and Soil*, 225: 193-200.
- Hasanuzzaman, M., Nahar, K. and Fujita, M., 2013. Plant response to salt stress and role of exogenous protectants to mitigate salt-induced damages: 25-87. In: Ahmad, P., Azooz, M.M. and Prasad, M.N.V, (Eds.). *Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress*. Springer, 512p.
- Hussein, M.S., El-sherbeny, S.E., Khalil, M.Y., Naguib, N.Y. and Aly, S.M., 2006. Growth characters and chemical constituents of *Dracocephalum moldavica* L. plants in relation to compost fertilizer and planting distance. *Scientia Horticulturae*, 108(3): 322-331.
- Iqbal, N., Masood, A. and Khan, N.A., 2012. Phytohormones in salinity tolerance: ethylene and gibberellins cross talk: 77-98. In: Khan, N.A., Nazar, R., Iqbal, N. and Anjum, N.A., (Eds.). *Phytohormones and Abiotic Stress Tolerance in Plants*. Berlin, Germany, 308p.
- Izan, T., Shekari, F. and Nasiri, Y., 2016. Effects of salicylic acid application on yield and essential oil content of Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) under drought stress conditions. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 32(3): 543-554.
- Jahid, A.M., Kumar, S., Thakur, P., Sharma, S., Kau Raman Preet, N., Kaur, D.P., Bhandhari, K., Kaushal, N., Singh, K., Srivastav, A. and Nayyar, H., 2011. Promotion of growth in mungbean (*Phaseolus aureus* Roxb.) by selenium is associated with stimulation of carbohydrate metabolism. *Biological Trace Element Research*, 143(1): 530-539.
- Jamshidi Jam, B., Shekari, F., Azimi, M.R. and Zangani, E., 2012. Effect of priming by salicylic acid on germination and seedling growth of safflower seeds under CaCl₂ stress. *International*

علامت تنش شوری در گیاه بادرشبوویه را تعدیل نماید.

منابع مورد استفاده

- Abdollahi, M., Jafarpour, M. and Zeinali, H., 2011. Effect of various salicylic acid concentrations on growth of *Aloe vera* L. *International Journal of AgriScience*, 1(5): 311-313.
- Abul-Soud, M.A. and Abd-Elrahman, S.H., 2016. Foliar selenium application to improve the tolerance of egg plant grown under salt stress conditions. *International Journal of Plant and Soil Science*, 9(1): 1-10.
- Ahmad, P. and Prasad, M.N.V., 2012. *Abiotic Stress Responses in Plants: Metabolism, Productivity and Sustainability*. New York, 470p.
- Akinci, I.E., Akinci, S., Yilmaz, K. and Dikici, H., 2004. Response of eggplant varieties (*Solanum melongena*) to salinity in germination and seedling stages. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 32: 193-200.
- Allen, S.E., 1974. *Chemical Analysis of Ecological Materials*. Blachwell Scientific, Oxford, 565p.
- Arzandi, B., 2014. The effect of salicylic acid different levels on two *Coriandrum sativum* varieties under deficit irrigation condition. *European Journal of Zoological Research*, 3(1): 118-122.
- Cramer, G.R., Lauchli, A. and Epstein, E., 1986. Effects of NaCl and CaCl₂ on ion activities in complex nutrient solutions and root growth of cotton. *Plant Physiology*, 81(3): 792-797.
- Delavari Parizi, M., Baghizadeh, A., Enteshari, S. and Manouchehri, K., 2012. The study of the interactive effects of salicylic acid and salinity stress on induction of oxidative stress and mechanisms of tolerance in *Ocimum basilicum* L. *Journal of Plant Biology*, 4(12): 25-36.
- Diao, M., Ma, L., Wang, J., Cui, J., Fu, A. and Liu, H.Y., 2014. Selenium promotes the growth and photosynthesis of tomato seedlings under salt stress by enhancing chloroplast antioxidant defense system. *Journal of Plant Growth Regulation*, 33(3): 671-682.
- Duran Zuazo, V.H., Martinez-Raya, A., Aguila Ruiz, J. and Franco Tarifa, D., 2004. Impact of salinity on macro- and micronutrient uptake in mango (*Mangifera indica* L. cv. Osteen) with different rootstocks. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2(1): 121-133.
- Eraslan, F., Inal, A., Gunes, A. and Alpaslan, M., 2007. Impact of exogenous salicylic acid on the growth, antioxidant activity and physiology of carrot

- Tsukaya, H.K., 1988. Roles of proline in osmotic stress tolerance and morphogenesis of *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell Physiology*, 39: 104-108.
- Omidbaigi, R., 2011. Production and Processing of Medicinal Plants (Vol. 2). Astan Quds Razavi Publication (Behnashr Company), 348p.
 - Petropoulos, S.A., Dimitra, D., Polissiou, M.G. and Passam, H.C., 2008. The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley. *Scientia Horticulturae*, 115: 393-397.
 - Sepaskhah, A.R. and Maftun, M., 1982. Growth and chemical composition of pistachio cultivars as influenced by irrigation regimes and salinity levels of irrigation water. II. chemical composition. *Journal of Horticultural Science*, 57: 469-476.
 - Tattini, M., 1994. Ionic relations of aeroponically-grown olive genotypes, during salt stress. *Plant and Soil*, 161: 251-256.
 - Vainad, S. and Taleb, R., 2015. Salicylic acid-enhanced morphological and physiological responses in chickpea (*Cicer arietinum*) under water deficit stress. *Environmental and Experimental Biology*, 13: 109-115.
 - Xue, T.L., Hartikainen, H. and Piironen, V., 2001. Antioxidative and growth-promoting effects of selenium on senescing lettuce. *Plant and soil*, 273: 55-61.
 - Zeng, H., 2009. Selenium as an essential micronutrient: roles in cell cycle and apoptosis. *Molecules*, 14(3): 1263-1278.
 - Zhu, Y.G., Pilon-Smits, E.A., Zhao, F.J., Williams, P.N. and Meharg, A.A., 2009. Selenium in higher plants: understanding mechanisms for biofortification and phytoremediation. *Trends in Plant Science*, 14: 436-442.
 - Journal of Agricultural Research and Review, 2: 1097-1105.
 - Khan, M.I.R., Syeed, S., Nazar, R. and Anjum, N.A., 2012. An insight into the role of salicylic acid and jasmonic acid in salt stress tolerance: 277-300. In: Khan, N.A., Nazar, R., Iqbal, N. and Anjum, N.A., (Eds.). *Phytohormones and Abiotic Stress Tolerance in Plants*. Springer, New York, 308p.
 - Khorasaninejad, S., Mousavi, A., Soltanloo, H., Hemmati, K.H. and Khalighi, A., 2010. The effect of salinity stress on growth parameters, essential oil yield and constituent of peppermint (*Mentha piperita* L.). *World Applied Sciences Journal*, 11(11): 1403-1407.
 - Lyons, G.H., Genc, Y., Soole, K., Stangoulis, J.C.R., Liu, F. and Graham, R.D., 2009. Selenium increases seed production in *Brassica*. *Plant and Soil*, 318(1): 73-80.
 - Mohammadzadeh Toutouchi, P. and Amirmia, R., 2013. Effects of pre-treatment of salicylic acid on germination of Moldavian Balm (*Dracocephalum moldavica* L.) under salinity stress. National Conference on Medicinal Plants, Tehran, Islamic Azad University, Research and Science, Ayatollah Amoli Branch, Amol, Iran, 20-21 November.
 - Munns, R., Husain, S., Rivelli, A.R., James, R.A., Condon Tony, A.G., Lindsay, M.P., Lagudah, E.S., Schachtman, D.P. and Hare, R.A., 2002. Avenues for increasing salt tolerance of crops, and the role of physiologically based selection traits. *Plant and Soil*, 247: 93-105.
 - Munns, R., James, R.A. and Lauchli, A., 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, 57: 1025-1043.
 - Nanjo, T., Yoshida, Y., Sanada, Y., Wada, K. and

Effects of salicylic acid and selenium foliar application on salinity tolerance and essential oil yield of moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.)

N. Daneshvar Rad¹, N.A. Sajedi^{2*} and M.R. Naieni³

1- M.Sc. Graduate of Horticultural Science, Institute of Higher Education Mehregan, Mahallat, Iran

2*- Corresponding author, Department of Agronomy and plant Breeding, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran

E-mail: N-Sajedi@iau-arak.ac.ir

3- Horticultural Crops Research Department, Qom Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agriculture Research, Education and Extension Organization, Qom, Iran

Received: May 2018

Revised: September 2018

Accepted: September 2018

Abstract

Salicylic acid (SA) and selenium (Se) are compounds with antioxidant properties that cause improved plant growth under stress condition. In order to investigate the effects of salicylic acid and selenium application on some vegetative and reproductive traits, essential oil yield, and potassium to sodium ratio in roots and shoots of moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) under salinity stress conditions, an experiment was carried out as a factorial based on a completely randomized design with three replications in the green house of Agricultural and Natural Resources Research Center of Qom, Iran, 2015. The experimental treatments comprised three Se levels including 0, 20 and 40 mg/L, two SA levels including 0 and 0.5 mM and two salinity levels including 0 and 100mM NaCl. Results showed that salinity stress decreased the number of active leaves per plant and plant height. Salinity stress increased the number of flower per plant and essential oil yield. Results showed that, under salinity stress conditions, the application of Se and SA both alone or combined decreased the negative effect of salinity stress on the number of active leaves per plant and plant height, while increased the essential oil yield. Moreover, the foliar application of Se combined with SA increased the potassium to sodium ratio of leaves under salinity stress. In general, it could be stated that the foliar application of Se combined with SA could be used to relieve the effect of salinity stress in Moldavian balm.

Keywords: *Dracocephalum moldavica* L., active leaf, medicinal plant, K/Na ratio,