

اثر اسپری برگ اسیدسالیسیلیک بر عملکرد و اسانس گیاه دارویی بادرشبی در شرایط تنش شوری

Effect of Salicylic Acid Foliar Application on Yield and Essential Oil in Moldavian Balm Under Salinity Stress Conditions

یوسف نصیری^{۱*}، طه ایزان^۲، عبدالله جوانمرد^۳ و جلال آرزو^۴

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۳/۱۶

چکیده

بادرشی گیاهی دارویی و ارزشمند و سازگار به مناطق مختلف آب و هوایی است و در مناطق شمالی و شمال غرب ایران یافت می شود. شوری خاک به عنوان یکی از عوامل محدودکننده رشد گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک جهان از جمله ایران شناخته شده است. آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی جهت بررسی اثر چهار غلظت محلول اسید سالیسیلیک (صفر (شاهد)، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی مولار) و سه سطح غلظت شوری با کلرید سدیم (صفر (شاهد)، ۲/۵ و ۵ میلی موس بر سانتی متر) در سه تکرار روی برخی صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اسانس بادرشی در گلخانه اجرا شد. تعداد ساقه های فرعی گل دهنده تحت تنش های شوری ۲/۵ و ۵ میلی موس بر سانتی متر به ترتیب ۹/۳ و ۲۸/۴ درصد نسبت به شرایط بدون تنش کاهش پیدا کرد. هم چنین سطوح اسیدسالیسیلیک با غلظت های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی مولار بدون تفاوت معنی دار با یکدیگر به طور متوسط باعث افزایش ۳۲/۵ درصدی تعداد ساقه فرعی گل دهنده نسبت به شاهد شدند. نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد در شوری ۲/۵ میلی موس بر سانتی متر، مصرف هر سه غلظت اسیدسالیسیلیک و در شوری ۵ میلی موس بر سانتی متر کاربرد ۱ و ۱/۵ میلی مولار آن بر وزن خشک بوته، درصد اسانس، عملکرد اسانس و شاخص برداشت اسانس نسبت به شاهد بهتر عمل کردند. غلظت های صفر، ۱ و ۱/۵ میلی مولار اسیدسالیسیلیک باعث افزایش وزن خشک ریشه نسبت به شاهد در شوری ۲/۵ و ۵ میلی موس بر سانتی متر شدند. شاخص کلروفیل برگ در شوری ۵ میلی موس بر سانتی متر به طور معنی داری کاهش یافت ولی مصرف هر سه غلظت اسیدسالیسیلیک باعث افزایش ۱۵ درصدی آن نسبت به شاهد شد.

واژه های کلیدی: تنظیم کننده رشد، *Dracocephalum moldavica*، کلرید سدیم، شاخص کلروفیل، وزن خشک

۱ و ۳. به ترتیب استادیار و دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه

۲. کارشناس ارشد زراعت، اداره حفاظت محیط شهرستان پیرانشهر، پیرانشهر

۴. دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه

* نویسنده مسئول Email: ysf_nasiri@ maragheh.ac.ir

مقدمه

بادرشی (*Dracocephalum moldavica*) از گیاهان دارویی و ارزشمند تیره نعناعیان است که به صورت علفی و یکساله رشد می کند. اسانس آن خاصیت ضد میکروبی و ضد توموری دارد و در صنایع داروسازی، آرایشی، بهداشتی و غذایی مصرف دارد. عصاره این گیاه برای رفع سردرد، سرماخوردگی، ضعف عمومی بدن و مسکن دردهای عصبی و اسپاسم های معده و کلیه استفاده می شود (امید بیگی، ۱۳۹۰؛ عبدالباقی و ال باروتی^۱، ۲۰۰۸). بادرشی تقریباً در هر نوع اقلیمی قادر به رویش است به طوری که در مناطق کم آب نیز امکان کشت آن وجود دارد. ولی به طور کلی برای افزایش عملکرد و مواد مؤثره باید در طول مراحل رشد آب کافی در اختیار آن قرار گیرد (امید بیگی، ۱۳۹۰). بادرشی بومی هیمالیا و جنوب سیبری است و دامنه پراکندگی آن مناطق شمالی و شمال غربی کشور مخصوصاً مناطق غربی آذربایجان و کوه های البرز گزارش شده است (دستمالچی^۲ و همکاران، ۲۰۰۷؛ دمیتروک^۳ و همکاران، ۲۰۱۰). تنش شوری یکی از تنش های عمده محیطی مؤثر بر تولید محصولات کشاورزی در سراسر دنیا است که سالانه هزینه ای بالای ۲۷ بلیون دلار برای جبران خسارت های ناشی از آن برآورد شده است بنابراین یافتن روش های افزایش تحمل گیاهان به اثرات آن می تواند گامی مؤثر در جهت نیل به تولید پایدار در بخش کشاورزی باشد (جایکانان^۴ و همکاران، ۲۰۱۵). شوری خاک یکی از مشکلات اساسی در بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک جهان از جمله ایران است. در این مناطق اغلب میزان بارندگی به اندازه ای نیست که بتواند نمک های خاک را شسته و از دسترس ریشه خارج کند و همچنین میزان تبخیر بالا از سطح خاک منجر به تجمع نمک در سطح خاک و شورتر شدن خاک سطح الارض می شود (پساراکلی و زابولوکس^۵، ۱۹۹۹). غلظت بالای نمک در خاک باعث کاهش نفوذ پذیری خاک و پتانسیل آب خاک و در نتیجه ایجاد خشکی فیزیولوژیکی و اثر بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه می شود (مورفی و دوراکو^۶، ۲۰۰۳). شوری پتانسیل آبی سوبسترا را کاهش می دهد و منجر به محدودیت جذب آب و مواد غذایی توسط گیاه و در نهایت کم شدن کارایی فتوسنتز، کاهش بیوماس و تغییر در فشار تورژسانس سلول های برگ

می شود (مانس^۷، ۲۰۰۳). کمیت و کیفیت محصول گیاهان دارویی نه تنها متأثر از فاکتورهای ژنتیکی گیاه است بلکه تحت تأثیر عوامل محیطی و شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک نیز قرار دارد (امید بیگی، ۱۳۹۰). پژوهش های زیادی در رابطه با اثرات شوری خاک بر رشد، اسانس و ترکیبات شیمیایی گیاهان دارویی مختلف انجام گرفته و نتایج متنوعی ارائه شده است. در نعناع فلفلی کاهش تعداد، سطح و وزن برگ ها، درصد اسانس و عملکرد در شرایط شوری گزارش شده است (طباطبایی و نظری^۸، ۲۰۰۷). ابو الفادل^۹ و همکاران (۱۹۹۰) نشان دادند که شوری خاک بالای ۲۰۰ پی پی ام منجر به کاهش رشد و عملکرد اسانس نعناع شد.

در پژوهشی دیگر خالد و کای^{۱۰} (۲۰۱۱) گزارش کردند سطح برگ، تعداد برگ و زی توده تر و خشک بادرنجبویه در اثر شوری کاهش و تجمع اسانس و ترکیبات اصلی آن افزایش یافت. با افزایش سطوح شوری رشد گیاه ریحان به طور معنی داری کاهش یافت ولی مقدار اسانس و ترکیبات اصلی اسانس افزایش داشتند (ال شافی^{۱۱} و همکاران، ۱۹۹۱). هندآوی و خالد^{۱۲} (۲۰۰۵) گزارش نمودند که شوری عملکرد اسانس و ترکیبات مؤثره اسانس مریم گلی را افزایش داد. در تحقیقات دیگری کاهش مقدار اسانس برخی از گیاهان دارویی همچون بادرنجبویه و مریم گلی در اثر شوری گزارش شده است (اوزترک^{۱۳} و همکاران، ۲۰۰۴؛ تاریت^{۱۴} و همکاران، ۲۰۱۰). در آویشن، ریحان و رازیانه کاهش درصد اسانس و عملکرد اسانس در شرایط شوری گزارش شده است (خراسانی نژاد^{۱۵} و همکاران، ۲۰۱۰؛ سیدال اهل و محمود^{۱۶}، ۲۰۱۰؛ بلاکزیز^{۱۷} و همکاران، ۲۰۰۹). در گشنیز افزایش عملکرد اسانس در سطوح شوری ۲۵ و ۵۰ میلی مولار و کاهش عملکرد اسانس در سطوح بالاتر شوری (۷۵ میلی مولار) گزارش شده است (نفاقی و مارزوک^{۱۸}، ۲۰۰۸).

سالانه هزینه ای بالای ۲۷ بلیون دلار برای خسارت های ناشی از تنش شوری در کشاورزی مصرف می شود، بنابراین یافتن روش های افزایش تحمل گیاهان به اثرات آن می تواند

7. Munns
8. Tabatabaie and Nazari
9. Abou El-Fadl
10. Khalid and Cai
11. El-Shafi
12. Hendawy and Khalid
13. Ozturk
14. Taarit
15. Khorasaninejad
16. Said-Al Ahl and Mahmoud
17. Belaqziz
18. Neffati and Marzouk

1. Abd El-Baky and El-Baroty
2. Dastmalchi
3. Dmitruk
4. Jayakannan
5. Pessaraki and Szabolcs
6. Murphy and Durako

سه تکرار در شرایط گلخانه‌ای اجرا گردید. اسیدسالیسیلیک مورد استفاده از شرکت مرک آلمان تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. دما و نور گلخانه در طی رشد گیاه به ترتیب ۲۰-۳۵ درجه سانتی‌گراد و ۵۰-۴۰ درصد بود. پوشش گلخانه مورد استفاده پلی‌اتیلن بود و سیستم تهویه به‌منظور کنترل دما تعبیه شده بود. گلدان‌های پلاستیکی به ارتفاع ۳۲ سانتی‌متر و قطر دهانه ۳۰ سانتی‌متر تهیه و هر گلدان با مخلوطی از خاک مزرعه و ماسه بادی (به نسبت ۱:۲) پر شد. بافت خاک مورد استفاده لومی شنی، هدایت الکتریکی (EC) و اسیدیته (pH) آن به ترتیب ۱/۳ میلی‌موس بر سانتی‌متر و ۷/۵، پتاسیم و فسفر قابل جذب و درصد نیتروژن کل آن نیز به ترتیب ۱۷۵ و ۸/۲ پی‌پی‌ام و ۰/۳ درصد بود.

در هر گلدان تعداد ۲۰-۲۵ بذر بادرشبی تهیه شده از شرکت پاکان بذر اصفهان در چهار نقطه به‌صورت سطحی کشت شد. سه هفته پس از کاشت در مرحله دو برگی با تنک‌کردن گیاهان در هر گلدان تنها چهار بوته حفظ شد. چهار هفته پس از شروع آزمایش، اعمال تیمارهای آزمایشی در مرحله ساقه‌روی (۴-۵ برگی) بوته‌ها آغاز شد. به این ترتیب که تیمارهای اسیدسالیسیلیک هر دو هفته یک‌بار روی گیاهان اعمال شد و تیمارهای مربوط به شوری نیز هر هفته یک‌مرتبه به‌صورت آبیاری گلدان‌ها صورت گرفت. در هر مرتبه آبیاری تا خروج آب از ته گلدان‌ها آب اضافه می‌شد. به‌منظور جلوگیری از تجمع نمک در بستر کاشت هر هفته یک بار گلدان‌ها با آب غیر شور نیز آبیاری شدند. پس از اعمال تیمارهای آزمایشی و گذشت ۶ هفته گیاهان به مرحله گل‌دهی و برداشت رسیدند. صفات مورد ارزیابی در این پژوهش شامل ارتفاع بوته، تعداد ساقه‌های فرعی گل‌دهنده، عملکرد خشک بوته، وزن خشک ریشه، میزان کلروفیل (شاخص کلروفیل)، درصد اسانس، عملکرد اسانس و شاخص برداشت اسانس بود. برداشت گیاهان در مرحله گل‌دهی کامل انجام شد به این ترتیب که تمامی بخش هوایی (شاخساره) بوته‌های هر گلدان برداشت و پس خشک کردن در دمای اتاق و به دور از نور به‌عنوان عملکرد خشک بوته لحاظ شد. ریشه گیاهان نیز پس از شستشو و خشک کردن توزین و به‌عنوان وزن خشک ریشه لحاظ شد. شاخص کلروفیل برگ با دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD 502, Minolta Japan) در برگ‌های بالغ و توسعه یافته پس از پایان اعمال تیمارها اندازه‌گیری شد. استخراج اسانس به روش تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه اسانس‌گیر (کلونجر) فارماکوپه

گامی مؤثر در جهت نیل به تولید پایدار محصولات کشاورزی باشد (جایکانان و همکاران، ۲۰۱۵). به‌نظر می‌رسد که هورمون‌های گیاهی از جمله اسیدآسزیک، اتیلن و اسیدسالیسیلیک از اجزای حیاتی مولکول‌های پیام‌رسان در پاسخ‌های دفاعی گیاهان به تنش‌های زیستی و یا غیرزیستی هستند و نقش کلیدی در رشدونمو گیاهان ایفا می‌کنند (تراخوسکایا^۱ و همکاران، ۲۰۰۷؛ والیا^۲ و همکاران، ۲۰۰۷؛ رامن و راوی^۳، ۲۰۱۱). اسیدسالیسیلیک به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی در فرآیندهای فیزیولوژیکی متعددی از جمله تنظیم رشد، فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، جذب عناصر غذایی نیز شرکت دارد (حیات^۴ و همکاران، ۲۰۱۰). در مرزه مصرف ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدسالیسیلیک باعث تولید حداکثر درصد اسانس شد و غلظت‌های کمتر آن (۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بر پارامترهای رشدی اثر بیشتری داشت (صادقیان^۵ و همکاران، ۲۰۱۳). عبداللطیف غریب^۶ (۲۰۰۶) افزایش درصد اسانس و عملکرد ریحان و مرزنجوش را با کاربرد اسیدسالیسیلیک گزارش نمود. در گیاه مریم‌گلی افزایش عملکرد اسانس با مصرف ۲۰۰ و یا ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدسالیسیلیک نسبت به شاهد گزارش شده است (روشن^۷ و همکاران، ۲۰۱۰). مصرف اسیدسالیسیلیک با غلظت‌هایی از صفر تا یک میلی‌مولار باعث افزایشی خطی بیوماس، تعداد گل و مقدار فلاونوئید در گیاه همیشه بهار گردید (کلادویا پاجیکو^۸ و همکاران، ۲۰۱۳).

با توجه به روند روبه رشد شورش خاک‌های زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور و لزوم پژوهش در زمینه یافتن راهکارهای تحمل و مقاومت به شوری در گیاهان این پژوهش نیز به‌منظور بررسی و ارزیابی اثر کاربرد برگی اسیدسالیسیلیک در شرایط شوری و برهم‌کنش آن‌ها بر عملکرد و کیفیت محصول گیاه دارویی بادرشبی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه سطح شوری کلریدسدیم (صفر، ۲/۵ و پنج میلی‌موس بر سانتی‌متر) و چهار سطح افشانه کردن با غلظت‌های مختلف محلول اسیدسالیسیلیک (صفر، ۰/۵، یک و ۱/۵ میلی‌مولار)، در

1. Tarakhovskaya
2. Walia
3. Raman and Ravi
4. Hayat
5. Sadeghian
6. Abd El-Lateef Gharib
7. Rowshan
8. Cláudia Pacheco

و همکاران، 2013). القای گل‌دهی گیاه در اثر اسیدسالیسیلیک می‌تواند به‌طور غیرمستقیم ناشی از تغییر مسیرهای سنتز سایر هورمون‌های رشدی از جمله اسید جاسمونیک، اتیلن و اکسین نیز باشد (ولوت^۲ و همکاران، 2009).

ارتفاع بوته

برهم‌کنش شوری و اسیدسالیسیلیک بر ارتفاع بوته معنی‌دار شد. تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته شد. با این حال در سطح شوری ۲/۵ میلی‌موس بر سانتی‌متر مقدار یک میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک و در سطح شوری پنج میلی‌موس بر سانتی‌متر هر سه سطح اسیدسالیسیلیک باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته نسبت به شاهد شدند (شکل ۱). نتایج مشابهی برای همیشه بهار گزارش شده است (بیات^۳ و همکاران، 2012).

وزن خشک ریشه و شاخساره (عملکرد خشک بوته)

وزن خشک ریشه و شاخساره در سطح احتمال پنج درصد تحت تأثیر برهم‌کنش شوری و اسیدسالیسیلیک قرار گرفتند. براساس نتایج شوری منجر به کاهش معنی‌دار هر دو صفت مذکور شد ولی استفاده از اسیدسالیسیلیک تا حدودی اثرات شوری را تقلیل داد. به‌طوری‌که مصرف یک و ۱/۵ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک در سطوح شوری ۲/۵ و پنج میلی‌مولار منجر به افزایش وزن خشک ریشه نسبت به شاهد شد (شکل ۲). در ارتباط با عملکرد خشک بوته، هر سه سطح اسیدسالیسیلیک باعث افزایش وزن خشک شاخساره نسبت به شاهد (عدم مصرف اسیدسالیسیلیک) شدند (شکل ۳). این نتیجه بیانگر تأثیر مثبت کاربرد اسیدسالیسیلیک در شرایط تنش شوری بر عملکرد بادرشی می‌باشد. نتایج حاصل با نتایج ارائه شده برای ریحان (فاطمی و ابوطالبی^۴، 2012) و آویشن (نجفیان^۵ و همکاران، 2009) هم‌خوانی دارد. اسیدسالیسیلیک به‌عنوان یک فنل طبیعی تنظیم‌کننده رشد بوده و در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه نقش دارد (ساخابوتدینو^۶ و همکاران، 2003).

اروپا صورت گرفت (کلونجر^۱، 1928). بدین منظور ۴۰ گرم از ماده خشک گیاهی به‌مدت دو ساعت در معرض تقطیر با آب در دستگاه کلونجر قرار گرفته و نتیجه به‌صورت درصد وزنی محاسبه شد. سپس عملکرد اسانس با استفاده از حاصل‌ضرب وزن خشک بوته در درصد اسانس مربوطه به‌دست آمد. نسبت بین بخش اقتصادی (قابل فروش) و کل وزن خشک (عملکرد بیولوژیکی) گیاه شاخص برداشت گیاه محسوب می‌شود که در رابطه با اسانس گیاهان دارویی، شاخص برداشت اسانس با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود (پیرزاد و همکاران، ۱۳۹۱).

$$\text{عملکرد اسانس} = \left(\frac{\text{عملکرد اسانس}}{\text{خشک وزن بوته}} \right) \times 100 = \text{شاخص برداشت اسانس}$$

داده‌های آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار از نرم‌افزار (V: MSTAT-C 1.42) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها بر مبنای آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال معنی‌دار شده (یک و یا پنج درصد) و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

تعداد ساقه فرعی گل‌دهنده

براساس نتایج به‌دست آمده شوری باعث کاهش معنی‌دار تعداد ساقه‌های فرعی گل‌دهنده بادرشی شد به‌طوری‌که تیمارهای شوری ۲/۵ و پنج میلی‌موس بر سانتی‌متر به‌ترتیب باعث کاهش ۹/۵ و ۲۸/۴ درصدی تعداد ساقه گل‌دهنده نسبت به شاهد شدند (جدول ۱). نتایج هم‌چنین نشان داد که کاربرد سطوح مختلف اسیدسالیسیلیک باعث افزایش معنی‌دار تعداد ساقه گل‌دهنده شد. بیش‌ترین تعداد ساقه‌های فرعی گل‌دهنده در دو تیمار ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک با میانگین ۷/۵ ساقه مشاهده شد. هم‌چنین بین دو تیمار ۰/۵ و یک میلی‌مولار تفاوت معنی‌دار وجود نداشت. کم‌ترین تعداد ساقه فرعی گل‌دهنده در تیمار شاهد (بدون افشانه کردن اسیدسالیسیلیک) مشاهده شد. تعداد ساقه‌های گل‌دهنده بادرشبو از جمله صفات مطلوب برای تولید اسانس می‌باشد لذا کاهش آن‌ها منجر به کاهش اسانس می‌گردد (امیدبیگی، ۱۳۹۰). شوری خاک با کاهش دسترسی گیاه به آب و یا ایجاد سمیت ناشی از کلرید سدیم منجر به کاهش رشد و تولید شاخ و برگ و گل در گیاه می‌شود (مانس، 2003). در رابطه با اسیدسالیسیلیک هم گزارش شده است که در گیاهانی از جمله همیشه بهار کاربرد آن منجر به افزایش ساقه گل‌دهنده شده است (کلاودیا پاچیکو

2. Vlot
3. Bayat
4. Fatemi and Abotalebi
5. Najafian
6. Sakhabutdinova

1. Clevenger

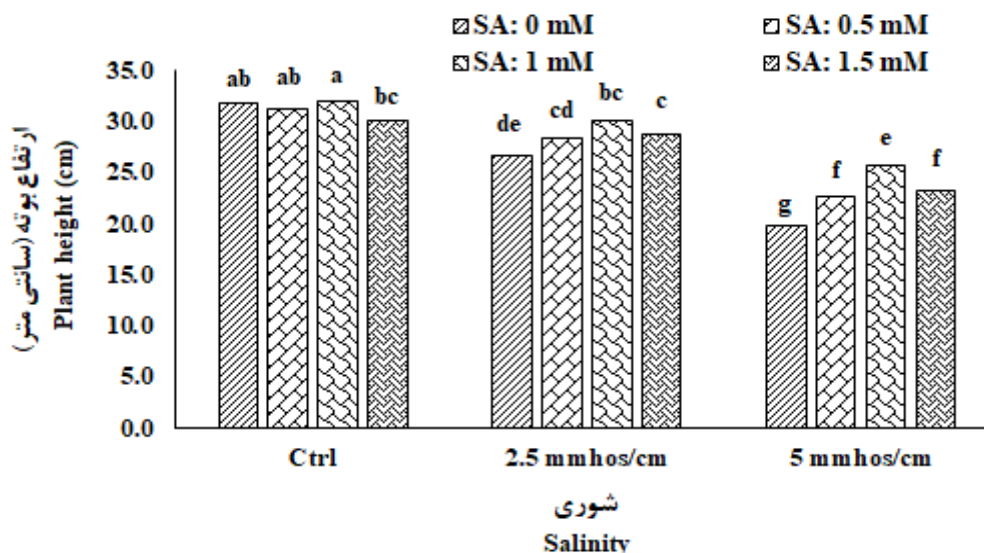
جدول ۱: اثر شوری و اسیدسالیسیلیک بر تعداد ساقه فرعی گل دهنده در بادرشبی

Table 1: Effect of salinity and salicylic acid on the number of lateral flowering stems in Moldavian balm

تعداد ساقه فرعی گل دهنده Number of lateral flowering stems	تعداد ساقه فرعی گل دهنده Number of lateral flowering stems	اسیدسالیسیلیک (میلی مولار) Salicylic acid (mM)	شوری (میلی موس بر سانتی متر) Salinity (mmhos/cm)
5.56 ^c	7.91 ^a	0	0
7.11 ^b	7.16 ^b	0.5	2.5
7.44 ^{ab}	5.66 ^c	1	5
7.55 ^a	-	1.5	-

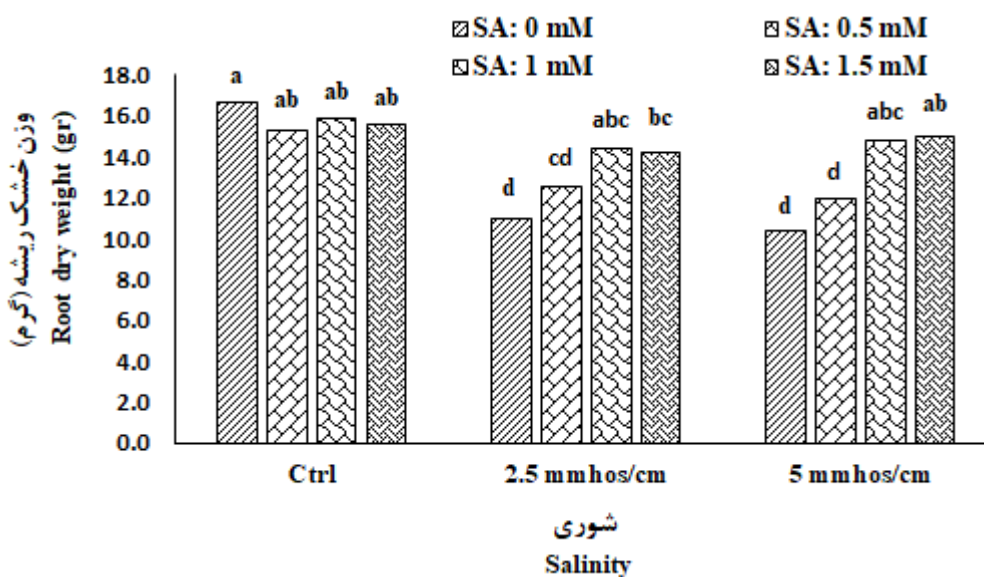
حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم معنی داری در سطح احتمال یک درصد است

The same letters in each column indicate lack of significance at 1% probability level



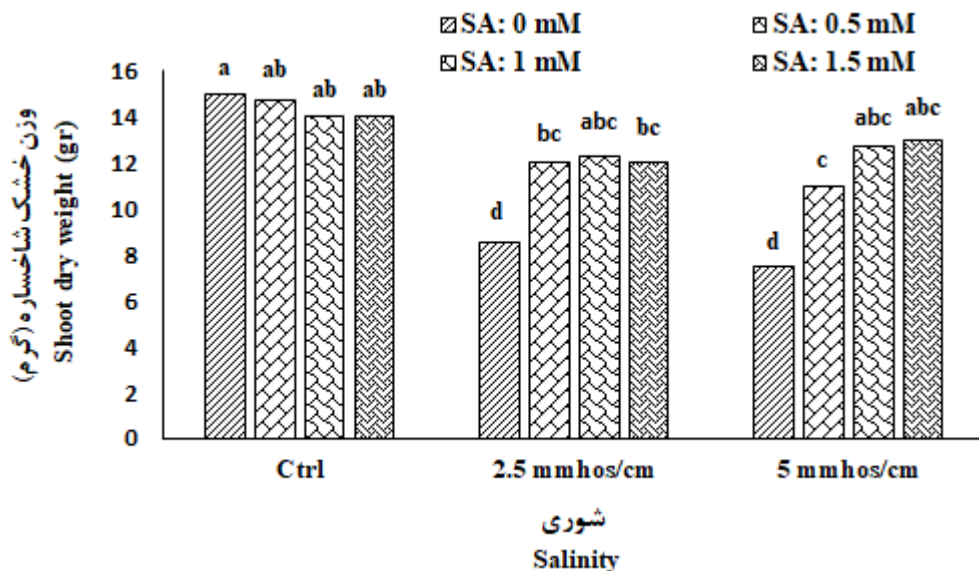
شکل ۱: اثر برهم کنش شوری و اسیدسالیسیلیک بر ارتفاع بوته بادرشبی. (SA: اسیدسالیسیلیک). میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند براساس آزمون دانکن اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک درصد ندارند

Fig. 1: Interaction effect of salinity and salicylic acid on plant height of Moldavian balm. Means having at least one similar letter are not significantly different at 1% probability level according to Duncan's Test



شکل ۲: اثر برهم کنش شوری و اسیدسالیسیلیک بر وزن خشک ریشه بادرشبی. (SA: اسیدسالیسیلیک). میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند براساس آزمون دانکن اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد ندارند

Fig. 2: Interaction effect of salinity and salicylic acid on root dry weight of Moldavian balm. Means having at least one similar letter are not significantly different at 5% probability level according to Duncan's Test



شکل ۳: اثر برهم‌کنش شوری و اسپید سالیسیلیک بر وزن خشک شاخساره بادرشبی. (SA: اسپیدسالیسیلیک). میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند براساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد ندارند

Fig. 3: Interaction effect of salinity and salicylic acid on shoot dry weight of Moldavian balm. Means having at least one similar letter are not significantly different at 5% probability level according to Duncan's Test

شوری با تأثیر بر روابط آبی و یونی گیاه منجر به بروز تنش کم‌آبی و کاهش سطح برگ‌ها و پیری زودرس برگ‌های بالغ می‌شود در نتیجه سطح فتوسنتز گیاه کاهش یافته و در نهایت منجر افت عملکرد گیاه می‌شود (کافی، ۱۳۸۸). از طرف دیگر شوری باعث کاهش جذب عناصری همچون آهن، منیزیم و نیتروژن که در ساختمان کلروفیل شرکت دارند می‌شود، بنابراین میزان کلروفیل برگ کاهش می‌یابد. همچنین در اثر تنش شوری در گیاه انواع گونه‌های فعال اکسیژن^۴ افزایش یافته که باعث تخریب غشاهای سلولی و کاهش میزان کلروفیل در سلول‌ها می‌شود (فهد و بانو، ۲۰۱۲). اسپیدسالیسیلیک باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانت‌هایی مانند سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز می‌شود و منجر به افزایش تحمل گیاه به تنش اکسیداتیو ناشی از انواع گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود و از این طریق می‌تواند از کاهش میزان کلروفیل برگ در شرایط تنش بکاهد (گوتام و سینگ، ۲۰۱۲).

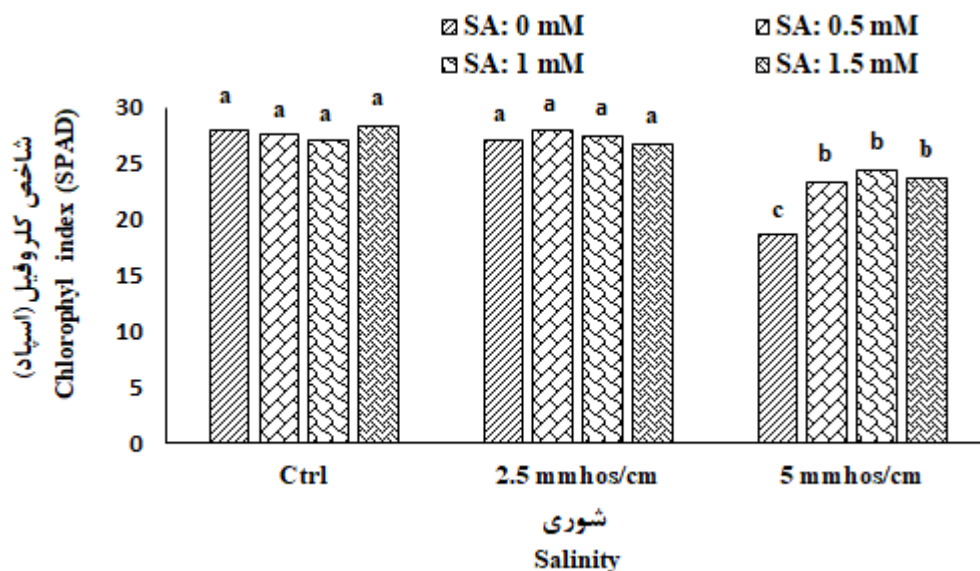
کاهش میزان فعالیت سلول‌های مریستمی و جلوگیری از تولید شدن سلول‌ها در شرایط شوری منجر به کاهش شاخص‌های رشدی گیاه می‌شود (ادریس^۱ و همکاران، ۲۰۱۲). شوری در فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مهمی در گیاه از جمله رشد، فتوسنتز، سنتز پروتئین، متابولیسم لیپید و انرژی دخالت می‌کند و در تمام مراحل رشد گیاه از جوانه‌زنی تا تولید دانه تأثیر می‌گذارد (پریده^۲ و همکاران، ۲۰۰۴).

شاخص کلروفیل

براساس نتایج به‌دست آمده از بین دو سطح شوری ۲/۵ و پنج میلی‌موس بر سانتی‌متر تنها شوری پنج میلی‌موس بر سانتی‌متر منجر به کاهش معنی‌دار شاخص کلروفیل برگ شد. با این وجود مصرف اسپیدسالیسیلیک با سه غلظت آن (۰/۵، یک و ۱/۵ میلی‌مولار) در سطح شوری پنج میلی‌موس بر سانتی‌متر باعث افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل برگ شد و در تخفیف اثرهای مخرب شوری بر کلروفیل تأثیرگذار بودند (شکل ۴). نتایج مشابهی از اثرات مثبت اسپیدسالیسیلیک بر مقدار کلروفیل برگ در ریحان و بادرنجبویه در شرایط تنش شوری و غیرتنش گزارش شده است (فاطمی و ابوطالبی، ۲۰۱۲؛ پازوکی^۳، ۲۰۱۵).

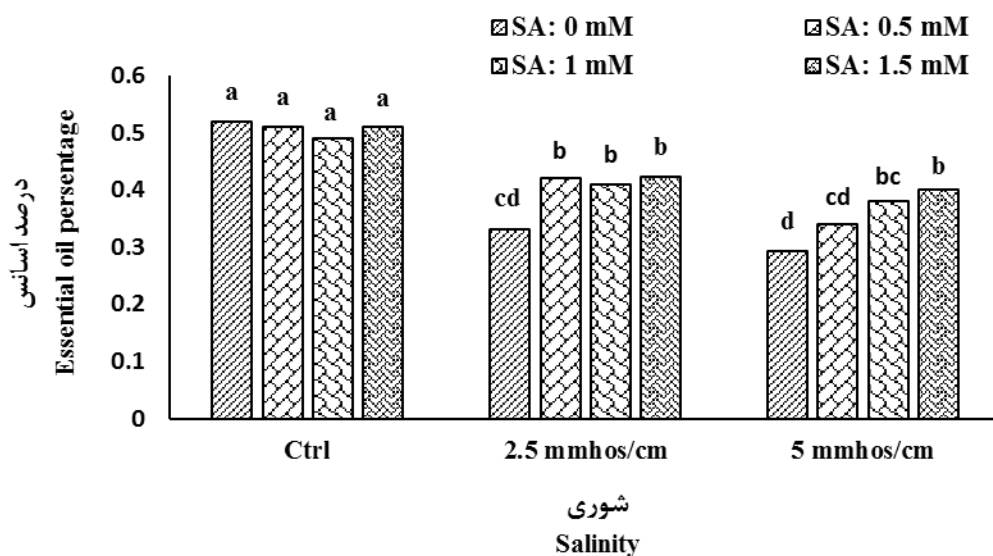
4. Reactive Oxygen Species
5. Fahad and Bano
6. Gautam and Sing

1. Idress
2. Parida
3. Pazoki



شکل ۴: اثر برهم کنش شوری و اسیدسالیسیلیک بر شاخص کلروفیل برگ بادرشبی. (SA: اسیدسالیسیلیک). میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند براساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد ندارند

Fig. 4: Interaction effect of salinity and salicylic acid on chlorophyll index of Moldavian balm. Means having at least one similar letter are not significantly different at 1% probability level according to Duncan's Test



شکل ۵: اثر برهم کنش شوری و اسیدسالیسیلیک بر درصد اسانس بادرشبی. (SA: اسیدسالیسیلیک). میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند براساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد ندارند

Fig. 5: Interaction effect of salinity and salicylic acid on essential oil percentage of Moldavian balm. Means having at least one similar letter are not significantly different at 5% probability level according to Duncan's Test

(شکل ۵). کاهش مقدار اسانس در اثر شوری در سایر گیاهان از جمله ریحان (گوهری و همکاران، ۱۳۹۲)، بابونه شیرازی (نوری و همکاران، ۱۳۹۱) و رازیانه (شرف و اختر، ۲۰۰۴) نیز گزارش شده است. گیاهان دارویی تحت تأثیر تنش به شدت از خود واکنش نشان می‌دهند که بر حسب شدت آن تغییراتی در

درصد اسانس

نتایج نشان داد سطوح شوری ۲/۵ و پنج میلی‌موس بر سانتی‌متر منجر به کاهش درصد اسانس شدند. ولی با کاربرد اسیدسالیسیلیک در شرایط شوری افزایش درصد اسانس مشاهده شد به طوری که در شوری ۲/۵ میلی‌موس بر سانتی‌متر، کاربرد هر سه غلظت اسیدسالیسیلیک و در شوری پنج میلی‌موس بر سانتی‌متر، کاربرد یک و ۱/۵ میلی‌مولار آن باعث افزایش معنی‌دار درصد اسانس نسبت به عدم کاربرد آن شد

تولید ترکیبات شیمیایی خود از جمله آلکالوئیدها، فلاونوئیدها و اسانسها ایجاد می‌کنند (پتروپولوس^۱ و همکاران، 2008). پراساد^۲ و همکاران (1996) نیز اعلام داشتند که شوری منجر به کاهش محتوی اسانس گونه‌های مختلف نعناع گردید. از طرف دیگر افزایش درصد اسانس در ریحان و مرزنجوش در اثر کاربرد اسیدسالیسیلیک توسط عبدالطیف غریب (2006) گزارش شده است.

عملکرد اسانس

عملکرد اسانس به‌عنوان یکی از شاخص‌های کمی در گیاهان دارویی مطرح می‌باشد. نتایج نشان داد که عملکرد اسانس تحت تأثیر برهمکنش شوری و اسیدسالیسیلیک قرار گرفت. به‌طوری‌که بیش‌ترین عملکرد اسانس (با میانگین ۷۳ میلی‌گرم در بوته) در شرایط بدون شوری با مصرف و یا بدون مصرف اسیدسالیسیلیک و کم‌ترین آن (۲۲ و ۲۸ میلی‌گرم در بوته) در تیمارهای شوری پنج و ۲/۵ میلی‌موس بر سانتی‌متر بدون کاربرد اسیدسالیسیلیک به‌دست آمد که به‌ترتیب باعث کاهش ۷۲ و ۶۴ درصدی تولید اسانس نسبت به تیمار شاهد (شرایط بدون شوری و عدم کاربرد اسیدسالیسیلیک) شدند (شکل ۶). علاوه بر این نتایج حاکی از آن است که در شرایط شوری افشانه کردن گیاهان با سطوح مختلف اسیدسالیسیلیک (۰/۵، یک و ۱/۵ میلی‌مولار) منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد اسانس نسبت به شاهد شد. به‌نحوی‌که در شوری ۲/۵ میلی‌موس بر سانتی‌متر هر سه غلظت اسیدسالیسیلیک و در شوری پنج میلی‌موس بر سانتی‌متر غلظت‌های یک و ۱/۵ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک اثر افزایشی بر عملکرد اسانس گذاشتند. عملکرد اسانس معیاری از مقدار اسانس تولید شده در واحد سطح در گیاهان دارویی است. به‌نظر می‌رسد کاهش عملکرد اسانس در اثر تنش شوری ناشی از کاهش درصد اسانس و عملکرد خشک گیاه باشد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج به‌دست آمده برای نعناع و مرزنجوش (دوو^۳ و همکاران، 1981؛ ال‌کیتاوی و کروتیو^۴، 1987) نیز مطابقت دارد. نوری و همکاران (۱۳۹۱) نیز در بابونه شیرازی و/وزتورک^۵ و همکاران (2004) در بادرنجبویه کاهش عملکرد اسانس در اثر تنش شوری را گزارش کردند. شوری به‌دلیل اثرات اسمزی منفی که بر دامنه وسیعی از واکنش‌های متابولیکی گیاه می‌گذارد منجر به کمبود آب و در نتیجه اختلال در طیف وسیعی از فرآیندهای

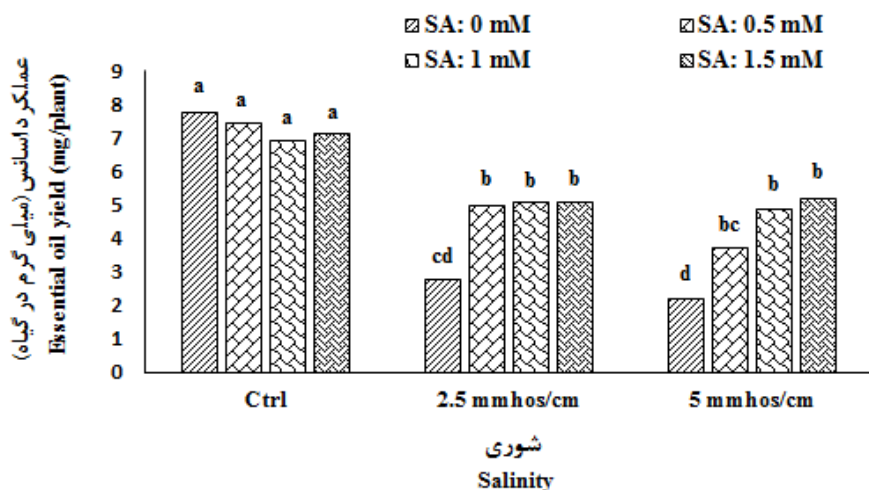
فیزیولوژیکی و متابولیسمی سلول می‌گردد (گرین وی^۶ و همکاران، 1980). کاهش عملکرد اسانس در اثر شوری ممکن است به‌دلیل کاهش انتقال سیتوکینین از ریشه‌ها به اندام‌های هوایی و برهم خوردن نسبت هورمون‌ها نیز باشد (دوو و همکاران، 1981).

شاخص برداشت اسانس

براساس نتایج مقایسه میانگین‌های مربوط به این صفت در تیمار بدون شوری حداکثر شاخص برداشت اسانس (با میانگین ۰/۵۱ درصد) حاصل شد و حداقل آن در تیمارهای شوری ۲/۵ میلی‌موس بر سانتی‌متر بدون کاربرد اسیدسالیسیلیک (۰/۳۲) مشاهده شد به‌طوری‌که در شوری ۲/۵ میلی‌موس بر سانتی‌متر، اسیدسالیسیلیک (۰/۲۹ درصد) و مصرف ۰/۵ میلی‌مولار آن (۰/۳۴ درصد) ثبت شد (شکل ۷). کاربرد غلظت‌های مختلف اسیدسالیسیلیک در شوری ۲/۵ میلی‌موس بر سانتی‌متر و مصرف آن با غلظت‌های ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار در سطح شوری پنج میلی‌موس بر سانتی‌متر منجر به افزایش معنی‌دار شاخص برداشت اسانس نسبت به عدم مصرف آن در شرایط شوری گردید. شاخص برداشت تخمینی از تبدیل مؤثر ماده خشک به عملکرد اقتصادی است. در گیاهان دارویی افزایش مواد مؤثره از نظر اقتصادی شاخص مهمی تلقی می‌شود لذا افزایش شاخص برداشت اسانس به‌عنوان یک صفت مطلوب بایستی مورد توجه قرار گیرد (امیدبیگی، ۱۳۹۱). از آنجایی‌که شاخص برداشت اسانس رابطه مستقیمی با عملکرد اسانس دارد، لذا علت کاهش شاخص برداشت اسانس در شرایط شوری را می‌توان به‌دلیل کاهش عملکرد اسانس در شرایط تنش نسبت داد.

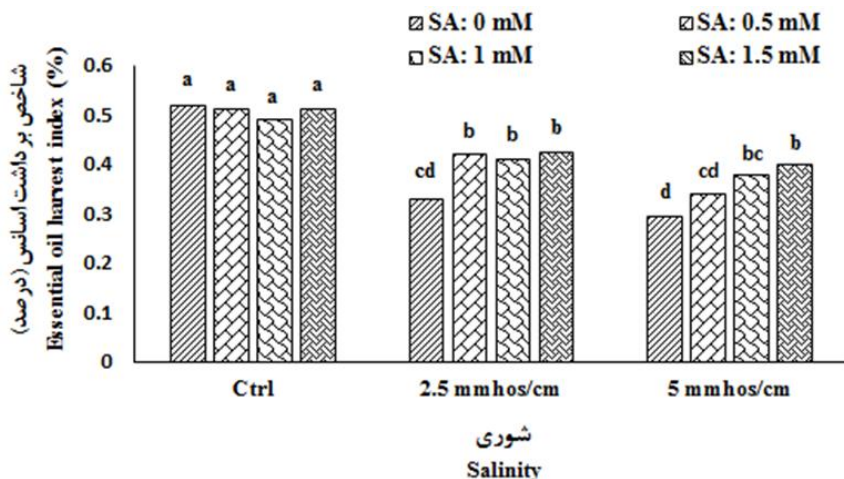
1. Petropoulos
2. Prasad
3. Dow
4. El-Keltawi and Croteau
5. Ozturk

6. Greenway and Munns



شکل ۶: اثر برهم کنش شوری و اسیدسالیسیلیک بر عملکرد اسانس بادرشبی. (SA: اسیدسالیسیلیک). میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند براساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد ندارند

Fig. 6: Interaction effect of salinity and salicylic acid on essential oil yield of Moldavian balm. Means having at least one similar letter are not significantly different at 1% probability level according to Duncan's Test



شکل ۷: اثر برهم کنش شوری و اسیدسالیسیلیک بر شاخص برداشت اسانس بادرشبی. (SA: اسیدسالیسیلیک). میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند براساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد ندارند

Fig. 7: Interaction effect of salinity and salicylic acid on essential oil harvest index of Moldavian balm. Means having at least one similar letter are not significantly different at 5% probability level according to Duncan's Test

شوری کفایت خواهد کرد. لذا باتوجه روند رو به افزایش شور شدن اراضی کشاورزی و اهمیت تولید گیاهان دارویی ازجمله بادرشبی، می‌توان برای افزایش مقاومت این گیاه به شرایط شوری از اسیدسالیسیلیک به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد استفاده نمود. بنابراین کاربرد اسیدسالیسیلیک به‌عنوان روشی اقتصادی و آسان می‌تواند خصوصیات رشد و کیفی بادرشبی در شرایط شوری ملایم که در اکثر خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور وجود دارد را بهبود بخشد و منجر به افزایش درآمد کشاورزان گردد.

نتیجه‌گیری کلی

از نتایج این تحقیق می‌توان استنباط کرد که در شوری ۲/۵ میلی‌موس بر سانتی‌متر و بالاتر پارامترهای رشدی بادرشبی همچون تعداد ساقه‌های فرعی گل‌دهنده، ارتفاع بوته، وزن خشک ریشه و شاخساره، درصد اسانس، عملکرد و شاخص برداشت اسانس کاهش می‌یابد. علاوه بر این، اسیدسالیسیلیک به‌عنوان یک تنظیم‌کننده بالقوه رشد گیاهی برای بهبود وضعیت رشد بادرشبی، عملکرد و کیفیت آن در شرایط شوری می‌تواند مورد توجه قرار گیرد و مصرف آن با غلظت یک میلی‌مولار برای حصول نتیجه مطلوب در شرایط وقوع تنش

منابع

- امیدیگی، ر. ۱۳۹۰. تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد سوم، انتشارات آستان قدس رضوی، ۴۳۸ صفحه.
- پیرزاد، ع.، فیاض مقدم، ا.، رازبان، م. و راعی، ی. ۱۳۹۱. بررسی عملکرد گل، اسانس و شاخص برداشت اسانس بابونه آلمانی *Matricaria chamomilla* L. تحت رژیم‌های آبیاری و مقادیر سوپرچادز A200. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۲ (۳): ۸۵-۹۹.
- کافی، م. ۱۳۸۸. فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان. چاپ اول، مشهد، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۵۰۲ صفحه.
- گوهری، غ.، حسن پور اقدم، م.، دادپور، م. و شیردل، م. ۱۳۹۲. تأثیر محلول پاشی سطوح مختلف روی بر ویژگی‌های رشدی و عملکرد اسانس ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در شرایط تنش شوری. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، سال چهارم، ۱۵: ۱۵-۲۳.
- نوری، ک.، امیدی، ح.، نقدی بادی، ح.، ترابی، ح. و فتوکیان، م. ۱۳۹۱. تأثیر شوری آب و خاک بر عملکرد گل، ترکیبات محلول، محتوی عناصر شوری و کیفیت اسانس بابونه شیرازی (*Matricaria recutita* L.). مجله پژوهش آب در کشاورزی، ۲۶ (۴): ۳۶۷-۳۷۸.
- Abd El-Baky, H. and El-Baroty, G. 2008. Chemical and biological evaluation of the essential oil of Egyptian Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.). International Journal of Integrative Biology, 3: 202-208.
- Abd El-Lateef Gharib, F. 2006. Effect of salicylic acid on the growth, metabolic activities and oil content of Basil and Marjoram. International Journal of Agriculture and Biology, 8 (4): 485-492.
- Abou El-Fadl, I. A., Abd-Ella, M. K. and Hussein, E. H. 1990. Effect of irrigation by saline water on the growth and some principal compounds of peppermint and spearmint in two types of soil. Journal of Agricultural Research, 16: 276-295.
- Ashraf, M. and Akhtar, N. 2004. Influence of salt stress on growth, ion accumulation and seed oil content in sweet fennel. Bologia Plantarum, 48 (3): 461-464.
- Bayat, H., Alirezaie, M. and Neamati, H. 2012. Impact of exogenous salicylic acid on growth and ornamental characteristics of calendula (*Calendula officinalis* L.) under salinity stress. Journal of Stress Physiology and Biochemistry, 8 (1): 258-267.
- Belaqziz, R., Romane, A. and Abbad, A. 2009. Salt stress effects on germination, growth and essential oil content of an endemic thyme species in Morocco (*Thymus maroccanus* Ball.). Journal of Applied Sciences, 5 (7): 858-63.
- Cláudia Pacheco, A., da Silva Cabral, Carolina, da Silva Fermino, É. S. and Cabral Aleman, C. 2013. Salicylic acid induced changes to growth, flowering and flavonoids production in marigold plants. Global Journal of Medicinal Plants Research, 1 (1): 95-100.
- Clevenger, J. F. 1928. Apparatus for determination of essential oil. Journal of American Pharmacists Association, 17: 346-349.
- Dastmalchi, K., Damien-Dorman, H. J., Laakso, I. and Hiltunen, R. 2007. Chemical composition and antioxidative activity of Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) extracts. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 40: 1655-1663.
- Dmitruk, M. and Weryszko-Chmielewska, S. 2010. Morphological differentiation and distribution of non-glandular and glandular trichomes on *Dracocephalum moldavicum* L. shoots. Acta Agrobotanica, 1: 11-22.
- Dow, A. I., Cline, T. A. and Horning, E. V. 1981. Salt tolerance studies on irrigated mint. Bulletin of Agricultural Research Center, Washington State University, Pullman, 906 pp.
- El-Keltawi, N. E. and Croteau, R. 1987. Salinity depression of growth and essential oil formation in spearmint and marjoram and its reversal by foliar applied cytokines. Phytochemistry, 26 (5): 1333-1334.
- El-Shafy, S., Meawad, A., Awad, A. and Shaer, M. 1991. Effect of combination treatment between salinity, Gamma irradiation as well as cycocyl on: II Leaf pigment and chemical constituents of sweet basil plants. Zagazig Journal of Agricultural Research, 18: 2247-2293.
- Fahad, S. H. and Bano, A. S. 2012. Effect of salicylic acid on physiological and biochemical characteriation of maize growth in saline area. Pakistan Journal Botany, 44 (4): 1433-1438.
- Fatemi, R. and Aboutalebi, A. 2012. Valuation the interaction of salinity and salicylic acid on Sweet basil (*Ocimum basilicum*) properties. Annals of Biological Research, 3 (11): 5106-5109.
- Gautam, S. H. and Sing, K. 2009. Salicylic acid -induced salinity tolerance in corn grown under NaCl stress. Acta Physiology Plant, 31: 1185-1190.
- Greenway, H. and Munns, R. 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. Annual Review of Plant Biology, 31: 149-190.
- Hayat, Q., Hayat S., Irfan, M. and Ahmad, A. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. Environmental and Experimental Botany, 68: 14-25.
- Hayat, S., Fariduddin, Q., Ali, B. and Ahmad, A. 2005. Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. Acta Agronomica Hungarica, 53 (4): 433-437.
- Hendawy, S. F. and Khalid, K. A. 2005. Response of sage *Salvia officinalis* L. plants to zinc application under different salinity levels. Journal of Applied Sciences Research, 1 (2): 147-155.
- Idress, M., Naeem, M., Nasir Khan, M., Aftab, T., Masroor, A. and Moinuddin, K. H. 2012. Alleviation of salt stress in lemongrass by salicylic acid. Protoplasma, 249: 709-720.
- Jayakannan, M., Bose, J., Babourina, O., Rangel, Z. and Shabala, S. 2015. Salicylic acid in plant salinity stress signaling and tolerance. Plant Growth Regulation, 76 (1): 25-40.

- Karlidag, H., Ertan, Y. and Turan, M. 2009. Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. *Scientia Agricola* (Piracicaba, Braz.), 66 (2): 180-187.
- Kaydan, D., Yagmur, M. and Okut, N. 2007. Effects of salicylic acid on the growth and some physiological characters in salt stressed wheat (*Triticum aestivum* L.). *Tarim Bilimleri Dergisi*, 13 (2): 114-119.
- Kayednezami, R., Balouchi, H. R. and Yadavi, A. 2012. Effect of foliar application of salicylic acid on yield and yield components and some physiological traits of Lentil (*Lens culinaris* Medik) varieties under salt stress. *Iranian Journal of Pulses Research*, 3 (2): 97-110.
- Khalid, K. A. and Cai, W. 2011. The effects of mannitol and salinity stresses on growth and biochemical accumulations in lemon balm. *Acta Ecologica Sinica*, 31: 112-120
- Khan, W., Prithiviraj, B. and Smith, D. L. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Plant Physiology*, 160: 485-492.
- Khorasaninejad, S., Mousavi, A., Soltanloo, H., Khodayar Hemmati, K. 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.
- Khurama, J. P. S. and Cleland, C. F. 1992. Role of salicylic acid and benzoic acid in flowering of a photoperiod-insensitive strain, *Lemna paucicostata* LP6. *Plant Physiology*, 100 (3): 1541-1546.
- Martin-Mex, R., Villanueva-Couoh, E., Herrera-Campos, T. and Larque-Saavedra, A. 2005. Positive effect of salicylates on the flowering of African violet. *Scientia Horticulturae*, 103: 499-502.
- Munns, R. 2003. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environment*, 25: 239-50.
- Murphy, K. S. T. and Durako, M. J. 2003. Physiological effect of short term salinity changes on *Ruppia maritima*. *Aquat Botany*, 75: 293-309.
- Najafian, S., Khoshkhui, M., Tavallali, V. and Saharkhiz, M. J. 2009. Effect of salicylic acid and salinity in Thyme (*Thymus vulgaris* L.): investigation on changes in gas exchange, water relations, and membrane stabilization and biomass accumulation. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3 (3): 2620-2626.
- Ozturk, A., Unlukara, A., Ipek, A. and Gurbuz, B. 2004. Effects of salt stress and water deficit on plant growth and essential oil content of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 36 (4): 787-792.
- Parida, A. K., Das, A. B., Mitra, B. and Mohanty, P. 2004. Salt-stress induced alterations in protein profile and protease activity in the mangrove, *Bruguiera parviflora*. *Verlag der Zeitschrift für Naturforschung*, 59: 408-414.
- Pazoki, A. 2015. Influence of salicylic and jasmonic acid on chlorophylls, carotenes and xanthophylls contents of Lemon balm (*Melissa officinalis* L.) under salt stress conditions. *Biological Forum-An International Journal*, 7 (1): 287-292.
- Pessarakli, M. and Szabolcs, I. 1999. Soil salinity and sodicity as particular plant/crop stress In: Pessarakli, M. (Ed). *Handbook of plant and crop stress*, 2nd Edition. Marcel Dekker Inc., New York.
- 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.
- Piraste-Anosheh, H., Ranjbar, G. Emam, Y. and Ashraf, M. 2014. Salicylic acid-induced recovery ability in salt-stressed *Hordeum vulgare* Plants. *Turkish Journal of Botany*, 38: 112-121.
- Prasad, A., Anwar, M., Patra, D. D. and Singh, D. V. 1996. Tolerance of mint plants to soil salinity. *Journal of Indian Society Soil Science*, 44 (1): 184-186.
- Raman, V. and Ravi, S. 2011. Effect of salicylic acid and methyl jasmonate on antioxidant systems of *Haematococcus pluvialis*. *Acta Physiol Plant*, 33: 1043-1049.
- Ramezani, E., Ghajar Sepanloum, M. and Naghdi Badi, H. A. 2011. The effect of salinity on the growth, morphology and physiology of *Echium amoenum* Fisch. and Mey. *African Journal of Biotechnology*, 10 (44): 8765-8773.
- Rowshan, V., Khosh Khoi, M. and Javidnia, K. 2010. Effects of salicylic acid on quality and quantity of essential oil components in *Salvia macrosiphon*. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 4 (11): 77-82.
- Sadeghian, F., Hadian, J., Hadavi, M., Mohamadi, A., Ghorbanpour, M. and Ghafarzagdegan, R. 2013. Effects of exogenous salicylic acid application on growth, metabolic activities and essential oil composition of *Satureja khuzistanica* Jamzad. *Journal of Medicinal Plants*, 12 (47): 70-82.
- Said-Al Ahl, H. A. H. and Mahmoud, A. A. 2010. Effect of zinc and/or iron foliar application on growth and essential oil of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) under salt stress. *Ozean Journal of Applied Science*, 3 (1): 97-111.
- Sakhabutdinova, A. R., Fatkhudinova, D. F., Bezrukova, M. V. and Shakirova, F. M. 2003. Salicylic acid prevents the damaging action of stress factor in wheat plants. *Bulgarian Journal of Plant Physiology, Special Issue*: 314-319.
- Stevens, J., Senaratna, T. and Krishnapillai, S. 2006. Salicylic acid induces salinity tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Roma): associated changes in gas exchange, water relations and membrane stabilisation. *Plant Growth Regulation*, 49: 77-83.
- Taarit, M., Msaada, K., Hosni, K. and Marzouk, B. 2010. Changes in fatty acid and essential oil composition of sage (*Salvia officinalis* L.) leaves under NaCl stress, *Food Chemistry*, 119: 951-956.
- Tabatabaie, S. J. and Nazari, J. 2007. Influence of nutrient concentration and NaCl salinity on growth, photosynthesis and essential oil content of peppermint and lemon verbena. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31: 245-53.
- Tarakhovskaya, E. R., Maslov, Y. I. and Shishova, M. F. 2007. Phytohormones in Algae. *Russian Journal of Plant Physiology*, 54: 163-170.
- Tari, I., Csiszar, J., Szalai, G., Horvath, F., Pecsvaradi, A., Kiss, G., Szepsi, A., Szabo, M. and Erdei, L. 2002. Acclimation of tomato plants to salinity stress after a salicylic acid pre-treatment. *Acta Biologica Szegediensis*, 46 (3-4): 55-56.

- Vlot, A. C., Dempsey, M. A. and Klessig, D. F. 2009. Salicylic acid, a multifaceted hormone to combat disease. *Annual Review of Phytopathology*, 47: 177-206.
- Walia, H., Wilson, C., Condamine, P., Liu, X., Ismail, A. M. and Close, T. J. 2007. Large scale expression profiling and physiological characterizations of jasmonic acid-mediated adaptation of barley to salinity stress. *Plant Cell Environ*, 30: 410-421.

Effect of Salicylic Acid Foliar Application on Yield and Essential Oil in Moldavian Balm Under Salinity Stress Conditions

Nasir^{1*}, Y., Izan², T., Javanmard³, A. and Arzhe⁴, J.

Abstract

Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica*) is a valuable medicinal plant adaptable to different climatic regions found in the North and North West of Iran. Soil salinity is known as a limiting factor for plants growth in arid and semi-arid regions of the world, including Iran. This study was carried out as a factorial experiment based on a completely randomized design in order to investigate the effect of four levels of salicylic acid solution (0, 0.5, 1 and 5.1 mM) and three levels of salinity with sodium chloride (0, 2.5 and 5 mmohs/cm) with three replicates on some morphological traits, yield and essential oil of Moldavian balm at greenhouse. Number of lateral flowering stems was reduced by 9.3 and 28.4% under 2.5 and 5 mmohs/cm salinity, respectively compared to non-stress condition. Also, 0.5, 1 and 1.5 mM salicylic acid increased number of lateral flowering stems by an average of 32.5 % compared to the control. Results of mean comparison showed that in 2.5 mmohs/cm salinity, application of all three concentrations of salicylic acid, and in 5 mmohs/cm salinity, application of 1 and 1.5 mM salicylic acid, shoot dry weight of plant, essential oil percentage, essential oils yield and harvest index of essential oil had better performance than the control. Concentrations of 0, 1 and 1.5 mM of salicylic acid increased root dry weight of plant in 2.5 and 5 mmohs/cm salinity compared to the control. Chlorophyll content was significantly decreased in 5 mmohs/cm salinity level, but the application of all three levels of salicylic acid increased Chlorophyll content as much as 15 percent compared to the control.

Keywords: Chlorophyll index, *Dracocephalum moldavica*, Dry weigh, Essential oil, Growth regulator, NaCl

1 and 3. Assistant Professor and Associate Professor, Respectively, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh

2. Master of Science, Department of Environmental Protection of Piranshahr City, Piranshahr

4. PhD Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Urmia

※: Corresponding author Email: ysf_nasiri@ maragheh.ac.ir