مقاله پژوهشی

نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال شانزدهم، شماره ۶۴، زمستان ۱۴۰۰ / صفحات: ۲۳-۱
Doi: 10.30495/iper.2022.688793 ***Dor: 20.1001.1.24237671.1400.16.64.8.2.***

تاثیر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر گلدهی و خصوصیات رشدی شاه‌پسند درختچه‌ای (*Lantana camara* Linn.) تحت تنش شوری

مریم دهستانی اردکانی[۱و۲*]، پریسا قاطعی[۱]، علی مومن‌پور[۳]، جلال غلام‌نژاد[۱و۲]، زهرا فخاری‌پور چرخابی[۱]

[۱]گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه، اردکان، ایران

[۲]پژوهشکده گیاهان دارویی و صنعتی، اردکان، ایران

[۳]مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۱۷

چکیده

شاه‌پسند درختچه‌ای (*Lantana camara* Linn.) گیاه زینتی گلدار و متعلق به خانواده شاه‌پسند است. هدف از پژوهش حاضر بررسی تاثیر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر گلدهی و خصوصیات رشدی شاه‌پسند درختچه‌ای تحت تنش‌شوری بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، شامل سه سطح اسید سالیسیلیک (۰، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) و پنج سطح شوری آبیاری (۰/۵، ۳، ۵، ۷ و ۹ دسی‌زیمنس برمتر)، به اجرا درآمد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که افزایش سطح شوری از ۰/۵ به ۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی-داری باعث کاهش کلیه سطوح پارامترهای رشدی، محتوای کلروفیل و جذب پتاسیم شد. در حالی‌که جذب سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم و نشت یونی نسبت به شاهد افزایش یافت. همچنین، نتایج نشان داد که اسید سالیسیلیک به‌طور قابل توجهی رشد گیاه و صفات فیزیولوژیک را بهبود بخشید. در شوری نه دسی‌زیمنس بر متر استفاده از یک میلی‌مولار اسید دسالیسیلیک میزان ارتفاع شاخه اصلی و تعداد گل‌ها را به‌ترتیب ۳/۲۲ و ۲/۱٤ برابر نسبت به شاهد افزایش و جذب سدیم را ۲/٤٦ برابر کاهش داد. در همین سطح شوری تیمار گیاهان با ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک منجر به افزایش ارتفاع گیاه، قطر ساقه، افزایش قطر شاخه اصلی، تعداد گل‌ها و وزن تر گل به‌ترتیب ۷۰/٦٤ درصد، ۲/۱۵، ۲/۱٤ و ۵/۸ برابر، نسبت به شاهد شد. با توجه به اینکه گیاهان تا شوری هفت دسی‌زیمنس بر متر به‌خوبی رشد رویشی و گلدهی خود را حفظ نمود، به‌نظر می‌رسد که گیاه شاهپسند قادر به تحمل شوری باشد. به‌طور کلی، استفاده از اسید سالیسیلیک (۰/۵ میلی‌مولار) در سطوح بالای شوری باعث بهبود خصوصیات رویشی، گلدهی و جذب عناصر غذایی تحت تنش شوری شد.

واژه‌های کلیدی: رشد رویشی، سدیم، کلروفیل، گیاه زینتی، نشت یونی

مقدمه

شاه‌پسند درختچه‌ای با نام علمی *Lantana camara* Linn. گیاهی زینتی و گلدار و از اعضای خانواده Verbenaceae است (Kalita et al., 2012). گیاهی بوته‌ای قوی به‌صورت ایستاده با ساقه چهارگوش، بوده که تا ارتفاع ۱ تا ۳ متر رشد کرده و می‌تواند تا عرض ۲/۵ متر گسترش یابد. برگ‌ها تخم مرغی یا تخم مرغی مستطیلی، دندانه‌دار و به طول ۸-۳ سانتی‌متر و عرض ٦-۳ سانتی‌متر به رنگ سبز هستند. برگ‌ها و ساقه با کرک‌های زبر پوشیده

*نویسنده مسئول: mdehestani@ardakan.ac.ir

شده‌اند. گل‌های کوچک در دسته‌ای قرار دارند که چتر نامیده می‌شود. رنگ گل معمولا نارنجی، گاهی از سفید تا قرمز متغیر است و با تغییر سن گیاه، رنگ گل نیز تغییر می‌کند (Kalita et al., 2012). از شاه‌پسند درختچه‌ای جهت درمان زخم، ورم، آب مروارید، تب صفراوی، خارش، اگزما و روماتیسم در سیستم‌های پزشکی سنتی استفاده می‌شود (Kirtikar and Basu, 1981). بخش‌های مختلف گیاه شاه‌پسند برای درمان آنفلوانزا، تب، سرفه سیاه، آسم، آبله مرغان، برونشیت، آسیب چشم و فشار خون در فشار خون بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد. امروزه این گیاه در بسیاری از تکنیک‌های پیشرفته مانند گیاه‌پالایی فلزات سنگین و موارد دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ghisalberti, 2000).

شوری به‌عنوان اصلی‌ترین عامل تنش‌زای غیر زنده در تولید گیاهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. پاسخ‌های فیزیولوژیک به خاصیت پلاستیسیتی فنوتیپی و صفات ژنوتیپی هر گونه بستگی دارد (Bisbis et al., 2018; Parihar et al., 2015). اکثر محصولات بسیار حساس به شوری هستند، بنابراین کاهش زیست توده و عملکرد معمولاً مشاهده می‌شود (Zörb et al., 2019). تنش شوری همچنین منجر به تولید گونه‌های اکسیژن واکنش پذیر (ROS) می‌شود و در برابر آن، گیاهان سیستم آنزیم آنتی اکسیدانی خود را توسعه می‌دهند. به هرحال، با مقادیر بالای سدیم سیتوزولی، در گیاه اختلال ایجاد می‌شود (Ahmad et al., 2019). در حقیقت، شوری فرآیندهای اصلی فیزیولوژیک گیاه مانند جوانه‌زنی بذر (Alencar et al., 2015)، تبادل گازی برگ (Mittal et al., 2012)، تعادل آب (Romero-Aranda et al., 2001)، وضعیت تغذیه‌ای (Keutgen and Pawelzik, 2009) و در نتیجه رشد و عملکرد گیاه (Semiz et al., 2012) را به خطر می‌اندازد. برای مقابله با شوری، بعضی از گیاهان از راهکار تجمع املاح سازگار با افزایش سرعت سنتز آنها استفاده می‌کنند. هنگامی که در گیاه یون‌های سمی تجمع می‌یابند، برخی متابولیت‌های اصلی از جمله پرولین، گلایسین، والین، ایزولوسین، آسپارتیک اسید، بتائین، ساکارز و میواینوزیتول هستند که برای تعادل اسمزی و همئوستازی سیتوزول مهم هستند تجمع می‌یابند (El-Tayeb, 2005; Tatar et al., 2010; Padash et al., 2016; Zörb et al., 2019; Bukhat et al., 2019). علاوه بر این، سطوح بالای اسمولیت‌ها با افزایش تحمل تنش از طریق محافظت از آنزیم‌هایی که مسئول مهار ROS هستند، ارتباط دارد (Stevens et al., 2006).

مشخص شده است که اسید سالیسیلیک، تنظیم کننده رشد گیاه فنلی درون‌زا، طیف گسترده‌ای از پاسخ‌های متابولیک و فیزیولوژیک را در گیاهان ایجاد می‌کند و از این طریق بر رشد و نمو آنها تأثیر می‌گذارد (Khan et al., 2015). اثرات مثبت اسید سالیسیلیک در کاهش تنش به بهبود جذب مواد مغذی، محافظت از غشا، ترمیم فتوسنتز و همین‌طور مقابله با مسیرهای سیگنال گونه‌های اکسیژن واکنش پذیر و کاهش تنش اکسیداتیو مربوط می‌شود (Xu and Herrera-V´asquez et al., 2015; Brosch´e, 2014). گزارش‌های متعددی در مورد نقش اسید سالیسیلیک در بهبود تحمل به تنش شوری در گیاهان وجود دارد (Jayakannan et al., 2013; Khan et al., 2014; Li et al., 2014; Pirasteh-Anosheh et al., 2017; Ahmad et al., 2018). گزارش شده است که کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک علائم سمیت ایجاد شده در اثر شوری را از طریق تغییر فعالیت‌های سیستم‌های آنزیمی و غیرآنزیمی علیه ROS بهبود می‌بخشد (Neocleous, and Vasilakakis, 2007; Belkadhi et al., 2014; Mimouni et al., 2016). اسید سالیسیلیک در کنترل

فرآینـدهای مهـم فیزیولوژیـک نقـش دارد، اسـید سالیسیلیک، متابولیسم نیتـروژن، آنـزیم‌هـای ترکیبـات دفاعی و اسمولیت‌ها را بـا القـاء پـرولین و گلایسـین بتـائین در چنـدین گونـه مختلـف افـزایش مـی‌دهـد (Misra and Saxena, 2009). توانایی بهبـود سـرعت فتوسـنتز نیـز بـه ظرفیـت افـزایش فعالیـت روبیسـکو (Lee et al., 2014) و جـذب K^+ (Fayez and Bazaid, 2014)، افـزایش محتـوای ATP و حفـظ نسـبت بهینـه K^+/ Na^+ در گیاهـان مربـوط مـی‌شـود (Hayat et al., 2010). بر این اساس ممکن است اسید سالیسیلیک در سازگاری گیاه بـا تـنش شـوری نقـش داشته باشد. بـا ایـن حـال، سـازوکارهـایی کـه اسـید سالیسیلیک از طریق متابولیت‌هـای اولیـه و ثانویـه بـه تنش شوری در گیاه پاسخ می‌دهد، همچنان نامشخص است (Belkadhi et al., 2014).

نتـایج تحقیقـات نشـان داد کـه کـاربرد اسـید سالیسیلیک احتمالاً می‌تواند در تخفیـف اثـرات تـنش شوری در چمن لولیوم موثر باشد (Moghadam Yar et al., 2018). طی یـک مطالعـه Kamali و همکـاران (۲۰۱۲) بیـان کردنـد کـه محلولپاشـی برگـی اسـید سالیسـیلیک در گیـاه گـل تکمـه‌ای (*Gomphrena globosa* L.) از طریق افزایش محتوای رطوبت نسـبی برگ، منجر به حفظ تورم و حجـم بـرگ مـی‌شـود و غشای سلولی را محافظت می‌کند. همچنین با افـزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی و حفظ آنها تحت شرایط انواع تنش از جملـه تـنش شـوری موجـب بهبـود صـفات فیزیولوژیکی گیاهـان شـده و مقاومـت گیاهـان را در شرایط سخت ناشی از تنش افزایش داد. آنها گـزارش کردنـد کـه اسـتفاده از غلظـت ۲۰۰ پـی‌پـی‌ام اسـید سالیسیلیک جهت محلول پاشـی برگـی، مـی‌توانـد در افزایش مقاومت گیاه به تنش شوری موثر باشد.

طـی پژوهشـی Batista و همکـاران (۲۰۱۹) اثـر اسید سالیسیلیک را بر متابولیسـم اولیـه و ثانویـه گیـاه دارویی *Egletes viscosa* تحت تنش شـوری بررسـی کردند. شوری، زیست توده گیاه، تبادلات گازی بـرگ و محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی را کاهش داد. استفاده از اسید سالیسیلیک محتوای بیشتر ترکیبات آلی فرار را افزایش داد. کاربرد همزمان شوری و اسید سالیسیلیک اثرات شوری را بر زیست توده گیاه معکوس نکرد. اما اسید سالیسیلیک، سطح K^+ برگ‌ها را افزایش و تولیـد بیش از حد H_2O_2 را در گیاهان تحت تنش شوری بـا افزایش متابولیت‌ها کاهش داد، کـه منجـر بـه افزاشـی نرخ فتوسـنتز خـالص شـد. طـی گزارشـی Souana و همکاران (۲۰۲۰) اظهار کردند که تنش شـوری منجـر به کاهش رشد و فعالیت‌های فیزیولوژیـک گیـاه لوبیـا (*Vicia faba* L.) شد. در پاسخ به تنش شـوری، گیـاه لوبیا وضـعیت آبـی گیـاه را بهبـود بخشـید و فعالیـت آنزیم‌های آنتی اکسـیدانت را افـزایش داد. اسـتفاده از اسید سالیسیلیک تحمل به شوری گیاهـان را از طریـق حفظ غشاء سلول و فرایند فتوسنتز، حفظ همئوستازی یونی و کاهش آسیب‌های اکسیداتیو افزایش می‌دهد.

با توجه به پتانسیل بـالای شـاه‌پسـند درختچـه‌ای، جهت کشت در فضـای سـبز منـاطق خشـک و نیمـه خشک، لذا بررسی میزان تحمل به شـوری ایـن گیـاه ضروری می‌باشد. طبـق بررسـی نویسـندگان، تـاکنون پژوهشی در مورد اثـر اسـید سالیسـیلیک بـر افـزایش تحمل به شوری این گیاه صورت نگرفتـه اسـت. لـذا هدف از پژوهش حاضر بررسـی تـاثیر محلـول‌پاشـی اسید سالیسیلیک بـر گلـدهی و خصوصـیات رشـدی شاه‌پسند درختچه‌ای تحت تنش شوری، بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و اعمال تنش: جهـت بررسـی تـأثیر اسـید سالیسیلیک بـر گلـدهی و خصوصـیات رشـدی گیـاه شاهپسـند درختچـه‌ای (*Lantana camara* Linn.) تحـت تـنش شـوری، آزمایشـی در گلخانـه دانشـگاه

اردکان، واقع در استان یزد، طی سال‌های ۹۸-۹۷ انجام شد. به‌منظور انجام این تحقیق، ابتدا از گیاهان مادری واقع در فضای سبز شهرستان یزد، قلمه‌های خشبی به طول ۳±۲۰ سانتی‌متر و قطر ۱±۱۰ میلی‌متر در دی ماه ۱۳۹۷ تهیه شد. سپس قلمه‌ها به مدت پنج ثانیه در محلول ایندول بوتریک اسید (IBA) با غلظت ۲۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر قرار گرفتند و در کیسه‌های پلاستیکی حاوی ماسه کشت و در داخل گلخانه ریشه‌دار شدند. در ادامه قلمه‌های ریشه‌دار شده یکنواخت و یک اندازه از نظر طول و قطر انتخاب و در اسفند ماه ۱۳۹۷ در داخل گلدان‌های ۷ کیلویی حاوی خاکی با بافت لوم بازکشت شدند (جدول ۱). پس از استقرار کامل گیاهان در محیط جدید و از اوایل مردادماه (جدول ۲)، تیمار شوری آغاز شد و به مدت سه ماه (اواخر مهرماه) ادامه یافت.

شدت نور گلخانه در ساعت ۱۲ ظهر در محدوده ۴۰۰۰-۱۵۰۰ لوکس بود. میانگین دمای شبانه گلخانه ۴±۱۶ و میانگین دمای روزانه ۴±۲۴ درجه سانتی‌گراد حفظ شد. رطوبت گلخانه با استفاده از آبیاری کف گلخانه و باز کردن دریچه‌های جانبی و سقف گلخانه تا حد امکان تنظیم شد و میزان رطوبت بین ۵۰ تا ۷۰ درصد در نوسان بود. این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای این آزمایش شامل اسید سالیسیلیک در سه سطح (۰، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) و شوری آبیاری در پنج سطح شامل (۰/۵ (آب شهری) ، ۳، ۵، ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر)، بودند که هر تیمار با سه تکرار و در مجموع با ۴۵ گیاه انجام شد. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با آغاز اعمال تنش شوری روی گیاهان سه مرتبه به فاصله ۳۰ روز یک بار صورت گرفت (Moghadam Yar et al., 2018).

برخی از ویژگی‌های خاک مورد بررسی به شرح زیر بود: هدایت الکتریکی (EC) اولیه خاک که ۶/۲۰ دسی‌زیمنس بر متر بود که پس از سه مرتبه آبشویی به ۱ دسی‌زیمنس بر متر رسید. بافت خاک لومی (۴۸درصد شن، ۳۶درصد سیلت و رس ۱۹درصد)، pH ۷/۵، نیتروژن ۰/۱ درصد، پتاسیم قابل جذب ۲۲۹ پی‌پی‌ام، فسفر قابل جذب ۱۴/۵۵ پی‌پی‌ام و کربن آلی ۱/۰۳ درصد بود. به‌منظور اعمال تیمارهای شوری ۰/۵، ۳، ۵، ۷ و ۹ دسی‌زیمنس‌برمتر، از آب بسیار شور منطقه عقدا، استفاده شد که ترکیب آن در جدول ۱ ارائه شده است. همچنین، برای اجتناب از ایجاد تنش ناگهانی و پلاسمولیز، افزودن نمک‌ها به‌صورت تدریجی انجام و در مدت یک هفته به غلظت نهایی رسانده شد. میزان رطوبت خاک گلدان‌ها در سطح ظرفیت مزرعه(Field capacity)، قبل از انتقال گیاهان به گلدان، به کمک دستگاه صفحه فشار (مدل F1, USA) تعیین شد. آبیاری گلدان‌ها با توجه به تغییرات وزن آن‌ها و نیاز آبشویی، انجام می‌شد. برای این منظور، ابتدا وزن خاک خشک گلدان‌ها، نقطه ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی تعیین شد. سپس میزان آب مورد نیاز برای رسیدن خاک مورد آزمایش به حد ظرفیت زراعی محاسبه شد. زمانی که ۵۰درصد آب قابل استفاده گیاه مصرف شده بود، مجددا آبیاری انجام می‌شد و در هر مرتبه آبیاری حدود ۰/۱±۲/۱ لیتر آب به گلدان‌ها داده می‌شد. همچنین، به منظور اطمینان از انجام نیاز آبشویی خاک گلدان‌ها، پس از هرنوبت آبیاری، هدایت الکتریکی و حجم زه آب خروجی گلدان‌ها اندازه‌گیری می‌شد. به‌منظور کنترل بیشتر رعایت آبشویی، در پایان آزمایش نیز نمونه خاک، از هر یک از سطوح اعمال تیمار شوری تهیه و هدایت الکتریکی و pH آن‌ها اندازه‌گیری شدند.

جدول ۱: ویژگی‌های کیفی آب مورد استفاده پس از رقیق شدن به نسبت ۱ به ۲۰ با آب شهری

هدایت الکتریکی	واکنش آب	Na (mg/L)	Cl (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	HCO_3^- (mg/L)
۲۵/۱۰	۷/۹۱	۲۱۱/۳	۲۲۳/۱۱	۲۲/۰۵	۲۹/۵۲	۲/۷۷

اندازه‌گیری صفات

خصوصیات مورفولوژیک: به منظور ثبت میزان افزایش قطر، ارتفاع، تعداد برگ سبز و تعداد انشعابات گیاهان مورد نظر، قبل از شروع اعمال تیمار شوری، قطر و ارتفاع آنها اندازه گیری شد و تعداد برگ‌های سبز و تعداد انشعابات آنها یاداشت گردید و مجددا صفات مورد نظر در پایان آزمایش (سه ماه پس از آغاز تنش یعنی اواخر مهرماه) اندازه‌گیری شدند و مقادیر افزایش یافته محاسبه گردید (Momenpour et al., 2018). تعداد گل‌ها روی هر بوته شمارش شد.

وزن تر و خشک گل و ریشه: به‌منظور اندازه‌گیری وزن تر و خشک گل و ریشه در پایان آزمایش، از گیاهان جدا و وزن شدند و سپس به‌مدت ٤٨ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد قرار داده شدند و وزن خشک آن‌ها محاسبه شد (Mousavi et al., 2009).

کلروفیل a، b و کل: برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل a، b و کل، ۰/۲ گرم از بافت تازه برگ‌های بالایی و پایینی شاخه اصلی توزین و در هاون چینی توسط استون ۸۰ درصد عصاره‌گیری شد. از محلول فوقانی حاصل پس از عمل سانتریفوژ برای اندازه‌گیری کلروفیل استفاده شد و میزان جذب نور برای کلروفیل a و b به‌ترتیب در طول موج های ٦٦٣ و ٦٤٥ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل DR2000)، طی رابطه ۱ اندازه‌گیری شد (Arndt et al., 2001).

رابطه ۱

$$\text{کلروفیل a} = [12.7(D663) - 2.69(D645)] \times \frac{V}{1000W}$$

$$\text{کلروفیل b} = [22.9(D645) - 4.68(D663)] \times \frac{V}{1000W}$$

$$\text{کلروفیل کل} = [20.2(D_{465}) - 8.02(D_{663})] \frac{V}{1000W}$$

نشت یونی: برای اندازه‌گیری نشت یونی نسبی، ۰/۵گرم برگ از هر ژنوتیپ جداگانه وزن و در داخل ویال‌های شیشه‌ای ریخته شدند و ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر به آن‌ها اضافه شد. نمونه‌ها به مدت ٢٤ ساعت درون شیکر با دمای ٢٤ درجه سانتی‌گراد و با سرعت ۱۲۰دور در دقیقه قرار داده شدند و پس از ٢٤ ساعت میزان هدایت الکتریکی اولیه (LT)، آن‌ها به وسیله دستگاه EC متر دیجیتالی (مدل Metrohm 644) اندازه‌گیری شدند. سپس نمونه‌ها به مدت یک ساعت در حمام بن‌ماری در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و مجددا به مدت دو ساعت روی شیکر قرار داده شدند و میزان هدایت الکتریکی نهایی (LO) آن‌ها اندازه‌گیری شد و در نهایت درصد نشت یونی طبق رابطه ۲ محاسبه شد (Lutts et al., 1995).

رابطه ۲ $\text{درصد نشت یونی} = (LT/LO) \times ۱۰۰$

غلظت عناصر غذایی: پس از خاکستر کردن مواد گیاهی و تهیه عصاره گیاهی، غلظت عناصر سدیم و پتاسیم با رقیق کردن عصاره اندازه گیری شد. اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم در گیاه به روش نشر شعله‌ای و با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر (PFP7 Jenway، ساخت آلمان) تعیین گردید (Richards, 1954). میزان جذب عناصر نیز با استفاده از غلظت عناصر و محاسبه وزن خشک اندام‌های هوایی طبق رابطه ۳ محاسبه گردید (Zhu et al., 2017). لازم به ذکر است که منظور از جذب، میزان برداشت آن عنصر از خاک گلدان و انتقال به اندام هوایی می باشد.

رابطه ۳:

$$U(\frac{mg}{pot}) = \frac{C \times W}{100} \times 1000$$

در این معادله، U میزان جذب عنصر توسط گیاه، C غلظت عنصر در گیاه بر حسب درصد و W وزن خشک گیاه بر حسب گرم در گلدان می‌باشد.در نهایت، تجزیه و تحلیل داده‌های آماری، با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه ۹/۱)، انجام و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و نرم افزار MSTATC (ورژن ۲/۱۰)، صورت گرفت.

نتایج

خصوصیات رشدی: بررسی نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که شوری در سطح احتمال یک درصد بر ارتفاع، افزایش ارتفاع، افزایش تعداد انشعابات، افزایش قطر شاخه اصلی، افزایش قطر قلمه، افزایش قطر ساقه اصلی، افزایش تعداد برگ شاخه اصلی، تعداد برگ انشعابات و تعداد کل برگ گیاه معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر اسید سالیسیلیک بر ارتفاع، افزایش ارتفاع و تعداد برگ انشعابات در سطح احتمال یک درصد و بر افزایش قطر شاخه اصلی، افزایش قطر قلمه، افزایش تعداد برگ شاخه اصلی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). اسید سالیسیلیک بر افزایش تعداد انشعابات، افزایش قطر ساقه اصلی و تعداد کل برگ گیاه اثر معنی‌داری نشان نداد (جدول ۲). اثر متقابل شوری و اسید سالیسیلیک بر ارتفاع، افزایش ارتفاع، افزایش قطر قلمه و افزایش قطر ساقه اصلی در سطح احتمال یک درصد و بر افزایش تعداد انشعابات، افزایش قطر شاخه اصلی، افزایش تعداد برگ شاخه اصلی، تعداد برگ انشعابات و تعداد کل برگ گیاه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

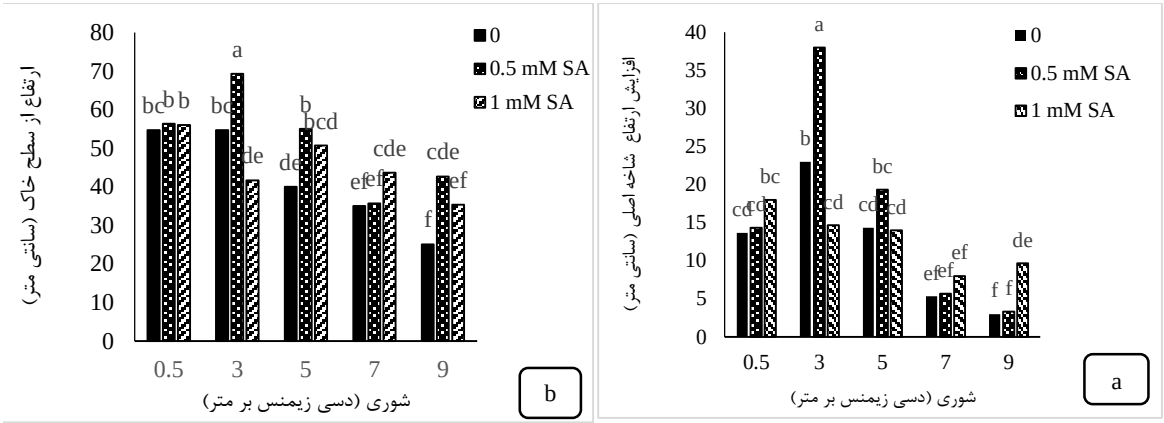
جدول ۲: تجزیه واریانس برخی خصوصیات رشدی شاه‌پسند درختچه‌ای (*Lantana camara*) تحت تاثیر شوری و اسید سالیسیلیک

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات										
		ارتفاع	ارتفاع افزایش یافته	انشعابات افزایش یافته	افزایش قطر شاخه اصلی	افزایش قطر قلمه	افزایش قطر ساقه اصلی	تعداد برگ افزایش یافته شاخه اصلی	تعداد برگ انشعابات نهایی	تعداد کل برگ گیاه	تعداد گل	وزن تر گل	وزن خشک گل
شوری (a)	٤	٧٦٥/٦١**	٨٣/٠٥**	١٦/٧٨**	١٠/٦٥**	٦/٣٤**	٤/٩٩**	١٥٥٨/١٠**	١٢٠٦/٢٠**	٢٣٢٤/٩١**	٢١٩/٨٥**	٢٠/٠٥**	١/١٠**
اسید سالیسیلیک (b)	٢	٤٦٦/٠٢**	٧٥/١٨**	٠/٢٧^{ns}	٢/٠٧*	٠/٦١*	٠/٤٤^{ns}	١٧٥/١٨*	١٩٥/٤٦**	٧/٨٠^{ns}	٤٠/١٥**	٦/٦٤**	٠/٠١^{ns}
a × b	٨	٢٠١/٠٧**	١٠٤/٥٣**	٠/٩٢*	١/١١*	١/٢٩**	١/٨٥**	٧٧/٥٧*	٢٢/٠٥*	١٤٢/٢٤*	٧٩/٣٢**	٩/٠١**	٠/١٩**
خطا	٣٠	٤٢/٦٨	١٠/١٣	٠/٨٢	٠/٦٣	٠/١٩	٠/١٩	٣٠/٩٧	١٦/٠٨	٥٣/٦٠	٢/٧٥	٠/٦٧	٠/٠٢
C.V.(درصد)		١٣/٩٦	١٢/٢٢	١٩/٢١	١٧/٣٧	٢٥/٥٦	١٨/٩٦	٢٨/٢٣	٢٦/٠٤	١٨/٧٠	١٦/٥٦	٢٣/٣٥	٢٦/١٣

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ^{ns} عدم معنی‌داری.

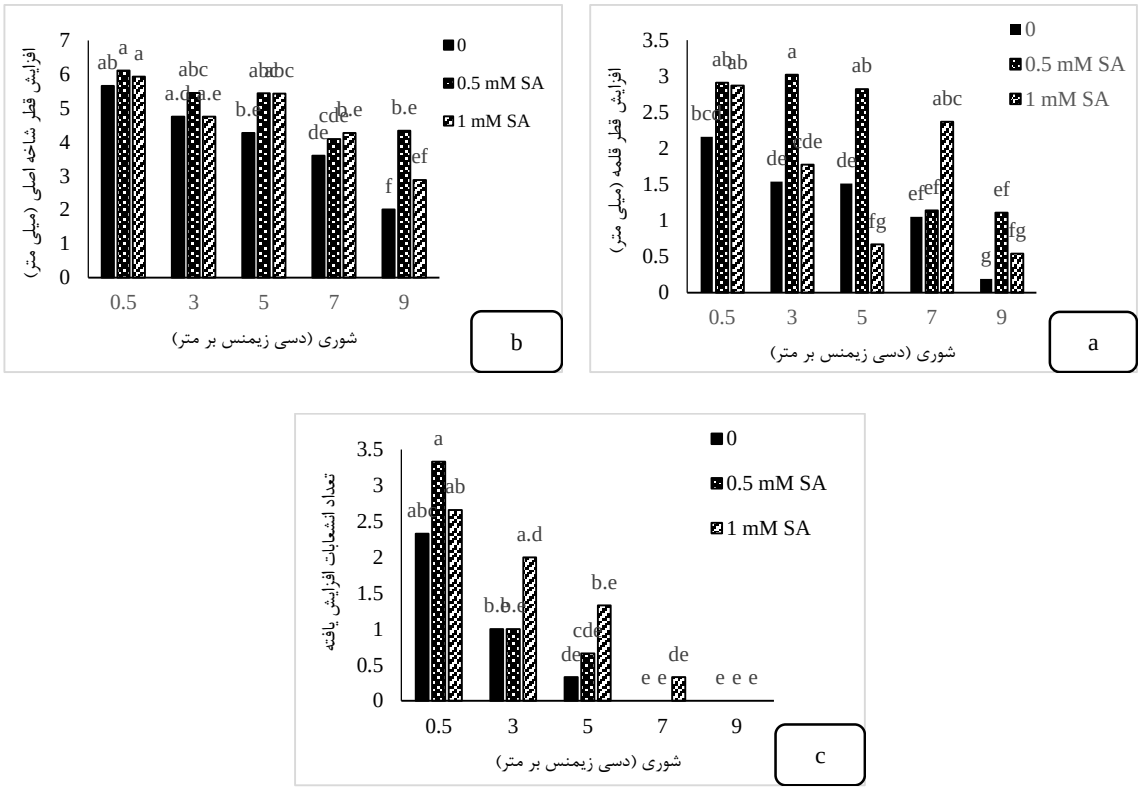
ارتفاع و افزایش ارتفاع: با افزایش سطح شوری میزان ارتفاع و افزایش ارتفاع به‌طور معنی‌داری در گیاهان شاه‌پسند کاهش یافت (شکل a۱ و b). از شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر افزایش ارتفاع به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل a۱). بیشترین ارتفاع (۶۹/۳۳ سانتی‌متر) و افزایش ارتفاع (۳۸/۰۰ سانتی‌متر) در شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر و در تیمار ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک حاصل شد که به‌ترتیب ۲۶/۸۳ و ۱۷۸/۱۸ درصد بیشتر از شاهد بود (شکل a۱ و b). در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر استفاده از ۱

میلی‌مولار اسید سالیسیلیک میزان ارتفاع شاخه اصلی را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد (۳/۲۲ برابر) (شکل ۱a). در همین سطح شوری تیمار گیاهان با ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک ارتفاع گیاه را از سطح خاک ۷۰/٦٤ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ۱b). در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر، شاهد و گیاهان تیمارشده با ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک کمترین میزان افزایش ارتفاع شاخه اصلی (۳ و ۳/۳۳ سانتی‌متر) را نشان دادند (شکل ۱a). گیاهان شاهد در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر کمترین ارتفاع از سطح خاک (۲۵ سانتی‌متر) را نشان دادند (شکل ۱b).



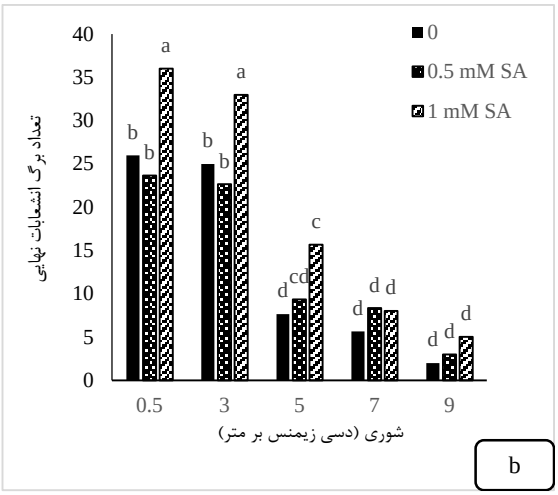
شکل ۱: اثر متقابل شوری و اسید سالیسیلیک بر a) افزایش ارتفاع شاخه اصلی و b) ارتفاع از سطح خاک گیاه شاه‌پسند درختچه‌ای (*Lantana camara*)

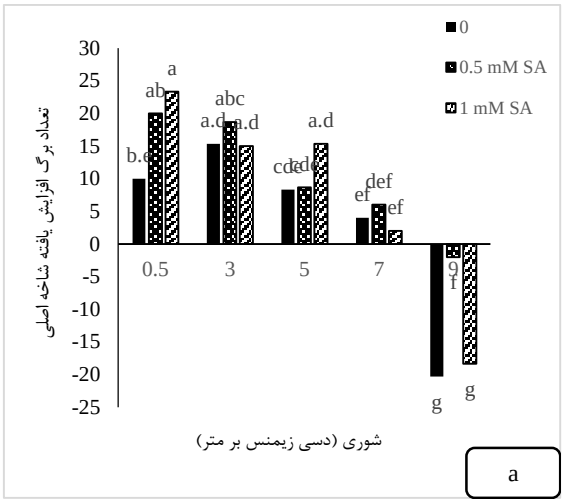
افزایش قطر قلمه، قطر شاخه اصلی و افزایش تعداد انشعابات: با افزایش سطح شوری میزان افزایش قطر قلمه، قطر شاخه اصلی و افزایش تعداد انشعابات به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۲ a، b و c). در همه سطوح شوری کاربرد اسید سالیسیلیک منجر به افزایش قطر قلمه و قطر شاخه اصلی نسبت به شاهد شد (شکل ۲a و b). بیشترین افزایش قطر قلمه (۳/۰۲ میلی‌متر) در گیاهان تیمار شده با ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد که ۳۹/۸۱ درصد بیشتر از شاهد بود (شکل ۲a). همین‌طور در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر تیمار گیاهان با ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک ۵/۸ برابر قطر ساقه را نسبت به شاهد در همین سطح شوری افزایش داد (شکل ۲a). بیشترین افزایش قطر شاخه اصلی (٦/۱۱ و ۵/۹۳ میلی‌متر) در شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر و گیاهان تیمار شده با ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به‌دست آمد که نسبت به شاهد معنی‌دار نبود (شکل ۲b). در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر تیمار گیاهان با ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک ۲/۱۵ برابر منجر به افزایش قطر شاخه اصلی شد (شکل ۲b). بیشترین افزایش تعداد انشعابات (۳/۳۳ عدد) در شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر و گیاهان تیمار شده با ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به‌دست آمد که نسبت به شاهد معنی‌دار نبود (شکل ۲c). در سطوح بالای شوری (۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) گیاهان قادر به افزایش تعداد انشعابات خود نبودند (شکل ۲c). تنها تیمار ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک منجر به تولید ۰/۳۳ عدد انشعابات در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر شد (شکل ۲c).

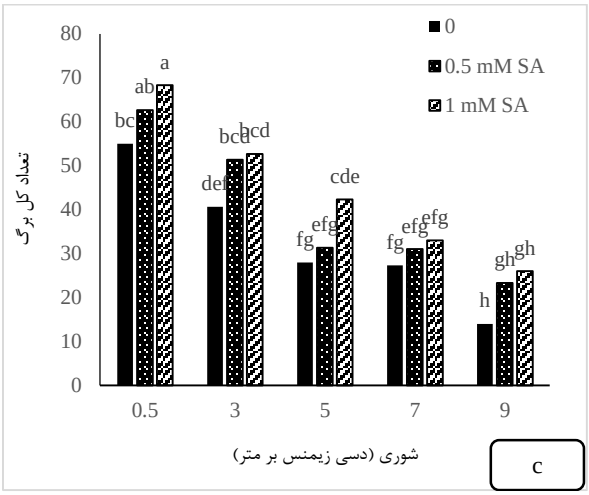


شکل ۲: اثر متقابل شوری و اسید سالیسیلیک بر a) افزایش قطر قلمه اصلی و b) افزایش قطر ساقه اصلی و c) تعداد انشعابات افزایش یافته گیاه شاه‌پسند درختچه‌ای (*Lantana camara*)

تعداد برگ افزایش یافته شاخه اصلی، تعداد برگ انشعابات و تعداد کل برگ: با افزایش سطح شوری تعداد برگ افزایش یافته شاخه اصلی، تعداد برگ انشعابات و نیز تعداد کل برگ به‌طور معنی‌داری در گیاهان شاه‌پسند کاهش یافت، اما کاربرد اسید سالیسیلیک منجر به بهبود این صفات نسبت به شاهد شد (شکل ۳a، b و c). بیشترین افزایش تعداد برگ (۲۳/۳۳ عدد) در گیاهان تیمار شده با ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد که ۲/۳۳ برابر بیشتر از شاهد بود (شکل ۳a). در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر تیمار گیاهان با ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک منجر به افزایش تعداد برگ شاخه اصلی شد اما نسبت به شاهد در این سطح شوری معنی‌دار نبود (شکل ۳a). در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر نه‌تنها برگی افزایش نیافت بلکه گیاهان دچار ریزش برگ هم شدند (شکل ۳a). بیشترین تعداد برگ انشعابات (۲۳/٦٦ و ۲۲/٦٦ عدد) در دو سطح شوری ۰/۵ و ۳ دسی‌زیمنس بر متر در تیمارهای ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک حاصل شد (شکل b۲). در شوری ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر تیمار گیاهان با اسید سالیسیلیک نتوانست منجر به افزایش تعداد برگ نسبت به شاهد شود (شکل b۲). بیشترین تعداد کل برگ گیاه (٦٨/۳۳ عدد) در شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک حاصل شد (شکل c۲). در سایر سطوح شوری استفاده از اسید سالیسیلیک تاثیری در افزایش تعداد کل برگ گیاه نداشت (شکل c۲).





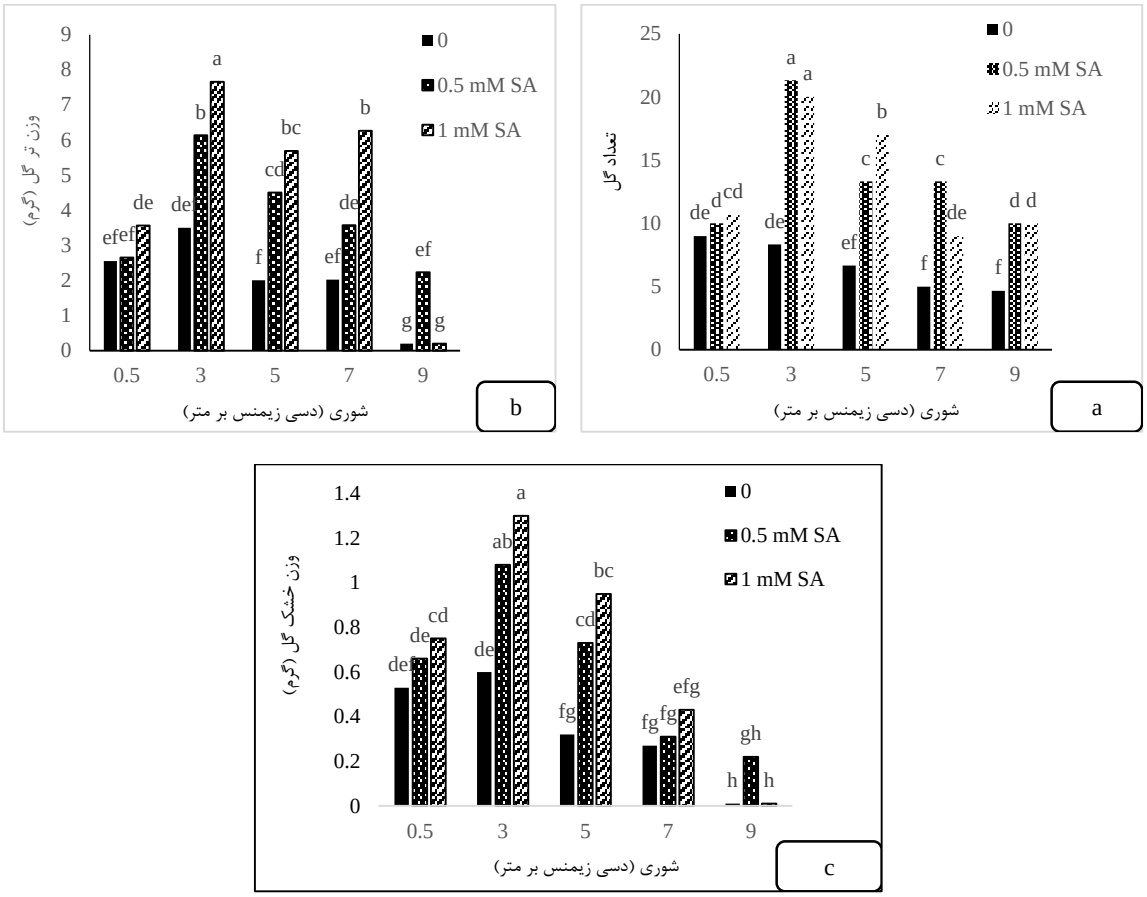


شکل ۳: اثر متقابل شوری و اسید سالیسیلیک بر a) تعداد برگ افزایش یافته شاخه اصلی b) تعداد برگ انشعابات نهایی و c) تعداد کل برگ گیاه شاه‌پسند درختچه‌ای (*Lantana camara*)

تعداد و وزن تر و خشک گل: اثر شوری، اسید سالیسیلیک و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر تعداد و وزن تر گل معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر شوری و برهمکنش شوری و اسید سالیسیلیک در سطح احتمال یک درصد بر وزن خشک گیاه معنی‌دار بود (جدول ۳). اما اسید سالیسیلیک اثر معنی‌داری بر وزن خشک گل نشان نداد (شکل ۳). با افزایش سطح شوری، تعداد و وزن تر و خشک گل به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ٤a، b و c).

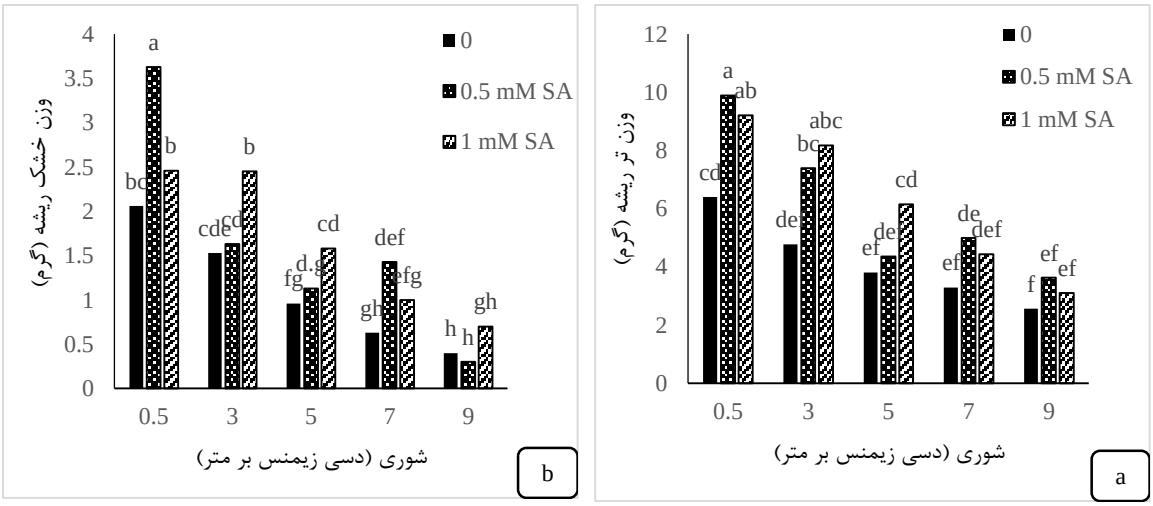
بیشترین تعداد گل (۲۱/۳۳ و ۲۰ عدد) در شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر و در گیاهان تیمار شده با ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک مشاهده شد (شکل ٤a). در سطوح بالای شوری (۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) گلدهی گیاهان حفظ شد گرچه مقدار آن نسبت به سطوح پائین شوری کاهش یافت. تیمار با اسید سالیسیلیک در سطوح بالای شوری منجر به افزایش تعداد گل‌ها تقریبا به اندازه گیاهان شاهد (شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر) شد (شکل ٤a). تیمار گیاهان با ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در شوری ۹ دسی‌زیمنس تعداد گل‌ها را ۲/۱٤ برابر شاهد افزایش داد (شکل ٤a). بیشترین میزان وزن تر و خشک گل (به‌ترتیب ۷/٦٦ و ۱/۳ گرم) در شوری ۳ دسی‌زیمنس

بر متر و گیاهان تیمار شده با ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک حاصل شد (شکل ٤b و c). در شوری ۳، ۵، ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر تیمار گیاهان با اسید سالیسیلیک وزن تر گل و در شوری ۳ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر وزن خشک گل را به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان تیمار نشده با اسید سالیسیلیک افزایش داد (شکل ٤b و c). در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر تیمار گیاهان با ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به‌طور قابل توجهی وزن تر گل را افزایش داد (شکل ٤b).



شکل ٤: اثر متقابل شوری و اسید سالیسیلیک بر a) تعداد گل، b) وزن تر و c) وزن خشکل گل گیاه شاه‌پسند درختچه‌ای (*Lantana camara*)

اثر شوری، اسید سالیسیلیک و اثر متقابل آنها بر وزن تر و خشک ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش سطح شوری، وزن تر و خشک ریشه گیاه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۵ a و b). بیشترین وزن تر و خشک ریشه (به‌ترتیب ۹/۸۹ و ۳/٦۳ گرم) در شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک حاصل شد (شکل ۵ a و b). هر چند کاربرد اسید سالیسیلیک در سطوح بالای شوری (۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) منجر به افزایش وزن تر و خشک ریشه نسبت به شاهد (بدون تیمار با اسید سالیسیلیک) شد، اما این افزایش معنی‌دار نبود (شکل ۵ a و b).



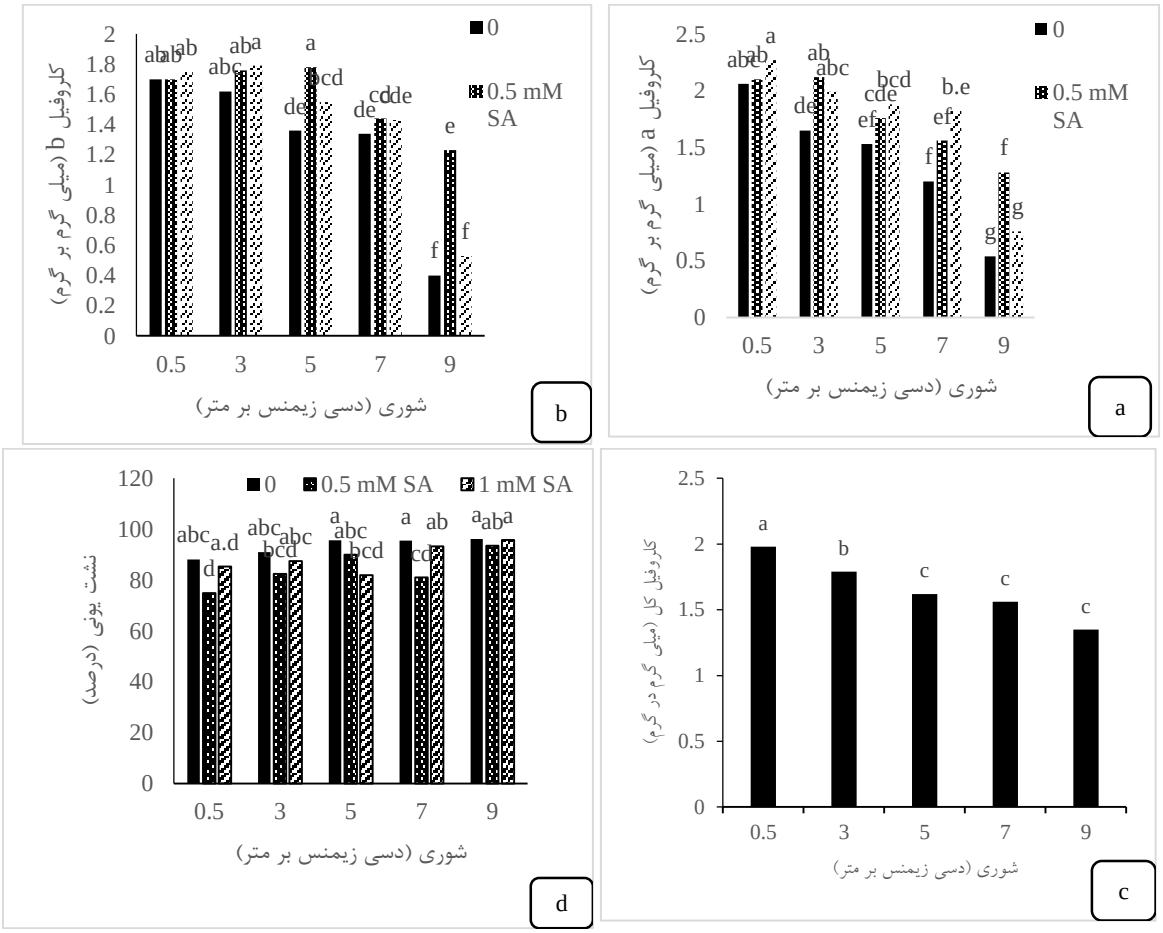
شکل ۵: اثر متقابل شوری و اسید سالیسیلیک بر a) وزن تر و b) وزن خشکل ریشه گیاه شاه‌پسند درختچه‌ای (*Lantana camara*)

کلروفیل a، b و کل: اثر شوری و اثر متقابل شوری و اسید سالیسیلیک در سطح احتمال یک درصد و اثر اسید سالیسیلیک در سطح احتمال ۵ درصد بر کلروفیل a معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر شوری، اسید سالیسیلیک و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر کلروفیل b معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر شوری بر محتوای کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). کاربرد اسید سالیسیلیک و اثر متقابل شوری و اسید سالیسیلیک بر محتوای کلروفیل کل برگ معنی‌دار نبود (جدول ۳). با افزایش سطح شوری، محتوای کلروفیل a، b و کلروفیل کل به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل a,b, c٦). کاربرد اسید سالیسیلیک در همه سطوح شوری منجر به افزایش میزان هر دو کلروفیل a و b شد (شکل a٦ و b). بیشترین میزان کلروفیل a (٧/٤٦ میلی‌گرم بر گرم) در شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر و گیاهان تیمار شده با اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار حاصل شد که ۵۸/۷۲ درصد بیشتر از شاهد بود (شکل a٦). کمترین مقدار کلروفیل a (۱/۷ و ۲/٤ میلی‌گرم بر گرم) در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر و گیاهان شاهد و تیمار شده با اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار به‌دست آمد (شکل a٦). بیشترین مقادیر کلروفیل b (۱/۷۹ و ۱/۷۸ میلی‌گرم بر گرم) نیز در شوری ۳ و ۵ دسی‌زینس بر متر و به‌ترتیب در تیمارهای اسید سالیسیلیک ۱ و ۰/۵ میلی‌مولار حاصل شد (شکل b٦). کمترین مقادیر کلروفیل b (۰/٤ و ۰/۵۳ میلی‌گرم بر گرم) نیز در شوری ۹ دسی‌زینس بر متر و به‌ترتیب در شاهد و تیمار اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار به‌دست آمد (شکل b٦). بیشترین محتوای کلروفیل کل (۱/۹۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد (شکل c٦).

جدول ۳: تجزیه واریانس برخی خصوصیات فیزیولوژیک و جذب عناصر در برگ شاه‌پسند درختچه‌ای (*Lantana camara*) تحت تاثیر شوری و اسید سالیسیلیک

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	نشت یونی	جذب سدیم	جذب پتاسیم	سدیم/ پتاسیم
شوری (a)	٤	٤١/٦٩**	٥/٩٩**	٢/٢٢**	١/٥٧**	٠/٥٠**	١٨٢/٧٧**	٣٧٧/٢٦**	٤٨/٠١**	٦/٩٠**
اسید سالیسیلیک (b)	٢	٨/٦١**	٠/٥٥**	٠/٠٧*	٠/٢٦**	٠/٠٠٣^{ns}	١٧٤/٣٨*	١٣٦/٨٢**	١٢/٣٦**	٤/٥١*
a × b	٨	٤/٧٠**	٠/٧٨**	٠/١٤**	٠/١٢**	٠/٠١^{ns}	٩٠/٠١*	٤٦/٥٩**	٨/٩١**	٨/٣٤**
خطا	٣٠	١/٤١	٠/٠٨	٠/٠٢	٠/٠١	٠/٠٢	٣٨/١٧	١٠/٨١	٠/٦١	١/٤٤
C.V. (درصد)		٢١/٧١	١٩/٨٤	١٠/٢٢	٧/٨٨	٩/٧٠	٦/٩٦	١٢/٣٨	١٦/٥٧	١٨/٧١

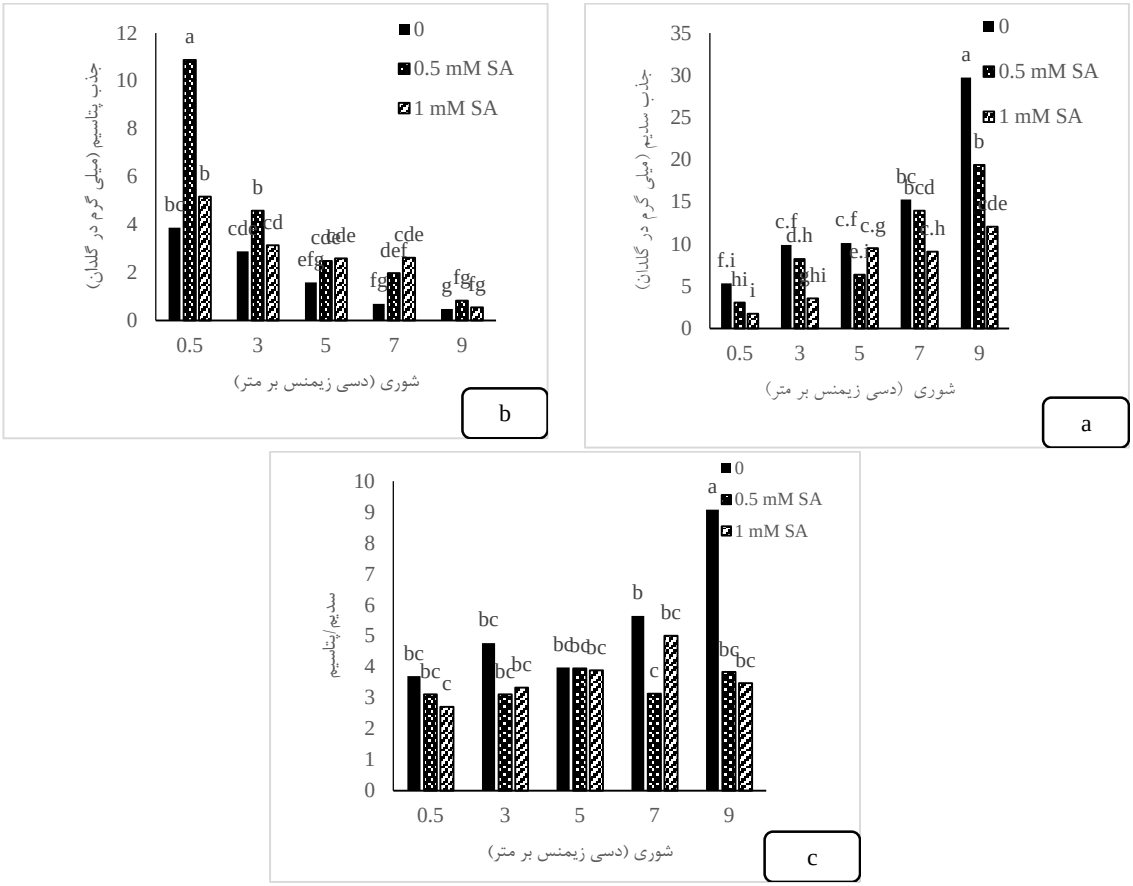
* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و ^{ns} عدم معنی‌داری



شکل ٦: اثر متقابل شوری و اسید سالیسیلیک بر a) میزان کلروفیل a، b) b، و d) نشت یونی و c) اثر شوری بر میزان کلروفیل کل گیاه شاه‌پسند درختچه‌ای (*Lantana camara*).

نشت یونی: اثر شوری در سطح احتمال یک درصد، اثر اسید سالیسیلیک و اثر متقابل شوری و اسید سالیسیلیک در سطح احتمال ۵ درصد بر نشت یونی معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش سطح شوری،

میزان نشت یونی افزایش یافت (شکل d٦). نتایج حاصله با Pirasteh-Anosheh و همکاران (۲۰۱۷) روی جو و Ghasemi و همکاران (۲۰۲۰) روی بهلیمو مطابقت داشت. بیشترین میزان نشت یونی (۹۵/٦۱، ۹۵/٤۸ و ۹٦/۱٤ درصد) در سطوح شوری ۵، ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر و در گیاهان شاهد به‌دست آمد (شکل d٦). در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر تیمار گیاهان با اسید سالیسیلیک تاثیری در کاهش نشت یونی نداشت. اما در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر تیمار گیاهان با ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک میزان نشت یونی را ۱۷/۹۲ درصد نسبت به شاهد کاهش داد (شکل d٦).



شکل ۷: اثر متقابل شوری و اسید سالیسیلیک بر جذب a) سدیم، b) پتاسیم و c) نسبت سدیم به پتاسیم گیاه شاه‌پسند درختچه‌ای (*Lantana camara*)

جذب عناصر غذایی: اثر شوری، اسید سالیسیلیک و اثر متقابل آنها بر جذب سدیم و پتاسیم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر شوری و اثر متقابل شوری و اسید سالیسیلیک در سطح احتمال یک درصد و اثر اسید سالیسیلیک در سطح احتمال ۵ درصد بر نسبت سدیم به پتاسیم معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش سطح شوری، جذب سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم به‌طور معنی‌داری افزایش و جذب پتاسیم کاهش یافت (شکل a۷، b و c). نتایج حاصله با Dehestani-Ardakani و همکاران (۲۰۱۹) روی باران طلایی و Ahmadi و همکاران (۲۰۲۰) روی انار مطابقت داشت. بیشترین جذب سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم (به‌ترتیب ۲۹/۷۳ میلی‌گرم در گلدان و ۹/۰۸) در گیاهان شاهد در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد (شکل a۷، b). تیمار گیاهان در همین سطح شوری به‌طور معنی‌داری جذب سدیم را نسبت

به شاهد کاهش داد. بیشترین کاهش جذب سدیم (۱۲/۰۵ میلی‌گرم در گلدان) در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر در گیاهان تیمار شده با ۱ میلی‌مولار به‌دست آمد که ۲/٤٦ برابر کمتر از شاهد بود (شکل ۷ a). بیشترین جذب پتاسیم (۱۰/۸۷ میلی‌گرم در گلدان) در گیاهان تیمار شده با ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد (شکل ۷b). هرچند تیمار گیاهان با اسید سالیسیلیک در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر منجر به افزایش جذب پتاسیم نسبت به شاهد شد اما این افزایش معنی‌دار نبود (شکل ۷b). در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین جذب پتاسیم (۲/٦۲ میلی‌گرم در گلدان) در گیاهان تیمارشده با ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به‌دست آمد که ۳/۷۹ برابر بیشتر از شاهد بود (شکل ۷b). تیمار با اسید سالیسیلیک تنها در سطوح بالای شوری (۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) منجر به کاهش معنی‌دار نسبت سدیم به پتاسیم شد (شکل ۷c). کمترین نسبت سدیم به پتاسیم (۲/۷۱) در شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک حاصل شد که ۳٦/۵۳ درصد نسبت به شاهد کمتر بود (شکل ۷c).

بحث

با افزایش سطح شوری میزان ارتفاع و افزایش ارتفاع به‌طور معنی‌داری در گیاهان شاه‌پسند کاهش یافت. نتایج حاصله با Ahmadi و همکاران (۲۰۲۰) روی سه ژنوتیپ زینتی انار، Ghasemi و همکاران (۲۰۲۰) روی بـــه‌لیمـــو (*Lippia citriodora*) و Dehestani-Ardakani و همکاران (۲۰۱۹) روی گیاه بـاران طلایـی (*Koelreutria paniculata* Laxm.) مطابقت داشت. ارتفاع بوته به‌شدت به محیط رشد وابسته است. از آنجا که پدیدهٔ رشد حاصل فعالیت‌های حیاتی در شرایطی است که گیاه باید آب کافی در اختیار داشته باشد، در صورت تأمین نشدن آب مورد نیاز به دلیل کاهش فشار تورژسانس سلول‌های در حال رشد و اثر بر طول سلول‌ها، کاهش ارتفاع رخ می‌دهد (Munns and Tester, 2008). در شرایط شوری میزان اسید آبسزیک در برگ افزایش می‌یابد که موجب بسته شدن روزنه‌ها، کاهش جذب آب و کاهش سطح برگ می‌شود. کاهش سطح برگ مهم‌ترین دلیل کاهش رشد و طویل شدن گیاه در اثر شوری محسوب می‌شود (Salimi and Shekari, 2012). در شـــوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر استفاده از ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک میزان ارتفاع شاخه اصلی را نسبت به شاهد ۳/۲۲ برابر افزایش داد. گزارشات متعددی در مورد مهار گسترش تقسیم سلولی، کاهش سطح برگ و کاهش دریافت نور، تسریع پیری برگ‌ها، تحت تاثیر قرار گرفتن دستگاه فتوسنتزی، غیرفعال شدن فتوسیستم I و II به‌دلیل جدا شدن برخی از پروتئین‌ها از آنها در حضور غلظت‌های بالای سدیم و کلر، تغییر در هدایت روزنه‌ای، نرخ تعرق، محتوای نسبی آب و کاهش فشار تورژسانس، تغییر در هدایت روزنه‌ای، تغییر در مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی و القای کلروفیلاز، سمیت نمک به‌دلیل جذب مقادیر زیاد یون‌های سدیم و کلر، رقابت و اختلال در جذب و انتقال یون‌های ضروری، عدم تعادل و کمبود عناصر ضروری، تنش اکسیداتیو و اکسیداسیون ترکیبات مهم زیستی از جمله پروتئین‌ها و یا پراکسیداسیون لیپیدها و آسیب به غشاهای زیستی از جمله غشاهای تیلاکوئیدی، دلایلی است که در کاهش رشد در شرایط تنش شوری و خشکی در کاربرد برون‌زای تنظیم‌کننده رشد به ویژه اسید سالیسیلیک ارائه شده است (Shibli et al., 2007).

با افزایش سطح شوری میزان افزایش قطر قلمه، قطر شاخه اصلی و افزایش تعداد انشعابات به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. نتایج به‌دست آمده با

Ahmadi و همکاران (۲۰۲۰) و Mastrogiannidou و همکاران (۲۰۱۶) روی انار مطابقت داشت. کاهش رشد و عملکرد گیاه در اثر شوری می‌تواند در اثر تغییر در انتقال فرآورده‌های فتوسنتزی به ریشه‌ها، کاهش ارتفاع و یا به دلیل بسته شدن جزئی یا کلی روزنه‌ها باشد (Gorai et al., 2010). در همه سطوح شوری کاربرد اسید سالیسیلیک منجر به افزایش قطر قلمه و قطر شاخه اصلی نسبت به شاهد شد. این موضوع که غلظت‌های پایین و متوسط اسید سالیسیلیک باعث افزایش فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه و بهبود تحمل آن به شوری شده و در غلظت‌های بالا با ایجاد تداخل در سیستم آنتی‌اکسیدانی اثر منفی دارد، در سایر پژوهش‌ها نیز گزارش شده است (Shakirova, 2007; Ranjbar et al., 2017; Pirasteh-Anosheh et al., 2017).

با افزایش سطح شوری تعداد برگ افزایش یافته شاخه اصلی، تعداد برگ انشعابات و نیز تعداد کل برگ به‌طور معنی‌داری در گیاهان شاه‌پسند کاهش یافت، اما کاربرد اسید سالیسیلیک منجر به بهبود این صفات نسبت به شاهد شد. مشخص شده است که دسترسی به آب برای گیاهان پرورش یافته در شرایط شوری به‌دلیل افزایش پتانسیل اسمزی در محیط اطراف ریشه بسیار پائین است. کاهش جذب آب منجر به کاهش فشار تورژسانس برگ‌ها و در نتیجه بسته شدن روزنه‌ها شده که این امر موجب کاهش تعرق و فتوسنتز می‌گردد (Mastrogiannidou et al., 2016). در شوری ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر تیمار گیاهان با اسید سالیسیلیک نتوانست منجر به افزایش تعداد برگ نسبت به شاهد شود. برخی محققان علت تأثیر مثبت اسید سالیسیلیک بر شاخص‌های رشدی را بهبود و افزایش فتوسنتز و بالابودن میزان محتوی نسبی آب و پتانسیل آب در اثر استعمال اسید سالیسیلیک می‌دانند (Singh and Usha, 2003).

با افزایش سطح شوری، تعداد و وزن تر و خشک گل به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. Kalhor و همکاران (۲۰۱۹) نیز گزارش کردند که افزایش سطح شوری خاک وزن تر و خشک دیسک گل همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) را به طور معنی‌داری کاهش داد. گل‌ها نسبت به تنش شوری بسیار حساس هستند، مهار خصوصیات رشدی گل در تیمارهای شوری به طور قطع به‌دلیل مهار فتوسنتز گیاهان از طریق تغییر در محتوای کلروفیل و اجزای آن است و به دستگاه فتوشیمیایی آسیب می‌رساند (Lyengar and Reddy, 1996)، که منجر به کاهش میزان کربوهیدرات (منبع انرژی) لازم برای تقسیم سلول و افزایش طول می‌شود که ممکن است دلیل کاهش تعداد گل، وزن تر و خشک گل باشد. تحت تنش شوری غلظت مواد فتوسنتزی انتقالی به گل‌ها کاهش می‌یابد (Aldesuquy and Ibrahim, 2001)، و برگ‌ها به‌عنوان مصرف‌کننده نه تولیدکننده رفتار می‌کنند (Arbona et al., 2005). این امر باعث مهار حرکت جذب به سمت اندام‌های زایشی در حال رشد می‌شود که ممکن است دلیل کاهش تعداد گل باشد. در شوری ۳، ۵، ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر تیمار گیاهان با اسید سالیسیلیک وزن تر گل و در شوری ۳ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر وزن خشک گل را به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان تیمار نشده با اسید سالیسیلیک افزایش داد. در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر تیمار گیاهان با ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به‌طور قابل توجهی وزن تر گل را افزایش داد. اثرات مفید اسید سالیسیلیک در گلدهی می‌تواند به افزایش کارایی فتوسنتز با تثبیت کلروفیل، تولید بالاتر و انتقال ذخایر فتوسنتزی برای گلدهی افزایش یافته مربوط باشد (Hayat et al., 2010). نتایج به‌دست آمده با یافته‌های Mahroof و همکاران (۲۰۱۷) در گل آهار (*Zinnia elegans*) مطابقت دارد.

هر چند کاربرد اسید سالیسیلیک در سطوح بالای شوری (۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) منجر به افزایش وزن تر و خشک ریشه نسبت به شاهد (بدون تیمار با اسید سالیسیلیک) شد، اما این افزایش معنی‌دار نبود. نتایج حاصله با Abdolmohammadi و همکاران (۲۰۱۸) روی شب‌بو (*Matthiola incana* L.) همسو بود. کاربرد اسید سالیسیلیک نه‌تنها جذب آب و مواد غذایی را با تسریع رشد ریشه افزایش داد، بلکه تجمع کربوهیدرات‌ها را با بهبود توانایی فتوسنتزی برگ افزایش می‌دهد، بنابراین منجر به افزایش وزن خشک در گیاهان خیار تحت تنش شوری شد (Miao et al., 2020).

با افزایش سطح شوری، محتوای کلروفیل کل به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. نتایج حاصله با Ghasemi و همکاران (۲۰۲۰) روی به‌لیمو همسو بود. با افزایش سطح تنش شوری محتوای کلروفیل و کارتنوئید در گیاه تربچه (*Raphanus sativus*) نیز به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Bukhat et al., 2019). تنش شوری با افزایش غلظت تنظیم کننده‌های رشد مانند اسید آبسیزیک و اتیلن باعث تحریک فعالیت آنزیم کلروفیلاز شده و بر اثر آن کلروفیل‌ها تخریب می‌شوند. نشان داده شده است که تنش شوری با اختلال در جذب برخی عناصر دخیل در سنتز کلروفیل مانند آهن و منیزیم، باعث کاهش محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدها در برگ می‌شود (Neocleous and Vasilakakis, 2007). اسید سالیسیلیک با جلوگیری از تخریب ساختار کلروپلاست در شرایط شور (Khodary, 2004) باعث بهبود متابولیسم‌های گیاه و افزایش تحمل آن به تنش شوری می‌شود.

با افزایش سطح شوری، میزان نشت یونی افزایش یافت. نتایج حاصله با Pirasteh-Anosheh و همکاران (۲۰۱۷) روی جو و Ghasemi و همکاران (۲۰۲۰) روی به‌لیمو مطابقت داشت. در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر تیمار گیاهان با اسید سالیسیلیک تاثیری در کاهش نشت یونی نداشت. اما در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر تیمار گیاهان با ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک میزان نشت یونی را ۱۷/۹۲ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. رادیکال‌های سوپر اکسید ایجاد شده در شرایط تنش شوری باعث پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء و افزایش مقدار مالون دی‌آلدئید و در نتیجه آسیب به غشاهای سلولی می‌شود (Borsani et al., 2001; Sairam et al., 2002). به‌نظر می‌رسد که پایداری غشای سلولی در شرایط تنش شوری با سنتز پروتئین‌های ویژه و آنزیم‌های کلیدی فتوسنتز گیاه و غشاهای تیلاکوئیدی مرتبط است (Sairam et al., 2002) و حفظ پایداری غشای سلولی در طی تنش، نقش محوری در افزایش تحمل گیاه دارد. اسید سالیسیلیک قادر است با مهار گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر باعث کاهش آسیب به غشای سلولی و کاهش نشت یونی شود (Ashraf et al., 2010). این سازوکار یک راهکار مهم برای کاهش اثر سوء تنش شوری بر گیاه توسط اسید سالیسیلیک بوده و در تحقیقات متعددی گزارش شده است (Stevens et al., 2006; Ahmed et al., 2009).

با افزایش سطح شوری، جذب سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم به‌طور معنی‌داری افزایش و جذب پتاسیم کاهش یافت. نتایج حاصله با Dehestani-Ardakani و همکاران (۲۰۱۹) روی باران طلایی و Ahmadi و همکاران (۲۰۲۰) روی انار مطابقت داشت. اصولا گیاهان در مواجهه با تنش شوری با دو مشکل عمده روبرو می‌شوند. از طرفی خسارت شوری در گیاهان با کاهش پتانسیل آب در محیط رشد ریشه، سبب محدودیت جذب آب توسط ریشه می‌گردد (Grattan and Grieve, 1999). از طرف دیگر برخی یون‌ها آثار سمی بر فرآیندهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه بر جا می‌گذارد که هر دو مساله سبب

اختلال در جذب عناصر غذایی توسط ریشه و در نهایت منجر به کاهش رشد گیاه می‌شود (Taize and Zeiger, 1998). غلظت زیاد سدیم در ریشه و برگ بروز مشکلات اسمزی و متابولیک را در گیاه موجب شده و سمیت ناشی از تجمع بیش ازحد این عنصر در گیاه منجر به کاهش فتوسنتز و تولید ماده خشک می‌شود (Tester and Davenport, 2003).

در مطالعه اثرات تنش خشکی و شوری بر گیاهان گزارش شده است که با کاهش محتوای آب خاک، تحرک پتاسیم کاهش و قابلیت دسترسی پتاسیم برای ریشه‌های گیاه نیز کاهش می‌یابد (Hu and Schmidhalter, 2005). با افزایش سطح شوری سدیم به بخش هوایی منتقل و در برگ‌ها جمع و موجب بروز نشانه‌های سمیت می‌شود. گیاه به صورت انتخابی جذب پتاسیم را به سدیم ترجیح می‌دهد ولی در صورت بیشتر بودن غلظت یون سدیم در محلول خاک، کمبود K^+ در گیاه قطعی است (Kafi et al., 2009). در این مطالعه کمبود آب در خاک محیط اطراف ریشه پتاسیم ریشه را در گیاهان شاهد نسبت به تیمار شده کاهش داد. علت کاهش پتاسیم در شرایط تنش کم‌آبی، کاهش میزان حلالیت پتاسیم و متعاقباً کاهش جذب آن توسط ریشه‌های گیاه است (Osuagwu et al., 2020). از طرف دیگر کلوئیدهای خاک با قدرت بیشتری پتاسیم را جذب می‌کنند و مانع جذب آن توسط ریشه می‌شوند (Osuagwu et al., 2020). رابطه آنتاگونیستی میان سدیم و پتاسیم ممکن است مربوط به رقابت مستقیم جذب پتاسیم و سدیم در ناحیه ریشه باشد. افزایش نسبت یون سدیم به پتاسیم در پاسخ به تنش شوری در منابع متعددی گزارش شده است (Rahnama et al., 2011; Shelden et al., 2013). انتخاب‌پذیری یون پتاسیم به سدیم در گیاهان به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم تفکیک گونه‌های گیاهی متحمل از حساس گزارش شده است (Poustini and Siosemardeh, 2004).

بیان شده است که اسید سالیسیلیک باعث کاهش غلظت سدیم و افزایش غلظت پتاسیم و نیتروژن در گیاه ریحان در تنش‌های مختلف می‌شود (Padash et al., 2016). Hasanvand و همکاران (۲۰۲۰) نیز گزارش کردند که کاربرد اسید سالیسیلیک موجب کاهش میزان سدیم در برگ و گل گاوزبان اروپایی شد که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. نتایج مقایسه میانگین اثر اسید سالیسیلیک بر سدیم برگ گل گاوزبان اروپایی نشان داد که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک باعث کاهش مقدار سدیم برگ شد. اسید سالیسیلیک، جذب عناصر سدیم را کاهش و پتاسیم را افزایش می‌دهد که بیانگر نقش آن در حفظ و ثبات هموستازی یونی گیاه است (Raghami et al., 2016). Grinishabankareh و Khorasan Nezhad (۲۰۱۷) در گیاه دارویی اکلیل کوهی و Padash و همکاران (۲۰۱۶) در ریحان در مورد نقش مثبت اسید سالیسیلیک در افزایش میزان پتاسیم در زمان تنش گزارش کردند.

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طور کلی با افزایش سطح تنش شوری خصوصیات رشدی وگلدهی گیاه شاه‌پسند به‌طور معنی‌داری کاهش یافت در حالی که میزان نشت یونی و جذب عنصر سدیم افزایش یافت. نتایج به‌دست آمده نشان داد که در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر استفاده از ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک میزان ارتفاع شاخه اصلی (۳/۲۲ برابر) و تعداد گل‌ها (۲/۱٤ برابر) را به‌ترتیب ۳/۲۲، ۲/۱٤ کاهش و جذب سدیم را ۲/٤٦ برابر را نسبت شاهد افزایش داد. در همین سطح شوری تیمار گیاهان با ۰/۵ میلی‌مولار اسید

سالیسیلیک منجر به افزایش ارتفاع گیاه (۷۰/٦٤ درصد)، قطر ساقه (۵/۸ برابر)، افزایش قطر شاخه اصلی (۲/۱۵ برابر)، تعداد گل‌ها (۲/۱٤ برابر) و وزن تر گل نسبت به شاهد شد. در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر نیز تیمار گیاهان با ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک میزان نشت یونی را ۱۷/۹۲ درصد نسبت به شاهد کاهش و جذب پتاسیم را در تیمار با ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک ۳/۷۹ برابر نسبت به شاهد افزایش داد. به‌طورکلی، کاربرد اسید سالیسیلیک منجر به تخفیف آثار تنش شوری خصوصا در سطوح بالای شوری (۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) بر گیاه شد. به‌نظر می‌رسد که سطح ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک تاثیر بیشتری در کاهش آثار شوری بر گیاه شاه‌پسند نشان داده است.

References

Abdolmohammadi, S., Omidi, J., hatamzadeh, A. and hassanpour asil, M. (2018). Evaluation of Salinity Stress Tolerance in (*Matthiola incana* L.) under Salicylic acid Treatment. Science Research and Applied Biology. 8(31): 121-131. (In Persian)

Ahmad, P., Alyemeni, M.N., Ahanger, M.A., Egamberdieva, D., Wijaya, L. and Alam, P. (2018). Salicylic acid (SA) induced alterations in growth, biochemical attributes and antioxidant enzyme activity in Faba bean (*Vicia faba* L.) seedlings under NaCl toxicity. Russ. Journal of Plant Physiology. 65: 104–114

Ahmad, R., Hussain, S., Anjum, M.A., Khalid, M.F., Saqib, M., Zakir, I. and Hassan, A. (2019). Plant Abiotic Stress Tolerance, Plant Abiotic Stress Tolerance. Springer International Publishing, Cham.https://doi.org/10.1007/978-3-030-06118-0.

Ahmadi, F., Dehestani-Ardakani, M., Momenpour, A. and Golamnezhad, J. (2020). Evaluation of some physiological and morphological characteristics of three genotypes of the ornamental pomegranate (*Punica granatum* L.) under salt stress. Journal of Plant Production Research. 27(2): 167-186. (in Persian)

Ahmed, B., H. Abidi, F. Manaa, A. M. Hajer and Z. Ezzeddine. (2009). Salicylic acid induced changes on some physiological parameters in tomato grown under salinity. In Proceeding of 16th International Plant Nutrition, 12 April, Davis. USA.

Aldesuquy. H. S. and Ibrahim, A. H. (2001). Water relations, abscisic acid and yield of wheat plants in relation to the interactive effect of seawater and growth bioregulators. Journal of Agronomy and Crop Science. 187: 97-104.

Alencar, N.L.M., Gadelha, C.G., Gallão, M.I., Dolder, M.A.H., Prisco, J.T. and Gomes-Filho, E. (2015). Ultrastructural and biochemical changes induced by salt stress in Jatropha curcas seeds during germination and seedling development. Funct. Plant Biology. 42,

Arbona. V., Marco, A.J., Ijlesias, D.J., Lopez-Climent, M.F., Talon, M. and Gómez-Coudenas, A. (2005). Carbohydrate depletion in roots and leavers of salt stressed potted *Citrus clemtina* L. Plant Growth Regulator. 46(2): 153-160.

Arndt, S.K.K., Clifford, S.C., Wanek, W., Jones, H.G. and Popp, M. (2001). Physiological and morphological adaptations of the fruit tree *Ziziphus rotundifolia* in response to progressive drought stress. Tree Physiology. 21: 705-715.

Arnon, A.N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal. 23:112-121.

Ashraf, M., Akram, N.A., Arteca, R.N. and Foolad, M.R. (2010). The physiological, biochemical and molecular roles of brassinosteroids and salicylic acid in plant processes and salt tolerance. Critical Review of Plant Science. 29:162–190.

Batista, V.C.V., Pereira, I.M.C., de Oliveira Paula-Marinho, S., Canuto, K.M., Pereira, R.D.C.A., Rodrigues, T.H.S. and de Carvalho, H.H. (2019). Salicylic acid modulates primary and volatile metabolites to alleviate salt stress-induced photosynthesis impairment on medicinal plant Egletes viscosa. Environmental and Experimental Botany. 167: 103870.

Belkadhi, A., De Haro, A., Soengas, P., Obregon, S., Cartea, M.E., Chaibi, W. and Djebali, W. (2014). Salicylic acid increases tolerance to oxidative stress induced by hydrogen peroxide accumulation in leaves of cadmium-exposed flax (*Linum usitatissimum* L.). Journal of Plant Interaction. 9: 647–654. https://doi.org/10.1080/17429145.2014. 890751.

Bisbis, M.B., Gruda, N. and Blanke, M. (2018). Potential impacts of climate change on vegetable production and product quality – a review. Journal of Cleaner Production. 170: 1602–1620. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09 .224.

Borsani, O., Valpuestan, V. and Botella, M.A. (2001). Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in Arabidopsis seedlings. Plant Physiology. 126: 1024-1030.

Bukhat, S., Manzoor, H., Zafar, Z.U., Azeem, F. and Rasul, S. (2019). Salicylic acid induced photosynthetic adaptability of *Raphanus sativus* to salt Stress is associated with antioxidant capacity. Journal of Plant Growth Regulation. 39(2): 809-822.

Burg, M.B. and Ferraris, J.D. (2008). Intracellular organic osmolytes: function and regulation. Journal of Biolology and Chemistry. 283: 7309–7313. https://doi.org/10.1074/jbc.R700042200.

Dehestani-Ardakani, M., Dashti, M., Shirmardi, M. and Momenpour, A. (2019). Effect of cow manure and vermicompost on increasing salt tolerance of golden rain tree. Journal of Forest Research Development. 5(4): 541-556. doi: 10.30466/jfrd.2019.120793. (In Persian)

El-Tayeb, M.A. (2005). Response of barley grains to the interactive e.eCt of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation. 45: 215–224. https://doi.org/10.1007/s10725- 005-4928-1.

Fayez, K.A. and Bazaid, S.A. (2014). Improving drought and salinity tolerance in barley by application of salicylic acid and potassium nitrate. Journal of Saudi Socety of Agricultural Science. 13: 45–55. https://doi.org/10.1016/j.jssas.2013.01.0 01. 1089/omi.2015.0161.

Ghasemi, M., Ghasemi, S., Hosseini Nasab, F., Rezaei, N. (2020). Effect of salicylic acid application on some growth traits of Lemon verbena (*Lippia citriodora*) under salinity stress. Journal of Plant Production Research. 26(4): 163-176. (in Persian)

Ghisalberti, E.L. (2000). *Lantana camara* Linn. Review. Fitoterapia. 71: 467-485

Gorai, M., Ennajeh, M., Khemira, H. and Neffati, M. (2010). Combined effect of NaCl salinity and hypoxia on growth, photosynthesis, water relations and solute accumulation in *Phragmites australis* plants. Flora. 205(7): 462-470.

Grattan, S.R. and Grieve, C.M. (1999). Salinity-mineral-nutrient relations in horticultural crops. Scientia Horticulturae. 78:127-157.

Grinishabankareh, H. and Khorasan Nezhad, S. (2017). The Effect of biological fertilizers and salicylic acid on quality and performance of medicinal herbs of anthrax in underwater regimes. Agricultural Landscaping. 19(2): 491-475. (In Persian).

Hasanvand, H., siadat, S., Bakhshandeh, A., Moradi Telavat, M. and Poshtdar, A. (2020). Effects of salicylic acid on yield and nutrient uptake of borage (*Borago officinalis* L.) under interrupting irrigation conditions. Environmental Stress Crop Science. 13(2): 519-531. doi: 10.22077/escs.2019.2035.1504. (In Persian).

Hayat, Q., Hayat, H., Irfan, M. and Ahmad, A. (2010). Effect of exogenous salicylic acid under changing

environment: A review. Environmental and Experimental Botany, 68(1): 14-25.

Herrera-V´asquez, A., Salinas, P. and Holuigue, L. (2015). Salicylic acid and reactive oxygen species interplay in the transcriptional control of defense genes expression. Front. Plant. Science. 6: 171. https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00171.

Hu, Y.C. and Schmidhalter, U. (2005). Drought and salinity: a comparison of their effects on mineral nutrition of plants Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 168: 541-549.

Jayakannan, M., Bose, J., Babourina, O., Rengel, Z. and Shabala, S. (2013). Salicylic acid improves salinity tolerance in Arabidopsis by restoring membrane potential and preventing salt-induced K+ loss via a GORK channel. Journal of Expperimental Botany. 64: 2255–2268.

Kafi, M., Borzoee, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A. and Nabati, J. (2009). Physiology of environmental stresses in plants. Jahad daneshgahi Mashhad. 502 pp. (In Persian).

Kalhor, M., Dehestani-Ardakani, M., Shirmardi, M. and Gholamnezhad, J. (2019). Effect of Different Media Cultures on Physico-Chemical Characteristics of Pot Marigold (*Calendula officinalis* L.) Plants under Salt Stress. Journal of Plant Production Research (Agronomy, Breeding and Horticulture). 42(1): 89-102. (In Persian)

Kalita, S., Kumar, G., Karthik, L., Venkata, V. and Rao, B. (2012). A Review on Medicinal Properties of *Lantana camara* Linn. Research. Journal of Pharma and Technology. 5(6):711-715

Kamali, M., Kharazi, S.M., elahvarzi, Y. and Tehranifar, A. (2012). Effect of salisylic acid on some morphophysiologic traits of *Gomphrena globosa* L. under salt stress. J ournal of Horticultural Science. 26(1): 104-112.

Keutgen, A.J. and Pawelzik, E. (2009). Impacts of NaCl stress on plant growth and mineral nutrient assimilation in two cultivars of strawberry. Environmental and Experimental Botany. 65: 170–176. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2008.08.002.

Khan, M.I.R., Asgher, M. and Khan, N.A. (2014). Alleviation of salt-induced photosynthesis and growth inhibition by salicylic acid involves glycinebetaine and ethylene in mungbean (*Vigna radiata* L.). Plant Physiology and Biochemistry. 80: 67–74.

Khan, M.I.R., Fatma, M., Per, T.S., Anjum, N.A.and Khan, N.A. (2015). Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. Front. Plant. Sci. 6: 462. https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00462.

Khodary, S.E.A. (2004). Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants. International Journal of Agricultural Biology. 6: 5-8.

Kirtikar, K.R. and Basu, B.D. (1981). Indian Medicinal Plants. 1: 6.6.

Lee, S.Y., Damodaran, P.N. and Roh, K.S. (2014). Influence of salicylic acid on rubisco and rubisco activase in tobacco plant grown under sodium chloride in vitro. Saudi Journal of Biological Science. 21: 417–426. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2014.04.002.

Li, L., Zhang, H., Zhang, L., Zhou, Y., Yang, R., Ding, C. and Wang, X. (2014). The physiological response of *Artemisia annua* L. to salt stress and salicylic acid treatment. Physiology and Molecular Biology of Plants. 20: 161–169.

Li, T., Hu, Y., Du, X., Tang, H., Shen, C. and Wu, J. (2014). Salicylic acid alleviates the adverse effects of salt stress in *Torreya grandis* cv. Merrillii seedlings by activating photosynthesis and enhancing antioxidant systems. PLOS ONE 9, e109492.

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 Expperimental Botany. 46: 1843–1852.

Lyengar. E.R. and Reddy و M.P. (1996). Photosynthesis in highly salt tolerant

plants. In:Pesserkali, M.(Ed), Handbook of photosynthesis. Marshal Dekar, Baten Rose, USA, 897-909.

Mahroof, S., Qureshi, U.S., Chughtai, S., Shah, M., John, S. and Qureshi, A. (2017). Effect of different growth stimulants on growth and flower quality of zinnia (*Zinnia elegans*) var. Benery's giant. IJB., 11(2): 25-34.

Mastrogiannidou, E., Chatzissavvidis, C., Antonopoulou, C., Tsabardoukas, V., Giannakoula, A. and Therios, I. (2016). Response of pomegranate cv. wonderful plants to salinity. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 16(3): 621-636.

Miao, Y., Luo, X., Gao, X., Wang, W., Li, B. and Hou, L. (2020). Exogenous salicylic acid alleviates salt stress by improving leaf photosynthesis and root system architecture in cucumber seedlings. Scientia Horticulturae. 272: 109577.

Mimouni, H., Wasti, S., Manaa, A., Gharbi, E., Chalh, A., Vandoorne, B., Lutts, S. and Ahmed, Ben, H. (2016). Does salicylic acid (SA) improve tolerance to salt stress in plants? Astudy of SA effects on tomato plant growth, water dynamics, photosynthesis, and biochemical parameters. Omi. Journal of Integrative of Biology. 20: 180–190. https://doi.org/10.

Misra, N. and Saxena, P. (2009). Effect of salicylic acid on proline metabolism in lentil grown under salinity stress. Plant Science. 177: 181–189. https://doi.org/10.1016/j.plantsci. 2009.05.007.

Mittal, S., Kumari, N. and Sharma, V. (2012). Differential response of salt stress on Brassica juncea: photosynthetic performance, pigment, proline, D1 and antioxidant enzymes. Plant Physiology and Biochemistry. 54: 17–26. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.02 .003.

Moghadam Yar, M., Souri, M., Motalebi, E. and Rouzban, M. (2018). Effects of foliar application of salicylic acid on growth characteristics of lolium grass under salt stress condition. Journal of Environmental Science and Technology. 20(4): 139-152. doi: 10.22034/jest.2019.13707

Momenpour, A., Imani, A., Bakhshi, D. and Akbarpour, E. (2018). Evaluation of Salinity Tolerance of some selected almond genotypes budded on GF_{677} rootstock. International Journal of Fruit Science. 18(4): 410-435.

Mousavi, S.A., Tatari, M., Mehnatkesh, A. and Haghighati, B. (2009). Vegetative Growth Response of Young Seedlings of Five Almond Cultivars to Water Deficit. Seed Plant Improvment Journal. 25(4): 551-567.

Munns, R. and Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology. 59: 651-681.

Nazari Kia, H. (2011). Effect of salicylic acid on morpholoagical and physiological traits of two olive cultivars (Koronaki and Dezphul) under drought stress. M.Sc. thesis. Faculty of Agriculture Urmia University, Iran. (In Persian)

Neocleous, D. and Vasilakakis, M. (2007). Effects of NaCl stress on red raspberry (*Rubus idaeus* L. "Autumn Bliss"). Scientia Horticulturae. 112: 282-289.

Noreen, S. and Ashraf, M. (2010). Modulation of salt (NaCl)-induced effects on oil composition and fatty acid profile of sunflower (*Helianthus annuus* L.) by exogenous application of salicylic acid. Journal of Science Food and Agriculture. 90: 2608–2616. https://doi.org/10.1002/jsfa. 4129.

Osuagwu, G.G.E., Edeoga, H.O. and Osuagwu, A.N. (2010). The influence of water stress (drought) on the mineral and vitamin potential of the leaves of *Ocimum gratissimum* L. Recent Research in Science and Technology. 2: 27-33.

Padash, A., Ghanbari, A. and Asgharipour, M.R. (2016). Effect of salicylic acid on concentration of nutrients, protein and antioxidant enzymes of basil under lead stress. Iranian Journal of Plant Biology. 8(27): 17-32. (In Persian)

Parida, A.K. and Das, A.B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: a

review. Ecotoxicology and Environmental Safty. 60: 324–349. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2004.06 . 010.

Parihar, P., Singh, S., Singh, R., Singh, V.P. and Prasad, S.M. (2015). Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. Environmental Science Pollution Research. 22: 4056–4075. https://doi.org/10.1007/s11356-014-3739-1.

Pirasteh-Anosheh, H., Emam, Y., Rousta, M.J. and Hashemi, S.E. (2017). Effect of salicylic acid on biochemical attributes and grain yield of barley (*Hordeum vulgare* L. cv. Nosrat) under saline conditions. Iranian Journal of Crop Science. 18: 3. 232-244. (In Persian)

Pirasteh-Anosheh, H., Emam, Y. and Sepaskhah, A.R. (2015). Improving barley performance by proper foliar applied salicylic-acid under saline conditions. Int. Journal of Plant Production. 9 (3): 467-486.

Poustini, K. and Siosemardeh, A. (2004). Ion distribution in wheat cultivars in response to salinity stress. Field Crops Research. 85: 125–133.

Raghami, M., Staji, A., Bagheri, A. and Ariakia, A. (2016). Effect of salinity and salicylic acid on some morphological specifications of (*Solanum melongena* var. Taki) in soil culture system. Science and Technology of Greenhouse Crops. 7(2): 87-77. (In Persian)

Rahnama, A., Poustini, K., Tavakkol-Afshari, R., Ahmadi, A. and Alizadeh, H. (2011). Growth properties and ion distribution in different tissues of bread wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) differing in salt tolerance. Journal of Agronomy and Crop Science. 197: 21-30.

Ranjbar. G., Pirasteh-Anosheh, H. and Besharat, N. (2017). Determination of the optimum concentration and time of salicylic acid foliar application for improving barley growth under non-saline and saline conditions. Journal of Crop Production. 22: 61-73

Richards, L.A. (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agric. Handbook 60, USDA, Washington DC.

Romero-Aranda, R., Soria, T. and Cuartero, J. (2001). Tomato plant-water uptake and plantwater relationships under saline growth conditions. Plant Science. 160: 265–272. https:// doi.org/10.1016/S0168-9452(00)00388-5.

Sairam, R.K., Rao, K.V. and Srivastava, G.C. (2002). Differential response of wheat genotypes to longterm salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Science. 163: 1037–1046.

Salimi, F. and Shekari, F. (2012). The effects of methyl jasmonate and salinity on some morphological characters and flower yield of German chamomile (*Matricaria chamomilia* L.). Journal of Integrative Plant Biology. 4: 11. 27-38. (In Persian)

Semiz, G.D., Unlukara, A., Yurtseven, E., Suarez, D.L. and Telci, I. (2012). Salinity impact on yield, water use, mineral and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* mill.). Journal of Agricultural Science. 18: 177–186.

Shakirova, F.M. (2007). Role of Hormonal System in the Manifestation of Growth Promoting and Anti-Stress Action of Salicylic Acid. *In:* Hayat, H. and A. Ahmad (Eds.) Salicylic Acid, A Plant Hormone. Springer, Dordrecht.

Shelden, M.C., Roessner, U., Sharp, R. E., Tester, M. and Bacic, A. (2013). Genetic variation in the root growth response of barley genotypes to salinity stress. Functional Plant Biology. 40(5): 516–530.

Shibli, R.A., Kushad, M., Yousef, G.G. and Lila, M.A. (2007). Physiological and biochemical responses of tomato micro shoots to induced salinity stress with associated ethylene accumulation. Plant Growth Regulation, 51: 159-169.

Singh, B. and Usha, K. (2003). Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings

under water stress. Plant Growth Regulation. 39: 37-141.

Souana, K., Taïbi, K., Abderrahim, L.A., Amirat, M., Achir, M., Boussaid, M. and Mulet, J.M. (2020). Salt-tolerance in *Vicia faba* L. is mitigated by the capacity of salicylic acid to improve photosynthesis and antioxidant response. Scientia Horticulturae. 273: 109641.

Stevens, J., Senaratna, T. and Sivasithamparam, K. (2006). Salicylic acid induces salinity tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Roma): associated changes in gas exchange, water relations and membrane stabilization. Plant Growth Regulation. 49: 77-83.

Szabados, L., Kovács, H., Zilberstein, A. and Bouchereau, A. (2011). Plants in extreme environments. Advances in Botanical Researches. 105–150. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387692-8. 00004-7.

Taize, L. and Zeiger, E. (1998). Plant Physiology. Sinauar Associates, Inc. Pub., Massachusetts.

Tatar, Ö., Brueck, H., Gevrek, M.N. and Asch, F. (2010). Physiological responses of two Turkish rice (*Oryza sativa* L.) varieties to salinity. Turkish Journal of Agriculture and Foresty. 34: 451–459. https://doi.org/10.3906/tar-0908-311.

Tester, M. and Davenport, R. (2003). Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants. Ann Bot. 91: 503-505

Xu, E. and Brosch´e, M. (2014). Salicylic acid signaling inhibits apoplastic reactive oxygen species signaling. BMC Plant Biology. 14: 155.

Zhu, L., Wang, P., Zhang, W., Hui, F. and Chen, X. (2017). Effects of selenium application on nutrient uptake and nutritional quality of *Codonopsis lanceolata*. Scientia Horticulturae. 225: 574–580.

Zörb, C., Geilfus, C.M. and Dietz, K.J. (2019). Salinity and crop yield. Plant Biology. 21: 31–38. https://doi.org/10.1111/plb.12884.