

Improving Growth and Physiological Characteristics in Salt Stressed *Lantana camara* Linn.) by Application of Exogenous Salicylic Acid

Parisa Ghatei¹, Maryam Dehestani-Ardakani^{2, 3*}, Jalal Gholamnezhad^{2,3}, Ali Momenpour⁴, Zahra Fakhari¹

Received: December 11, 2020 Accepted: April 17, 2021

1-MSc Student, Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture & Natural Resources, University of Ardakan, Iran.

2-Medicinal and Industrial Plant Research Institute, Ardakan, I. R. Iran.

3-Assoc. prof, Dep. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, P.O. Box 184, Ardakan, Iran.

5-Assist Prof., National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.

*Corresponding Author Email: mdehestani@ardakan.ac.ir

Abstract

Background & Objective: Salt stress is one of the main environmental factors restricting horticultural crop production. Exogenous salicylic acid (SA) can alleviate salt stress in plants. The objective of this study was to improve growth and physiological characteristics in salt stressed *Lantana camara* Linn. by application of exogenous salicylic acid.

Material and Methods: In a factorial experiment and completely randomized design (CRD), three levels of SA (0, 0.5 and 1 mM) and five levels of salinity (0.5, 3, 5, 7 and 9 dS.m⁻¹) with three replications per treatments were applied.

Results: The results showed that by increasing salinity levels, growth characteristics, chlorophyll a and b and potassium concentration significantly decreased, while the number of necrotic leaves, Sodium and the ratio of sodium to potassium increased. At high salinity levels, application of salicylic acid improved the growth characteristics of the plant such as height, final diameter of the main branch and shoot dry weight and relative water content of the leaves and reduced sodium content in compared to the control. Maximum number of plant branches (4.66), final diameter of main branch (6.11 mm), final diameter of cuttings (9.92 mm), number of leaves (28.66) and fresh and dry weight of shoots (14.80 and 7.46 g) were obtained in plants treated by 0.5 mM salicylic acid and in salinity of 0.5 dS. m⁻¹.

Conclusion: The use of 0.5 mM salicylic acid at high salinity levels significantly improved the growth and flowering characteristics of the *Lantana camara* plant. Therefore, the use of 0.5 mM salicylic acid can significantly reduce the damage caused by the negative effects of salinity stress.

Keywords: Height, Sodium, Chlorophyll, Necrosis, Dry weight

بهبود خصوصیات رشدی و فیزیولوژیک شاه‌پسند درختچه‌ای (*Lantana camara* Linn.) تحت تنش شوری با کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک

پریسا قاطعی^۱، مریم دهستانی اردکانی*^۲، جلال غلام‌نژاد^۳، علی مومن‌پور^۴، زهرا فخاری‌پور^۱

تاریخ دریافت: ۹۹/۹/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱/۲۸

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان

۲- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان

۳- عضو هیات علمی پژوهشکده گیاهان دارویی و صنعتی، اردکان

۴- استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد

*مسئول مکاتبه: Email: mdehestani@ardakan.ac.ir

چکیده

اهداف: تنش شوری یکی از عوامل محیطی محدودکننده تولیدات کشاورزی است. کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک (SA) می‌تواند تنش شوری را تخفیف دهد. هدف از پژوهش حاضر بهبود خصوصیات رشدی و فیزیولوژیک شاه‌پسند درختچه‌ای (*Lantana camara* Linn.) تحت تنش شوری با کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک بود.

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، شامل سه سطح اسید سالیسیلیک (۰، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) و پنج سطح شوری آب آبیاری (۰/۵، ۳، ۵، ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر)، در سه تکرار به اجرا درآمد.

یافته‌ها: نتایج به دست آمده نشان داد که با افزایش سطح شوری، خصوصیات رشدی، میزان کلروفیل a و b و غلظت پتاسیم به طور معنی‌داری کاهش، در حالی که تعداد برگ‌های نکرزده، غلظت سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم افزایش یافت. در سطوح بالای شوری استفاده از اسید سالیسیلیک موجب بهبود خصوصیات رشدی گیاه مانند ارتفاع، قطر نهایی شاخه اصلی، وزن خشک شاخساره و محتوای نسبی آب برگ و کاهش سدیم نسبت به شاهد شد. بیشترین تعداد انشعابات گیاه (۴/۶۶ عدد)، قطر نهایی شاخه اصلی (۶/۱۱ میلی‌متر)، قطر نهایی قلمه (۹/۹۲ میلی‌متر)، تعداد برگ (۲۸/۶۶ عدد) و وزن تر و خشک شاخساره (۱۴/۸۰ و ۷/۴۶ گرم) در گیاهان تیمار شده با اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار و در شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد.

نتیجه‌گیری: استفاده از غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در سطوح بالای شوری به طور معناداری موجب بهبود خصوصیات رشدی و گلدهی گیاه شد. بنابراین کاربرد ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک می‌تواند موجب کاهش قابل ملاحظه آسیب‌های ناشی از اثرات منفی تنش شوری گردد.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع، سدیم، کلروفیل، نکرزگی، وزن خشک

مقدمه

شاه‌پسند درختچه‌ای *Lantana camara* Linn. گیاهی گلدار گرمسیری تیره شاه‌پسندیان (Verbenaceae) است که بومی مرکز و شمال جنوبی آمریکا و کارائیب می‌باشد. امروزه در حدود ۶۰ کشور مانند نیوزلند، مکزیک، فلوریدا، جامائیکا و برزیل گسترش یافته است. وجود این گیاه در بسیاری از کشورهای آفریقایی شامل کنیا، اوگاندا، تانزانیا و آفریقای جنوبی گزارش شده است (کالیتا و همکاران ۲۰۱۲). تنوع و پراکندگی گسترده جغرافیایی این گیاه در نتیجه مقاومت وسیع آن در برابر شرایط اکولوژیکی می‌باشد. این گیاه قدرت تحمل انواع خاک‌ها را نیز دارد (لونار و همکاران ۲۰۱۲).

این گیاه در طب سنتی به‌عنوان گیاهی دارویی شناخته شده و در پزشکی مدرن نیز تاکید بر استفاده از این گیاه می‌باشد (کالیتا و همکاران ۲۰۱۲). شاه‌پسند درختچه‌ای 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، دندان‌دار و به طول ۳-۸ سانتی‌متر و عرض ۶-۳ سانتی‌متر به رنگ سبز هستند. برگ‌ها و ساقه با کرک‌های زبر پوشیده شده‌اند. گل‌های کوچک در دسته‌ای قرار دارند که چتر نامیده می‌شود. رنگ گل معمولاً نارنجی، گاهی از سفید تا قرمز متغیر است و با تغییر سن گیاه، رنگ گل نیز تغییر می‌کند (کالیتا و همکاران ۲۰۱۲).

شوری یکی از عوامل محیطی محدودکننده تولیدات کشاورزی می‌باشد (اگامبردیوا و همکاران ۲۰۱۹). تنش شوری از طریق تنش یونی، تنش اسمزی و تنش اکسیداتیو از رشد گیاه و عملکرد آن جلوگیری می‌کند (فقیه و همکاران ۲۰۱۷؛ اینال و گونز ۲۰۰۸). تخمین زده می‌شود که در حال حاضر ۲۰٪ از زمین‌های مورد کشت تحت تاثیر شوری قرار دارند و بیش از ۲۵٪ از

زمین‌های کشت شده در سرتاسر جهان طی ۲۵ سال تحت تاثیر شوری قرار خواهند گرفت و تخریب خواهند شد (چنگ و همکاران ۲۰۱۶؛ توتجا ۲۰۰۷). در سطوح بالای شوری، ممکن است نمک در آپوپلاست و یا سیتوپلاسم یا در کلروپلاست تجمع یابد و بنابراین به‌صورت مستقیم روی متابولیسم فتوسنتزی تاثیر بگذارد (بن-روینا و همکاران ۲۰۰۶؛ بوس و همکاران ۲۰۱۷). در محیط شور، علاوه بر اختلال در جذب آب، جذب مواد معدنی محلول در آب هم توسط گیاه کاهش می‌یابد. رشد و نمو گیاه به‌شدت تحت تأثیر چنین تغییراتی است. علاوه بر این، علت کاهش بیوماس در شرایط شوری را کم شدن سطح برگ به‌عنوان یک منبع تأمین‌کننده آسمیلات‌ها عنوان می‌کنند که به دنبال آن میزان فتوسنتز خالص و تولید ماده خشک کم می‌شود (حسن‌زمان و همکاران ۲۰۱۳). بنابراین تقلیل اثرات تنش شوری از اهمیت بالایی در تولید محصولات کشاورزی برخوردار است.

اسید سالیسیلیک، یک ترکیب فنلی طبیعی است که در رشد گیاه و فرایندهای فیزیولوژیک مانند جوانه‌زنی بذر، بسته شدن روزنه‌ها، جذب یونی، فتوسنتز و تعرق نقش دارد (جایاکانان و همکاران ۲۰۱۵؛ ما و همکاران ۲۰۱۷؛ پیراسته انوشه و همکاران ۲۰۱۷). کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک پاسخ‌های دفاعی گیاه و پایداری سیستماتیک شامل مقاومت نسبت به تنش‌های غیرزنده، مانند تنش شوری، دمای پائین و خشکی را فعال می‌سازد (دونگ و همکاران ۲۰۱۱؛ جایاکانان و همکاران ۲۰۱۵). اسید سالیسیلیک قادر است تنش شوری را از طریق افزایش رشد گیاه، بهبود فرایندهای فیزیولوژیک برگ و کاهش صدمه اکسیداتیو در گیاهان مرتفع سازد (بسطام و همکاران ۲۰۱۳؛ هوروات و همکاران ۲۰۱۵). کاربرد اسید سالیسیلیک جهت تقلیل تنش شوری در گیاهانی مانند سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.) (فخیمی و همکاران، ۲۰۲۰)، تربچه (*Raphanus sativus*) (بوخت و

گیاه انجام شد. محلول پاشی اسید سالیسیلیک با آغاز اعمال تنش شوری روی گیاهان سه مرتبه به فواصل یک ماهه صورت گرفت.

برخی از ویژگی‌های خاک شامل بافت (گی و بودر ۱۹۸۶)، pH (توماس ۱۹۹۶)، هدایت الکتریکی عصاره اشباع (رودس ۱۹۹۶)، ماده آلی (نلسون و سومرز ۱۹۹۶)، فسفر قابل جذب به روش اولسن (واتاناب و اولسن ۱۹۶۵)، نیتروژن کل (برمنر ۱۹۹۶) و پتاسیم قابل جذب به روش استات آمونیوم یک مولار (ریچارد ۱۹۵۴)، در نمونه خاک اندازه‌گیری شد. نتایج آنالیز فیزیکوشیمیایی خاک در جدول ۱ آورده شده است. با توجه به بالا بودن هدایت الکتریکی خاک، چند مرتبه آبشویی صورت گرفت تا میزان آن کاهش یابد.

به منظور انجام این تحقیق، ابتدا از گیاهان مادری واقع در فضای سبز شهرستان یزد، قلمه‌های خشبی به طول 20 ± 3 سانتی‌متر و قطر 10 ± 1 میلی‌متر در دی ماه ۱۳۹۸ تهیه شد. سپس قلمه‌ها به مدت ۵ 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 ۱۳۹۸ در داخل گلدان‌های ۷ کیلویی حاوی خاکی با بافت لوم بازکشت شدند (جدول ۱). پس از رشد کافی گیاهان و از اوایل مردادماه (جدول ۲)، تیمار شوری آغاز شد و به مدت سه ماه (اواخر مهرماه) ادامه یافت (۳۱).

به منظور اعمال تیمارهای شوری ۰/۵، ۳، ۵، ۷ و ۹ دسی-زیمنس برمتر، از آب بسیار شور منطقه عقدا، استفاده شد که ترکیب آن در جدول ۲ ارائه شده است. همچنین، برای اجتناب از ایجاد تنش ناگهانی و پلاسمولیز، افزودن نمک-ها به صورت 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

همکاران، ۲۰۱۹)، دانه‌های خیار (میائو و همکاران ۲۰۲۰)، گیاهچه جو (*Hordeum vulgare* L.) (مهدویان ۲۰۱۸)، شب بو (*Matthiola incana* L.) (عبدالمحمدی و همکاران ۲۰۱۸) و سویا (*Glycine max* L.) (غفاری و همکاران ۲۰۱۸) گزارش شده است.

با توجه به اینکه شاه‌پسند درختچه‌ای، گیاهی مناسب برای فضای سبز مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد و در اکثر این نقاط منابع آب و خاک شور وجود دارد، لذا بررسی میزان تحمل به شوری این گیاه ضروری می‌باشد. همچنین طبق بررسی نویسندگان، تاکنون پژوهشی در مورد اثر اسید سالیسیلیک بر افزایش تحمل این گیاه به شوری صورت نگرفته است. لذا هدف از پژوهش حاضر بهبود خصوصیات رشدی و فیزیولوژیک شاه-پسند درختچه‌ای تحت تنش شوری، با کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه شاه‌پسند درختچه‌ای (*Lantana camara* Linn.) در شرایط آب شور، آزمایشی در گلخانه دانشگاه اردکان، واقع در استان یزد، طی سال‌های ۹۸-۹۷ انجام شد. شدت نور گلخانه در ساعت ۱۲ ظهر در محدوده ۴۰۰۰-۱۵۰۰ لوکس بود. میانگین دمای شبانه گلخانه 16 ± 4 و میانگین دمای روزانه 24 ± 4 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 به صورت 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 آب آبیاری در پنج سطح شامل (۰/۵) (آب شهری) ، ۳، ۵، ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر، بودند که هر تیمار با سه تکرار (هر تکرار شامل یک گلدان) و در مجموع با ۴۵

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک استفاده شده در آزمایش

عنوان	واحد	نماد	مقدار	عنوان	واحد	نماد	مقدار
رطوبت اشباع	درصد	S.P	۳۸/۵	شن (درصد)	درصد	Sand	۴۸
رطوبت ظرفیت زراعی (درصد)	درصد	FC	۲۷/۰۴	سیلت (درصد)	درصد	Silt	۳۶
رطوبت نقطه پژمردگی (درصد)	درصد	PWP	۱۳/۲۶	رس (درصد)	درصد	Clay	۱۹
شوری	دسی‌زیمنس بر متر	EC	۶/۲۰*	بافت	-	Texture	لوم
واکنش خاک	-	pH	۷/۵۰	پتاسیم	پی‌پی‌ام	K _{avr.}	۲۲۹
نیتروژن	درصد	N	۰/۱۰	فسفر	پی‌پی‌ام	P _{avr.}	۱۴/۵۵
کربن آلی	درصد	O.C	۱/۰۳				

*: قبل از انتقال گیاهان به گلدان‌ها، خاک مورد استفاده با آب شهری (۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر) سه مرتبه آبشویی شد و هدایت الکتریکی اولیه خاک به کمتر از ۱ دسی‌زیمنس بر متر، کاهش یافت.

آبشویی، در پایان آزمایش نیز نمونه خاک، از هر یک از سطوح اعمال تیمار شوری تهیه و هدایت الکتریکی و pH آن‌ها اندازه‌گیری شدند.

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 اندازه‌گیری شد و تعداد برگ‌های سبز و تعداد انشعابات آنها یادداشت گردید و مجدداً صفات مورد نظر در پایان آزمایش اندازه‌گیری شدند و مقادیر افزایش یافته محاسبه گردید (مومن‌پور و همکاران ۲۰۱۸). به‌منظور اندازه‌گیری برگ‌های نکروزه، در پایان آزمایش تعداد برگ‌های نکروزه شمارش شدند. تعداد گل‌ها روی هر بوته در زمان تشکیل شمارش شد.

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 (جدول ۱). سپس میزان آب مورد نیاز برای رسیدن خاک مورد آزمایش به حد ظرفیت زراعی محاسبه شد. زمانی که ۵۰٪ آب قابل استفاده گیاه مصرف شده بود، مجدداً آبیاری انجام می‌شد و در هر مرتبه آبیاری حدود ۱/۱±۰/۲ 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

جدول ۲- ویژگی‌های کیفی آب مورد استفاده پس از رقیق شدن به نسبت ۱ به ۲۰ با آب شهری

HCO ₃ ⁻	Mg	Ca (mg.l ⁻¹)	Cl	Na	واکنش آب pH	هدایت الکتریکی Electrical Conductivity (dS.m ⁻¹)
2.77	29.52	22.05	223.11	211.3	7.91	25.10

(موسوی و همکاران ۲۰۰۹). میزان جذب نور برای کلروفیل a و b به ترتیب در طول موج های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل DR2000)، اندازه‌گیری شد (آرنون ۱۹۹۴).

به‌منظور اندازه‌گیری وزن تر و خشک شاخساره در پایان آزمایش، گیاهان از ریشه جدا و وزن شدند و سپس به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و وزن خشک آن‌ها محاسبه شد

موجب افزایش معنادار ارتفاع شاخه اصلی نسبت به شاهد و اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار شد (شکل ۱-الف). بیشترین ارتفاع (۶۲/۳۳ سانتی متر) در گیاهان تیمار شده با اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی مولار و در شوری ۳ دسی-زیمنس بر متر مشاهده شد که ۲۹/۸۵ درصد بیشتر از شاهد بود (شکل ۱-الف). در سطوح بالای شوری (۷ و ۹ دسی-زیمنس بر متر) استفاده از اسید سالیسیلیک موجب افزایش ارتفاع گیاه نسبت به شاهد شد (شکل ۱-الف). نتایج حاصله با یافته‌های غفاری و همکاران (۲۰۱۸) روی سویا، عبدالحمیدی و همکاران (۲۰۱۸) روی شببو و مهدویان (۲۰۱۸) روی گیاهچه جو مطابقت نشان داد. آنها نشان دادند که تیمار همزمان اسید سالیسیلیک با غلظت-های ۱ و ۱/۵ میلی مولار و شوری باعث افزایش طول اندام هوایی گیاه نسبت به گیاهانی که فقط با شوری تیمار شده بودند، گردید. به نظر می‌رسد که اسید سالیسیلیک سبب بهبود جذب عناصر غذایی در شرایط تنش شوری می‌شود که این خود می‌تواند افزایش رشد را به همراه داشته باشد که افزایش ارتفاع گیاه یکی از این موارد است (اراسلان و همکاران ۲۰۰۶).

تعداد انشعابات نهایی

اثر شوری در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل شوری و اسید سالیسیلیک در سطح احتمال ۵ درصد بر تعداد انشعابات نهایی گیاهان معنادار بود (جدول ۳). استفاده از اسید سالیسیلیک اثر معناداری بر تعداد انشعابات نهایی گیاهان نشان نداد (جدول ۳). با افزایش سطح شوری تعداد انشعابات گیاهان نیز کاهش یافت (شکل ۱-ب). تنش شوری رشد و بهره‌وری گیاه را با تأثیر بر صفات مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی و فرآیندها و عملکردها کاهش می‌دهد.

محتوای نسبی آب برگ (RWC^1) با استفاده از رابطه ۱ اندازه‌گیری شد (یاماساکی و دیلنبورگ ۱۹۹۹).

$$RWC = (F_w - D_w / S_w - D_w) \times 100 \quad (\text{رابطه ۱})$$

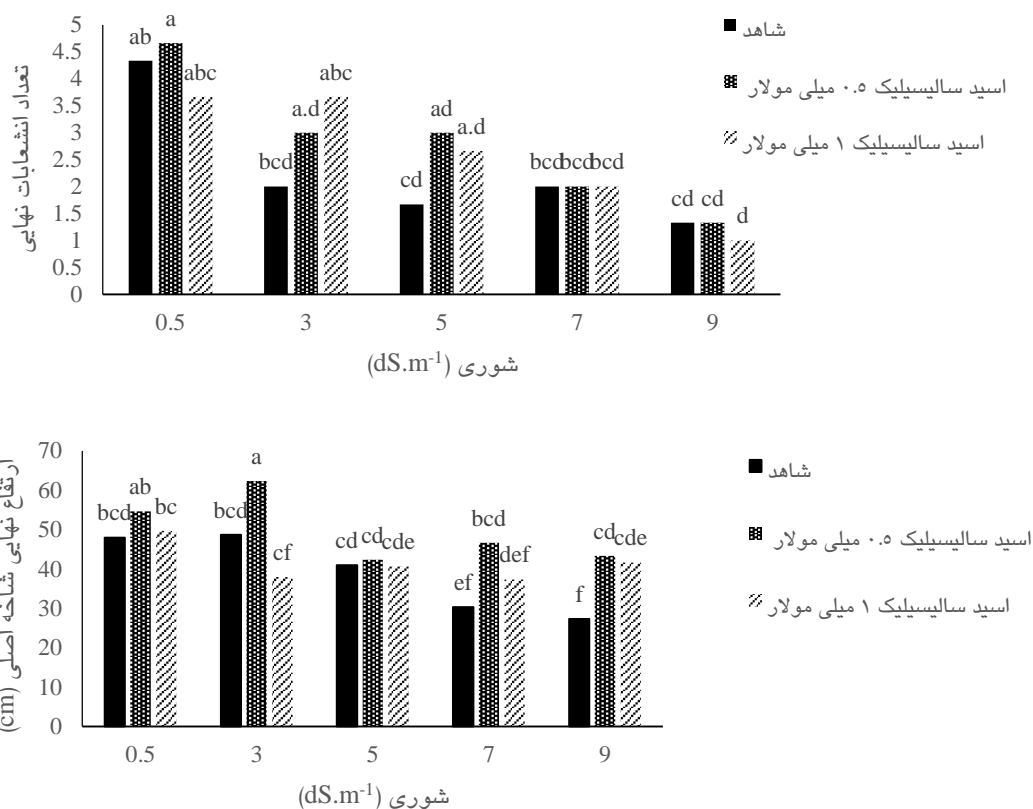
که در آن F_w : وزن تر برگ بلافاصله بعد از نمونه برداری؛ D_w : وزن خشک برگ بعد از قرار گرفتن در آون؛ S_w : وزن اشباع برگ بعد از قرار گرفتن در آب مقطر پس از تهیه عصاره گیاهی غلظت سدیم و پتاسیم در عصاره با دستگاه فلیم فتومتر (Jenway, PFP7, England) اندازه‌گیری شدند (امامی ۱۹۹۶).

نتایج و بحث

ارتفاع نهایی شاخه اصلی

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر شوری، اسید سالیسیلیک و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر ارتفاع نهایی شاخساره معنادار بود (جدول ۳). با افزایش سطح شوری، ارتفاع شاخه اصلی به‌طور معناداری کاهش یافت (شکل ۱-الف). کمترین میزان ارتفاع (۲۷/۳۳ سانتی متر) در گیاهان تیمار شده با آب با شوری ۹ دسی-زیمنس بر متر حاصل شد (شکل ۱-الف). استفاده از اسید سالیسیلیک در مقایسه با شاهد در همه سطوح شوری به افزایش ارتفاع نهایی شاخه اصلی کمک نمود (شکل ۱-الف). نتایج حاصله با کلهر و همکاران (۲۰۱۹) روی همیشه‌بهار و مقیمی و همکاران (۲۰۱۸) روی درختچه پر مطابقت داشت. تنش شوری موجب دسترسی محدود ریشه گیاه به آب و در نتیجه بروز تنش خشکی می‌شود. به دنبال آن رشد گیاه کاهش می‌یابد. زمانی که کاهش در رشد سلول‌ها وجود دارد، اندازه گیاه با کاهش در ارتفاع تعیین می‌شود (پوترز و همکاران ۲۰۱۰). در شوری ۰/۵، ۵، ۷ و ۹ دسی-زیمنس بر متر تفاوت معناداری میان دو سطح اسید سالیسیلیک در ارتفاع شاخه اصلی مشاهده نشد، اما در شوری ۳ دسی-زیمنس بر متر کاربرد ۰/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک

¹ Relative water content



شکل ۱- ترکیبات تیماری تنش شوری و اسید سالیسیلیک برای الف) ارتفاع نهایی شاخه اصلی و ب) تعداد انشعابات نهایی گیاه شاه‌پسند درختچه‌ای

با اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار حاصل شد (شکل ۱-ب). کمترین تعداد انشعابات (۱ عدد) در شوری ۹ دسی-زیمنس بر متر و گیاهان تیمار شده با اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار مشاهده شد (شکل ۱-ب). بوکات و همکاران (۲۰۱۹) نیز گزارش کردند که استفاده از غلظت-های کمتر اسید سالیسیلیک در کاهش اثرات منفی تنش شوری در تربچه موثر بود. اثرات مثبت اسید سالیسیلیک به افزایش آسیمیلاسیون و درصد فتوسنتز و افزایش جذب مواد معدنی توسط گیاهان تنش دیده تحت تیمار اسید سالیسیلیک نسبت داده می‌شود (زپسی و همکاران ۲۰۰۵).

اختلال در جذب آب و مواد مغذی توسط گیاهان ممکن است باعث کاهش عملکرد محصول در خاک شور شود. کاهش تعداد برگ و تعداد شاخه جانبی گیاه از اولین اثرات آشکار تنش شوری بر گیاهان تحت تنش است (محمد و همکاران ۲۰۱۰). نتایج پژوهش حاضر با طالعی و ریحانی (۲۰۲۰) روی سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) و مقیمی و همکاران (۲۰۱۸) روی درختچه پر مطابقت نشان داد. در شوری ۳ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر استفاده از هر دو سطح اسید سالیسیلیک منجر به افزایش تعداد انشعابات نهایی گیاه شد، اما این تفاوت معنادار نبود (شکل ۱-ب). بیشترین تعداد انشعابات گیاه (۴/۶۶ عدد) در شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر و گیاهان تیمار شده

جدول ۳- تجزیه واریانس خصوصیات مورفولوژیک شاهپسند درختچه‌ای تحت سطوح مختلف شوری و اسید سالیسیلیک

منابع تغییر درجه‌ی آزادی	میانگین		مربعات						
	ارتفاع	تعداد	قطر	تعداد برگ	تعداد برگ‌های	تعداد گل	وزن تر	وزن خشک	شاخساره
	نهایی	انشعابات	نهایی	شاخه اصلی	برگ‌های	شاخساره	شاخساره	شاخساره	شاخساره
	اصلی	نهایی	شاخه اصلی	قلمه	نکرزه	شاخساره	شاخساره	شاخساره	شاخساره
شوری (a)	۴	۳۶۳/۱۳**	۱۰/۶۵**	۵/۵۶**	۸۸۴/۰۳**	۲۴۹/۰۶**	۲۱۹/۸۵**	۸۰/۰۴**	۱۲/۶۹**
اسید سالیسیلیک (b)	۲	۴۸۲/۴۰**	۰/۴۷ ^{ns}	۴/۱۴*	۴۲۰/۴۳**	۳/۶۶ ^{ns}	۴۰/۱۵**	۳۲/۴۹**	۷/۰۵**
a×b	۸	۱۰۸/۹۸*	۱/۴۰*	۲/۹۰*	۸۴/۲۰**	۳۶/۵۴**	۷۹/۳۲**	۵/۸۵**	۱/۹۸**
خطا	۳۰	۳۶/۴۶	۱/۶۴	۰/۶۳	۱۷/۶۴	۸/۵۱	۲/۷۵	۱/۹۴	۰/۳۶
cv%		۱۳/۸۹	۱۵/۳۶	۸/۹۷	۱۴/۲۰	۲۰/۸۴	۱۶/۵۶	۱۴/۳۴	۱۳/۹۹

*، **، ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم معنی‌داری می باشد.

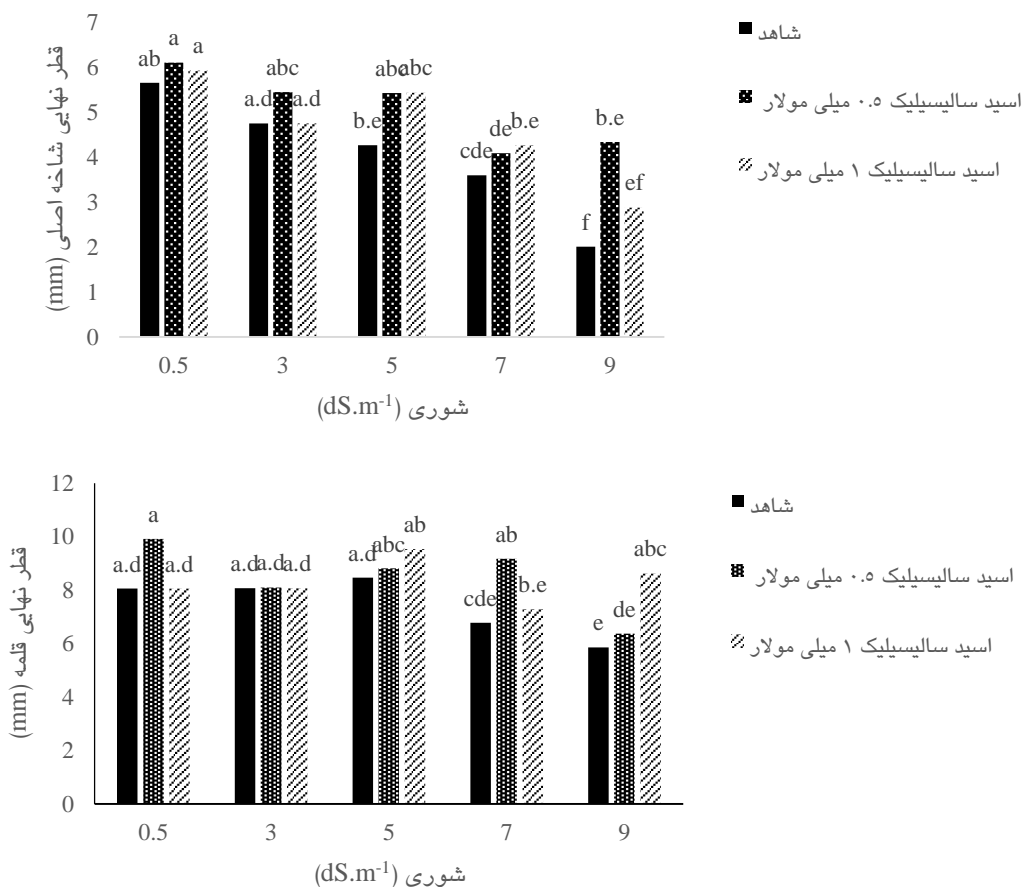
قطر نهایی شاخه اصلی و قطر نهایی قلمه

اثر شوری در سطح احتمال یک درصد، اثر اسید سالیسیلیک و اثر متقابل شوری و اسید سالیسیلیک در سطح احتمال ۵ درصد بر قطر نهایی شاخه اصلی و قطر نهایی قلمه معنادار بود (جدول ۳). با افزایش سطح تنش شوری، قطر نهایی شاخه اصلی و قطر نهایی قلمه به طور معناداری کاهش یافت (شکل ۲-الف و ب). نتایج حاصله با یافته‌های مقیمی و همکاران (۲۰۱۸) روی درختچه پر مطابقت نشان داد. وجود نمک‌های محلول زیاد در ناحیه ریشه برداشت آب از خاک اطراف ریشه را محدود کرده و به طور موثری آب در دسترس گیاه را کاهش می‌دهند، به طوری که این مسئله موجب خشکی گیاه می‌گردد. بنابراین، کاهش رشد گیاه تحت تیمارهای کمبود آب باید به علت قرار گرفتن در معرض سطوح آسیب زنده خشکی باشد که موجب کاهش فشار تورژسانس و در نتیجه کاهش رشد و نمو سلول‌ها شده است (کالیا و همکاران ۲۰۰۹). استفاده از اسید سالیسیلیک در همه سطوح شوری منجر به افزایش قطر نهایی شاخه اصلی و قطر نهایی قلمه گیاهان شد (شکل ۲-الف و ب). بیشترین قطر نهایی شاخه اصلی (۶/۱۱ و ۵/۹۳ میلی‌متر) در شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر و گیاهان تیمار شده

با ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک مشاهده شد (شکل ۲-الف). همچنین بیشترین قطر نهایی قلمه (۹/۹۲ میلی‌متر) در در شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر و گیاهان تیمار شده با اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار حاصل شد (شکل ۲-ب). استفاده از اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر به طور معناداری میزان قطر نهایی شاخه اصلی را نسبت به گیاهان تیمار نشده در همین سطح شوری افزایش داد (۲/۱۵ برابر) (شکل ۲-ب-الف). اما استفاده از ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر به طور معناداری میزان قطر نهایی قلمه را نسبت به گیاهان تیمار نشده در همین سطح شوری افزایش داد (۴۷/۲۶ درصد) (شکل ۲-ب-ب). اثر اسید سالیسیلیک بر تحریک رشد می‌تواند به دلایلی از قبیل افزایش میزان تقسیم در مناطق مریستمی و رشد سلولی باشد که موجب افزایش رشد می‌شود و دلیل دیگر آن نیز اثر اسید سالیسیلیک بر سایر هورمون‌های گیاهی می‌باشد. در پژوهشی اثر اسید سالیسیک بر بهبود رشد گیاه گندم در شرایط غیر تنش و تنش، بررسی شد. تیمار با اسید سالیسیلیک در شرایط بدون تنش، موجب افزایش مقدار اکسین و اسید آبسزیک شد، اما بر مقدار سیتوکینین تاثیری نشان نداد. در حالی که

موجب بهبود رشد در گیاهان تحت تنش شود (سخابوتدینوا و همکاران ۲۰۰۳).

در شرایط تنش، اسید سالیسیلیک مانع از کاهش اکسین و سیتوکینین شد. از آنجا که این هورمون‌ها در شرایط تنش کاهش می‌یابند، کاهش آنها موجب کاهش رشد می‌شود، اسید سالیسیلیک با اثر بر این دو هورمون می‌تواند



شکل ۲- ترکیبات تیماری تنش شوری و اسید سالیسیلیک برای الف) قطر نهایی شاخه اصلی و ب) قطر نهایی قلمه گیاه شاه‌پسند درختچه‌ای

اثر معناداری بر تعداد برگ‌های نکروزه نشان نداد (جدول ۳). با افزایش سطح شوری، تعداد برگ‌های شاخه اصلی به‌طور معنی‌داری کاهش و تعداد برگ‌های نکروزه افزایش یافت (جدول ۳). نتایج حاصله با نتایج حیدری و همکاران (۲۰۲۰) روی گیاه مریم‌گلی، مقیمی و همکاران (۲۰۱۶) روی درختچه پر و سوری و موسوی (۲۰۱۶) روی نعنای فلفلی مطابقت نشان داد. سوختگی برگ‌ها در اثر تجمع بیش از حد کلر که با کلروز حاشیه برگ‌ها توأم

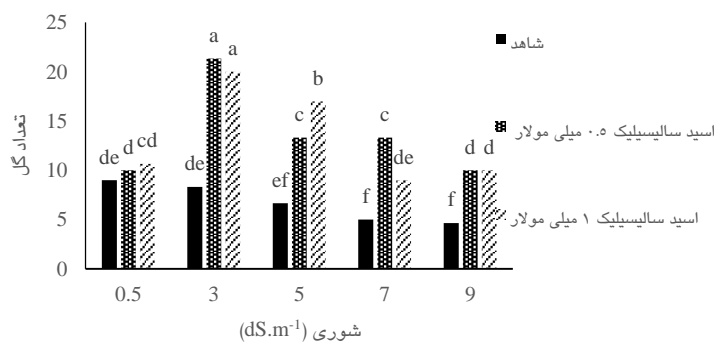
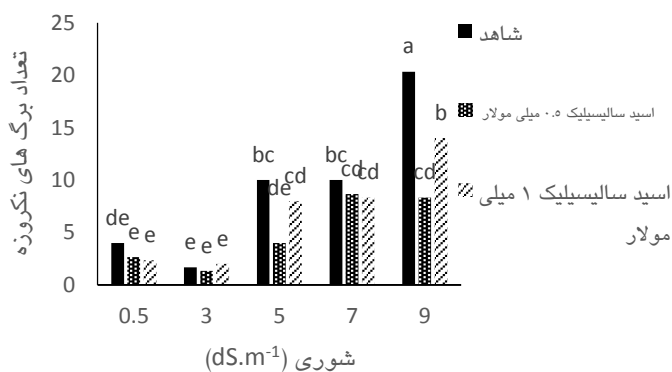
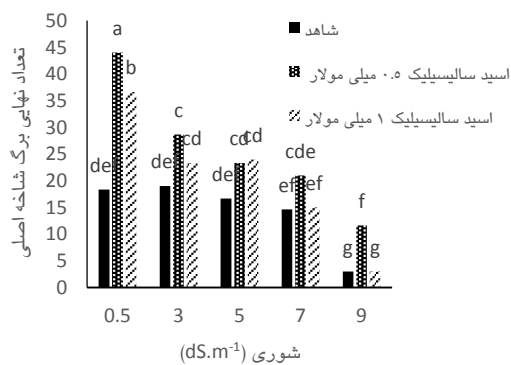
تعداد نهایی برگ شاخه اصلی و تعداد برگ‌های نکروزه

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر شوری، اسید سالیسیلیک و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر تعداد نهایی برگ شاخه اصلی معنادار بود (جدول ۳). اثر شوری و اثر متقابل شوری و اسید سالیسیلیک در سطح احتمال یک درصد بر تعداد برگ‌های نکروزه معنادار بود (جدول ۳). کاربرد اسید سالیسیلیک

کاربرد اسید سالیسیلیک در سطوح شوری ۵ و ۹ دسی-
 زیمنس بر متر موجب کاهش تعداد برگ‌های نکروزه شد
 (شکل ۳-ب). کمترین تعداد برگ‌های نکروزه در سطوح
 شوری ۰/۵ و ۳ دسی‌زیمنس بر متر با یا بدون کاربرد
 اسید سالیسیلیک حاصل شد (کاربرد اسید سالیسیلیک
 تفاوت معناداری در کاهش تعداد برگ‌های نکروزه نشان
 نداد) (شکل ۳-ب). در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر نیز
 کاربرد اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار نسبت به سطح
 دیگر اسید سالیسیلیک موجب کاهش معنادار تعداد برگ-
 های نکروزه شد (شکل ۳-ب). شهبازی‌زاده و همکاران
 (۲۰۱۵) نیز گزارش کردند که با کاربرد اسید سالیسیلیک
 در گیاهان سویا تحت تنش شوری، تعداد و سطح برگ
 افزایش یافت. اسید سالیسیلیک به‌عنوان تنظیم‌کننده رشد
 درونی گیاهان، اثرات متنوعی بر فعالیت‌های بیوشیمیایی
 و فیزیولوژیک گیاهان دارد و نقش کلیدی در ایجاد و
 علامت‌دهی یک پاسخ دفاعی در برابر تنش‌های محیطی
 و در تحمل سازگاری در گیاهان دارد (حیات و همکاران
 ۲۰۱۰).

است رخ می‌دهد و گاهی پنجاه درصد برگ دچار کلروز
 می‌گردد که منجر به کاهش شدید فتوسنتز می‌شود.
 همچنین نمک موجب کاهش تعداد آغازهای برگ و در
 نهایت کاهش تعداد برگ می‌شود (ملکی و همکاران
 ۲۰۱۶).

بیشترین تعداد برگ (۲۸/۶۶ عدد) در گیاهان تیمار
 شده با اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار و در شوری ۰/۵
 دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (شکل ۳-الف). در
 شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر تعداد برگ گیاهان به‌طور
 معناداری کاهش یافت، اما استفاده از اسید سالیسیلیک
 ۰/۵ میلی‌مولار میزان برگ را ۳/۸ برابر نسبت به شاهد
 در این شوری افزایش داد (شکل ۳-الف). هرچند کاربرد
 اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار در شوری ۹ دسی‌زیمنس
 بر متر تفاوت معناداری از نظر تعداد برگ با گیاهان شاهد
 ایجاد نکرد، اما کاربرد هر دو سطح اسید سالیسیلیک در
 سایر سطوح شوری موجب افزایش معنادار تعداد برگ
 نسبت به شاهد بدون اسید سالیسیلیک شد (شکل ۳-الف).



شکل ۳- ترکیبات تیماری تنش شوری و اسید سالیسیلیک برای الف) تعداد نهایی برگ شاخه اصلی،
 ب) تعداد برگ‌های نکروزه و ج) تعداد گل گیاه شاه‌پسند درختچه‌ای تعداد گل

مجبور به تولید گل بیشتر نمود. پس می‌توان چنین بیان کرد که در صورت کشت گیاه در خاک‌های بسیار شور با کاربرد اسید سالیسیلیک می‌توان قدرت بقا و زادآوری گیاه را افزایش داد.

وزن تر و خشک شاخساره

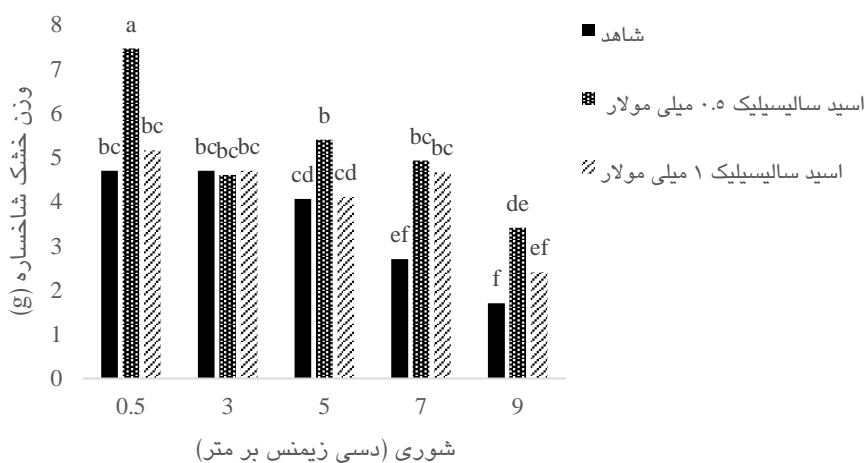
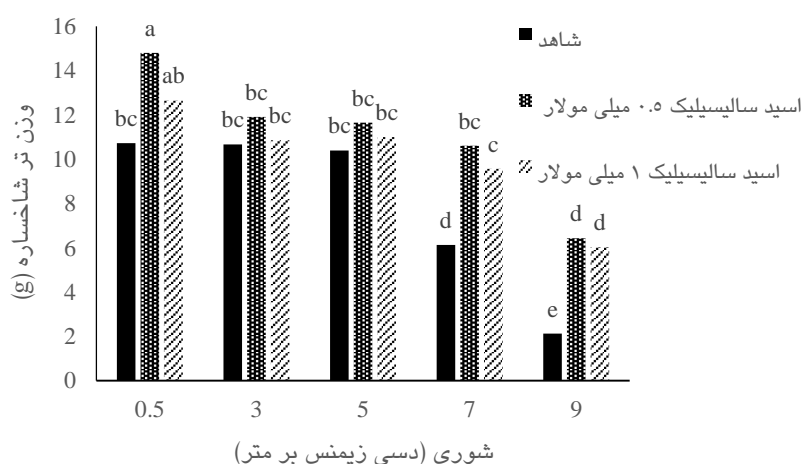
اثر شوری، اسید سالیسیلیک و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر وزن تر و خشک شاخساره معنادار بود (جدول ۳). با افزایش سطح شوری، وزن تر و خشک شاخساره به‌طور معناداری کاهش یافت (شکل ۴-الف و ب). کاربرد اسید سالیسیلیک در سطوح بالای شوری (۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) به‌طور معناداری موجب افزایش وزن تر شاخساره شد (شکل ۴-الف). کمترین وزن تر و خشک شاخساره (۲/۱۳ و ۱/۷ گرم) در سطح شوری شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر در گیاهان شاهد حاصل شد (شکل ۴-الف). در حالی‌که استفاده از اسید سالیسیلیک منجر به افزایش وزن تر شاخساره در این سطح شوری شد (شکل ۴-الف). کاربرد اسید سالیسیلیک همچنین وزن خشک شاخساره را در گیاهان تیمار شده در شوری ۷ و ۹ دسی‌زیمنس افزایش داد (شکل ۴-ب). بیشترین وزن تر و خشک شاخساره (۱۴/۸۰ و ۷/۴۶ گرم) در شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار به‌دست آمد (شکل ۴-ب). نتایج حاصله با نتایج مهدویان (۲۰۱۸) روی گیاه جو در یک راستا بود. بررسی نتایج حاصل از اندازه‌گیری وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه جو تحت تیمار غلظت‌های مختلف شوری نشان داد که اندازه این صفات تحت اثر تیمار شوری نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین تیمار همزمان اسید سالیسیلیک در غلظت ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار و شوری باعث افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه نسبت به گیاهانی که فقط با شوری تیمار شده بودند، گردید. گزارشات متعددی در مورد اثر تنش شوری بر کاهش

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر شوری، اسید سالیسیلیک و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر تعداد گل معنادار بود (جدول ۳). با افزایش سطح تنش شوری، تعداد گل به‌طور معناداری کاهش یافت (شکل ۳-ج). نتایج حاصله با نتایج حیدری و همکاران (۲۰۲۰) روی مریم‌گلی و کلهر و همکاران (۲۰۱۹) روی همیشه‌بهار مطابقت داشت. آنها نشان دادند که با افزایش سطح تنش شوری تعداد و قطر گل به‌طور معناداری کاهش یافت. تعداد گل هر گل‌آذین به طول‌گل-آذین و میزان رشد رویشی گیاه بستگی دارد و کاهش رشد رویشی منجر به کاهش تعداد گل می‌گردد (حیدری و همکاران ۲۰۲۰). احتمالاً کاهش تعداد گل به کاهش فتوسنتز و رشد گیاه نتایج این پژوهش وابسته است (گریوی و همکاران ۱۹۹۲).

کاربرد هر دو سطح اسید سالیسیلیک در همه سطوح شوری منجر به افزایش تعداد گل نسبت به شاهد شد (شکل ۳-ج). بیشترین تعداد گل (۲۱/۳۳ و ۲۰ عدد) در تیمارهای اسید سالیسیلیک ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار در شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد که تقریباً ۲/۵ برابر بیشتر از شاهد بود (شکل ۳-ج). گرچه کمترین تعداد گل (۵ و ۴/۶۶ عدد) در سطوح شوری ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد، اما در هر دو سطح شوری با کاربرد اسید سالیسیلیک تعداد گل به‌طور معناداری افزایش یافت (شکل ۳-ج). نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد که با افزایش سطح شوری میزان رشد و عملکرد گیاه به‌طور معناداری کاهش یافت. اما نکته قابل توجه این است که با افزایش سطح شوری به ۹ دسی‌زیمنس بر متر گیاه توان زایشی خود را حفظ نمود و علی‌رغم کاهش تعداد گل، توان گلدهی خود را حفظ نمود. در واقع مشاهده شد که بیشترین آستانه تحمل گیاه برای تولید گل در EC برابر با ۹ دسی‌زیمنس بر متر بود. استفاده از اسید سالیسیلیک در EC برابر با ۹ دسی‌زیمنس بر متر قدرت تحمل گیاه را افزایش داده و آن را

دنبال آن افزایش رشد و افزایش وزن تر و خشک گیاه شد. با توجه به اینکه تنش سبب کاهش فعالیت آنزیم روبیسکو می‌شود، به نظر می‌رسد که اسید سالیسیلیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و در نتیجه بهبود فتوسنتز سبب افزایش سطح برگ و در نتیجه افزایش وزن خشک اندام هوایی می‌شود. از طرفی افزایش بیوماس در اثر استفاده از اسید سالیسیلیک به خاطر فعالیت آنتی‌اکسیدانی این ماده در غشا سلولی باشد. تیمار با اسید سالیسیلیک باعث افزایش مقادیر لیگنین در ساختار دیواره سلولی می‌شود (وفابخش و همکاران ۲۰۰۸) که این خود می‌تواند عاملی در افزایش وزن خشک گیاهان در معرض تنش شوری باشد.

خصوصیات رشدی گیاه از جمله وزن تر و خشک اندام‌های هوایی وجود دارد (کلهر و همکاران ۲۰۱۹؛ مقیمی و همکاران ۲۰۱۸). نتایج بررسی‌های یوسف و همکاران (۲۰۰۸) روی خردل، جابین و همکاران (۲۰۰۷) روی گندم و عبدالمحمدی و همکاران (۲۰۱۸) روی شب‌بو نشان داد که تیمار اسید سالیسیلیک اثرات تنش شوری بر کاهش وزن تر و خشک گیاه را تعدیل نمود. افزایش وزن تر و خشک شاخساره را می‌توان به اثر مثبت اسید سالیسیلیک بر جذب بیشتر مواد معدنی توسط گیاه (زپسی و همکاران ۲۰۰۹؛ عشقی و همکاران ۲۰۱۶) و افزایش فعالیت آنزیم کربنیک آن‌هیدراز و به دنبال آن افزایش فتوسنتز خالص برگ نسبت داد (فریدالدین و همکاران ۲۰۰۳). در این پژوهش نیز اسید سالیسیلیک موجب افزایش فتوسنتز و به



شکل ۴- ترکیبات تیماری تنش شوری و اسید سالیسیلیک برای الف) وزن تر و ب) وزن خشک شاخساره شاه‌پسند درختچه‌ای

کلروفیل a و b

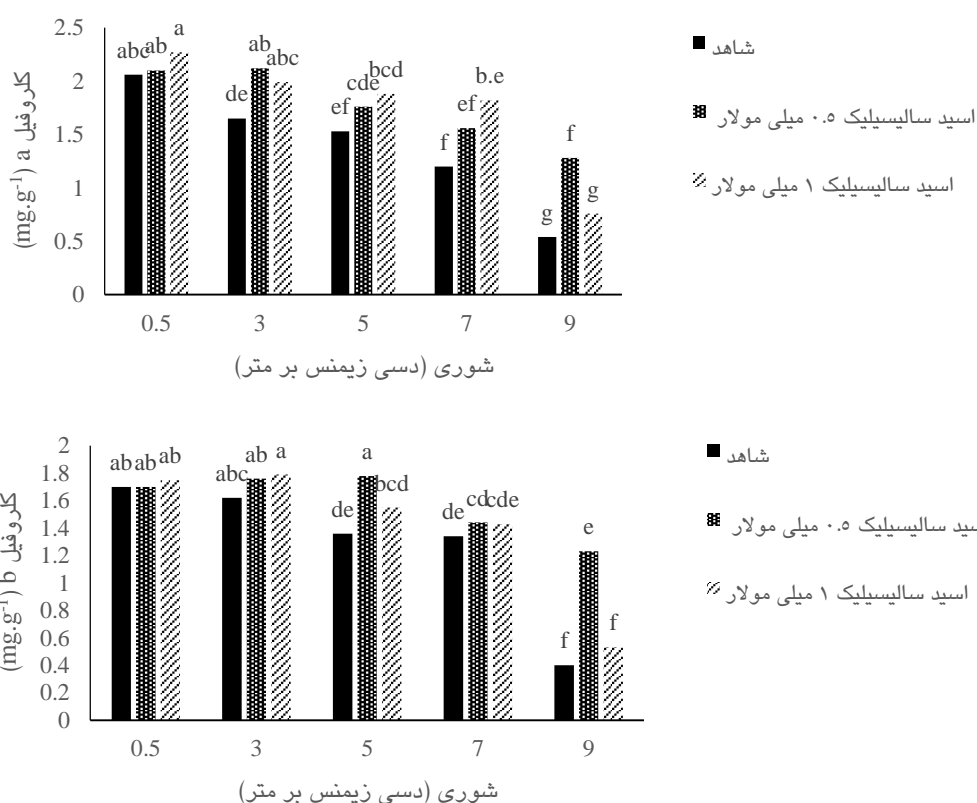
اثر شوری و اثر متقابل شوری و اسید سالیسیلیک در سطح احتمال یک درصد و اثر اسید سالیسیلیک در سطح احتمال ۵ درصد بر کلروفیل a معنادار بود (جدول ۴). اثر شوری، اسید سالیسیلیک و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر کلروفیل a معنادار بود (جدول ۴). با افزایش سطح تنش شوری میزان هر دو کلروفیل a و b به‌طور معناداری کاهش یافت (شکل ۵-الف و ب). این موضوع موجب ناکارآمدی برگ-ها در انجام فتوسنتز و تشدید آسیب‌های ناشی از تنش می‌گردد. این مورد در نتایج تحقیقات دیگر روی گیاه مریم‌گلی (حیدری و همکاران ۲۰۲۰)، نعناع فلفلی (سوری و موسوی ۲۰۱۶) و اسطوخودوس (خرسندی‌نژاد و همکاران ۲۰۱۶) گزارش شده است. محتوای کلروفیل برگ شاخص سلامت گیاه است که با افزایش غلظت شوری میزان کلروفیل در گیاه به‌طور معناداری کاهش می‌یابد. واکنش گیاهان در مواجهه با پتانسیل اسمزی و اثر آن بر کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی متفاوت است. تخریب کلروپلاست و تجزیه کلروفیل در اثر فعالیت آنزیم کلروفیل‌از و پراکسیداز از جمله عوامل مؤثر در کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی است. شاید بتوان پایداری رنگدانه‌های فتوسنتزی تحت شرایط تنش را به‌عنوان معیاری برای مقاومت گیاه به تنش شوری بیان کرد (سونگور و همکاران ۲۰۱۱). کاهش غلظت کلروفیل از عوامل مهم تأثیرگذار بر کاهش ظرفیت فتوسنتزی گیاه به حساب می‌آید و با افزایش سطوح شوری از ظرفیت فتوسنتزی برگ‌ها کاسته شده و این امر موجب تشدید صدمات ناشی از تنش می‌شود (سیروس‌مهر و همکاران ۲۰۱۵).

کاربرد اسید سالیسیلیک در همه سطوح شوری منجر به افزایش میزان هر دو کلروفیل a و b شد (شکل ۵-الف و ب). بیشترین میزان کلروفیل a (۷/۴۶ 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 ۵-الف). کمترین مقدار کلروفیل a (۱/۷ و ۲/۴ میلی‌گرم بر گرم) در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر و گیاهان شاهد و تیمار شده با اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار به‌دست آمد (شکل ۵-الف). بیشترین مقادیر کلروفیل b (۱/۷۹ و ۱/۷۸ میلی‌گرم بر گرم) نیز در شوری ۳ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر و به‌ترتیب در تیمارهای اسید سالیسیلیک ۱ و ۰/۵ میلی‌مولار حاصل شد (شکل ۵-ب). کمترین مقادیر کلروفیل b (۰/۴ و ۰/۵۳ میلی‌گرم بر گرم) نیز در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر و به‌ترتیب در شاهد و تیمار اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار به‌دست آمد (شکل ۵-ب). کلروفیل‌ها مهمترین رنگدانه‌های جذب‌کننده نور در غشاهای تیلاکوئیدی هستند. میزان کلروفیل در گیاهان زنده یکی از فاکتورهای مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی و از مهمترین شاخص‌های نشان‌دهنده فشارهای محیطی است (مزارعی و همکاران ۲۰۱۷). اسید سالیسیلیک نقش محوری در تنظیم تعدادی از فرآیندهای فیزیولوژیک مانند فتوسنتز، بسته شدن روزنه‌ها، تعرق، سنتز کلروفیل و پروتئین دارد و با تأثیر بر عوامل روزنه‌ای، آنزیم‌های دخیل در مراحل فتوسنتز، رنگیزه‌ها و ساختار کلروپلاست بر میزان فتوسنتز تأثیر می‌گذارد (قیصری و همکاران ۲۰۱۵). عبدالمحمدی و همکاران (۲۰۱۸) نیز نشان دادند که استفاده از اسید سالیسیلیک محتوای کلروفیل a و b برگ را به‌طور معناداری افزایش داد.

جدول ۴- تجزیه واریانس خصوصیات فیزیولوژیک و غلظت عناصر برگ شاهپسند درختچه‌ای تحت سطوح مختلف شوری و اسید سالیسیلیک

منابع تغییر	درجه‌ی آزادی	میانگین		مربعات		سدیم/پتاسیم	پتاسیم	سدیم	RWC	کلروفیل b	کلروفیل a
		کلروفیل a	کلروفیل b								
شوری (a)	۴	۲/۲۲**	۱/۵۷**	۱۱۶۴/۹۸**	۵/۵۶**	۰/۰۰۹**	۸/۷۸**				
اسید سالیسیلیک (b)	۲	۰/۰۷*	۰/۲۶**	۱۲۱/۴۶*	۴/۱۴**	۰/۰۰۰۸**	۶/۱۸*				
a×b	۸	۰/۱۴**	۰/۱۲**	۵۹۸/۵۱**	۲/۹۰**	۰/۰۰۱**	۹/۴۲**				
خطا	۳۰	۰/۰۲	۰/۰۱	۴۱/۱۷	۱/۳۱	۰/۰۰۰۱	۱/۴۴				
ضریب تغییرات (%)		۱۰/۲۲	۷/۸۸	۱۲/۴۱	۱۴/۲۰	۱۹/۸۴	۱۲/۶۳				

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم معنی‌داری می باشد.



شکل ۵- ترکیبات تیماری تنش شوری و اسید سالیسیلیک برای الف) کلروفیل a و ب) کلروفیل b شاهپسند درختچه‌ای

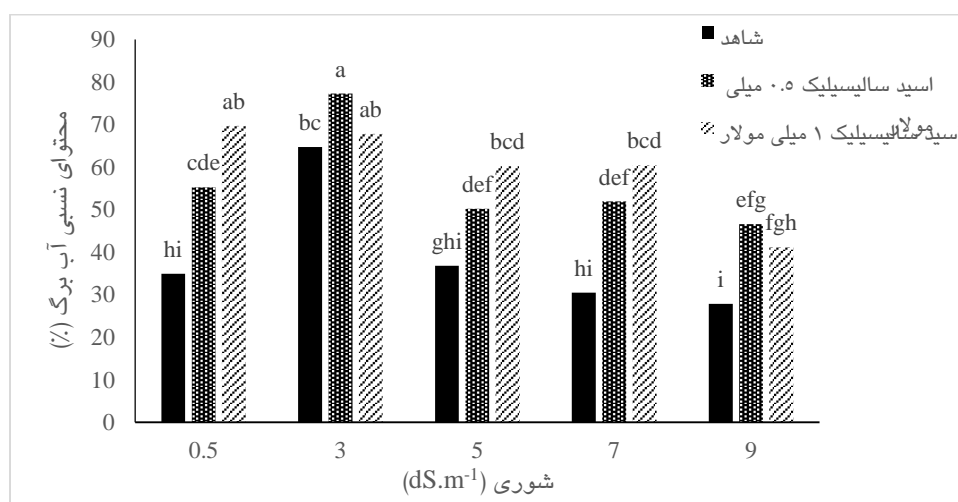
بر حاصل شد (مقیمی و همکاران ۲۰۱۸). محتوای رطوبت نسبی برگ همبستگی بالایی با پتانسیل آب برگ دارد. کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ در ابتدا منجر به بسته شدن روزنه‌ها و کاهش فتوسنتز و با افزایش شوری منجر به توقف انتقال الکترون و ممانعت نوری در چرخه فتوسنتزی می‌شود. با توجه به اینکه یکی از

محتوای نسبی آب برگ

اثر شوری، اسید سالیسیلیک و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر محتوای نسبی آب برگ معنادار بود (جدول ۴). با افزایش سطح شوری، محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت (شکل ۶). در درختچه پر نیز کمترین محتوای نسبی آب برگ در شوری ۷ دسی‌زیمنس

برگ (۲۷/۸۵ درصد) در گیاهان شاهد در شوری ۹ دسی-زیمنس بر متر به دست آمد. استفاده از اسید سالیسیلیک در شوری ۵، ۷ و ۹ دسی-زیمنس بر متر به طور معناداری موجب افزایش محتوای آب نسبی برگ شد (شکل ۶). عبدالحمیدی و همکاران (۲۰۱۸) و شهبازی‌زاده و همکاران (۲۰۱۵) نیز نشان دادند که با استفاده از اسید سالیسیلیک محتوای نسبی آب برگ در گیاهان تحت تنش شوری افزایش یافت.

آثار تنش شوری جلوگیری از جذب آب و ایجاد تنش خشکی است، می‌توان علت کاهش محتوای رطوبت نسبی را کاهش جذب آب از ریشه‌ها در شرایط خشک دانست (کولوم و وزان، ۲۰۰۳). استفاده از اسید سالیسیلیک در همه سطوح شوری، به طور معناداری موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ شد (شکل ۶). بیشترین محتوای نسبی آب برگ (۷۷/۲۸ درصد) در گیاهان تیمار شده با اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار و شوری ۳ دسی-زیمنس بر متر حاصل شد (شکل ۶). کمترین محتوای نسبی آب



شکل ۶- ترکیبات تیماری تنش شوری و اسید سالیسیلیک برای محتوای نسبی آب برگ گیاه شاه‌پسند درختچه‌ای

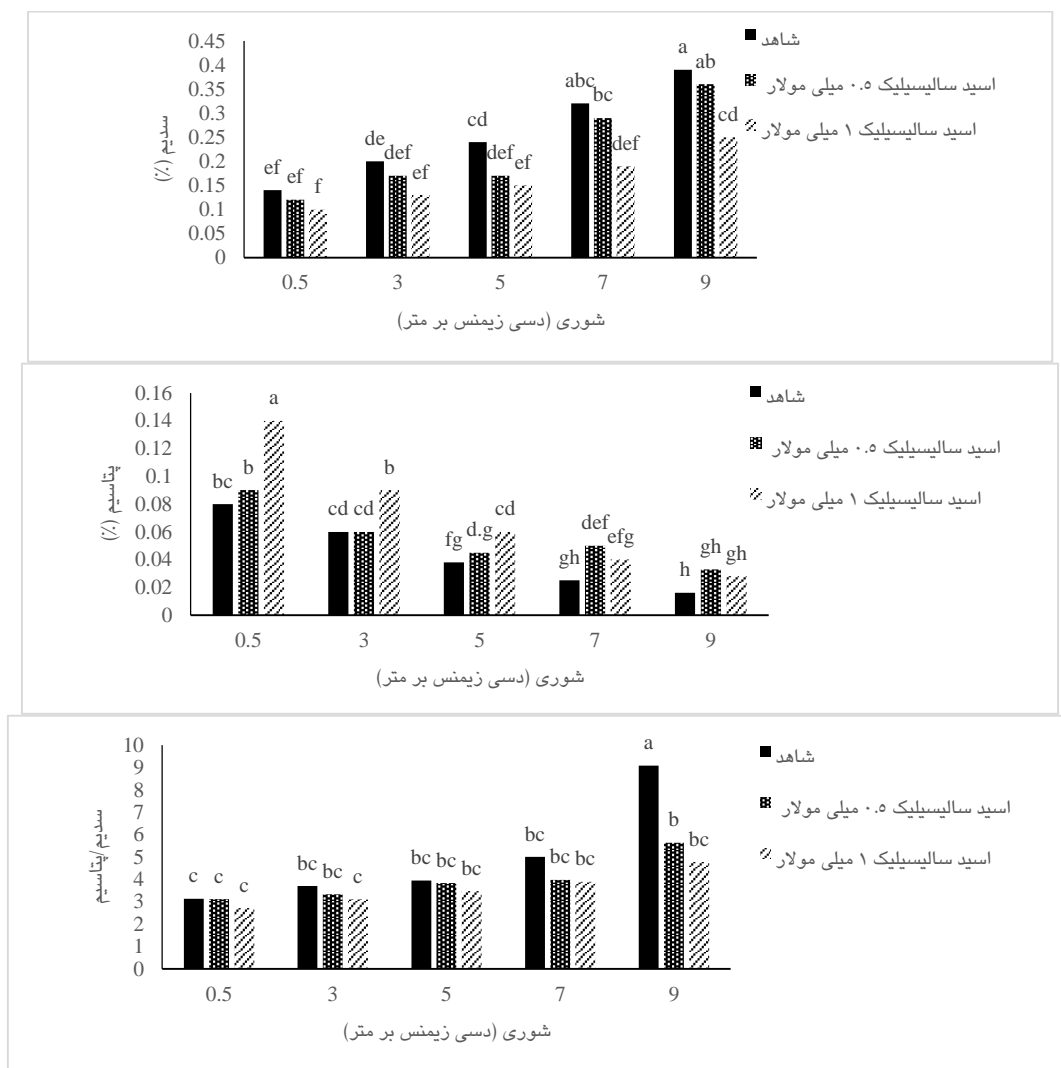
همیشه‌بهار به طور معناداری کاهش یافت (کلهر و همکاران ۲۰۱۹). در بسیاری از محصولات غلظت پتاسیم با افزایش سطح شوری در بافت‌های گیاهی محیط ریشه کاهش می‌یابد. کاهش غلظت پتاسیم بافت‌های گیاهی می‌تواند به دلیل رقابت آن با سدیم بر سر مکان‌های اتصال به ناقل‌های غشای پلاسمایی و یا نشت پتاسیم به دلیل عدم ثبات غشاء پلاسمایی باشد (چارتزولاکیس ۲۰۰۵). افزایش ماده آلی مصرفی، غلظت پتاسیم اندام هوایی و ریشه را افزایش داده به طوری که ماده آلی باعث گسترده‌گی ریشه و افزایش جذب پتاسیم توسط ریشه می‌شود. در شرایط شوری نفوذپذیری غشا زیاد شده، از یک طرف یون‌های سمی نظیر سدیم وارد گیاه شده و از

غلظت سدیم، پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم اثر شوری، اسید سالیسیلیک و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر غلظت سدیم و پتاسیم برگ معنادار بود (جدول ۴). اثر شوری و اثر متقابل شوری و اسید سالیسیلیک در سطح احتمال یک درصد و اثر سالیسیلیک اسید در سطح احتمال ۵ درصد بر نسبت سدیم به پتاسیم معنادار بود (جدول ۴). با افزایش سطح شوری، غلظت سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم افزایش و میزان پتاسیم کاهش یافت (شکل ۷- الف، ب و ج). مقیمی و همکاران (۲۰۱۸) نیز گزارش کردند که با افزایش سطح شوری، میزان سدیم، برگ درختچه پر نیز به طور معنی‌داری افزایش یافت که مطابق با یافته‌های پژوهش حاضر بود. با افزایش سطح تنش شوری، جذب پتاسیم در گیاه

شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد که در این زمینه گیاهان تیمار شده با اسید سالیسیلیک با شاهد تفاوت معناداری نشان ندادند (شکل ۷- الف و ج). بیشترین مقدار پتاسیم برگ (۰/۱۴ درصد) در شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر و گیاهان تیمار شده با اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار حاصل شد که ۷۵ درصد از شاهد بیشتر بود (شکل ۷- ب). گزارش شده است که اسید سالیسیلیک باعث کاهش غلظت سدیم و افزایش غلظت پتاسیم و نیتروژن در گیاه ریحان در تنش‌های مختلف

طرف دیگر نشت پتاسیم شیره سلولی زیاد می‌شود (قاسمی ۲۰۱۵).

استفاده از اسید سالیسیلیک در همه سطوح شوری، به‌طور معناداری موجب کاهش میزان سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم و افزایش میزان پتاسیم در برگ شد (شکل ۷- الف، ب و ج). بیشترین میزان سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم (به ترتیب ۰/۳۹ درصد و ۹/۰۸) و کمترین مقدار پتاسیم (۰/۱۶ درصد) در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر و گیاهان شاهد مشاهده شد (شکل ۷- الف، ب و ج). کمترین مقادیر سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم در



شکل ۷- ترکیبات تیماری تنش شوری و اسید سالیسیلیک برای الف) غلظت سدیم، ب) پتاسیم و ج) نسبت سدیم/پتاسیم گیاه شاه‌پسند درختچه‌ای

قابل توجهی ارتفاع، قطر نهایی شاخه اصلی، تعداد برگ، تعداد گل، وزن تر و خشک شاخساره، میزان کلروفیل a و b و غلظت پتاسیم را افزایش و موجب کاهش تعداد برگ‌های نکروزه، سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم شد. بررسی‌ها نشان داد که در سطوح بالای شوری گیاه قدرت زایشی و تولید گل خود را حفظ نمود، بنابراین می‌توان شاه‌پسند را در رده گیاهان مقاوم به شوری طبقه کرد. این در حالی است که تیمار اسید سالیسیلیک در سطوح بالای شوری خصوصاً با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار به‌طور معناداری گلدهی را بهبود بخشید. در میان غلظت‌های مورد مطالعه اسید سالیسیلیک، در بیشتر صفات مورد مطالعه، غلظت ۰/۵ میلی‌مولار، اثربخشی بیشتری در کاهش اثرات تنش شوری نشان داد. بنابراین برای تخفیف آثار تنش شوری در گیاه شاه‌پسند درختچه‌ای کاربرد اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار توصیه می‌گردد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه اردکان و مرکز ملی تحقیقات شوری جهت همکاری در بخش‌های مختلف انجام پژوهش کمال تشکر و سپاسگزاری صورت می‌گیرد.

می‌شود (پاداش و همکاران ۲۰۱۶). حسنوند 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 عنصر سدیم را کاهش و پتاسیم را افزایش می‌دهد که بیانگر نقش آن در حفظ و ثبات هموستازی یونی گیاه است (رقامی و همکاران ۲۰۱۶) از مهمترین نقش‌های عنصر پتاسیم مقاوم کردن گیاه در برابر عوامل خارجی می‌باشد، این بدان معنی است که گیاه به محض اعمال تنش با ایجاد مکانیسم افزایش یون پتاسیم درون سلول‌ها و آوندهای خود، در برابر عامل تنش مقاومت می‌کند (وو و همکاران ۲۰۰۸). گرینی شبانکاره و خراسانی‌نژاد (۲۰۱۷) در گیاه دارویی اکلیل کوهی و پاداش و همکاران (۲۰۱۶) در ریحان در مورد نقش مثبت اسید سالیسیلیک در افزایش میزان پتاسیم در زمان تنش گزارش کردند.

نتیجه‌گیری

با افزایش سطح تنش شوری، رشد گیاه به‌طور معناداری کاهش یافت. کاربرد اسید سالیسیلیک به‌طور

منابع مورد استفاده

- Abdolmohammadi S, Omid J, Hatamzadeh A and Hassanpour asil M. 2018. Evaluation of Salinity Stress Tolerance in (*Matthiola incana* L.) under Salicylic acid Treatment. *Applied Biology*, 8(31): 121-131.
- Arnon AN. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*. 23:112-121.
- Bastam N, Baninasab B and Ghobadi C. 2013. Improving salt tolerance by exogenous application of salicylic acid in seedlings of pistachio. *Plant Growth Regulation*, 69: 275-284. <https://doi.org/10.1007/s10725-012-9770-7>.
- Ben-Rouina B, Ben-Ahmed C, Athar HR and Boukhriss M. 2006. Water relations, proline accumulation and photosynthetic activity in olive tree (*Olea europaea* L. CV "Chemlali") in response to salt stress. *Pakistan Journal of Botany*, 38:1397-1406.

- Bose J, Munns R, Shabala S, Gilliam M, Pogson B and Tyerman SD. 2017. Chloroplast function and ion regulation in plants growing on saline soils: lessons from halophytes. *Journal of Experimental Botany*, 68:3129–3143. <https://doi.org/10.1093/jxb/erx142>
- Bremner JM. 1996. Nitrogen total. PP. 1085-1122. *In*: Klute, A., et al. (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part III*, 3rd Ed., ASA, Madison, WI.
- Bukhat S, Manzoor H, Zafar ZU, Azeem F and Rasul S. 2020. 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.
- Bukhat S, Manzoor H, Zafar ZU, 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.
- Chartzoulakis K. 2005 Salinity and olive: growth salt tolerance photosynthesis and yield. *Agriculture Water Management*, 78: 108–121.
- Cheng X, Deng G, Su Y, Liu JJ, Yang Y, Du GH, Chen ZY and Liu FH. 2016. Protein mechanisms in response to NaCl-stress of salt-tolerant and salt-sensitive industrial hemp based on iTRAQ technology. *Industrial Crop and Products*, 83: 444–452. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.12.086>.
- Colom MR and Vazzana C. 2003. Photosynthesis and PSII functionality of drought resistant and droughtsensitive weeping lovegrass plants, *Environmental and Experimental Botany*, 49: 135- 144.
- Dong CJ, Wang XL and Shang QM. 2011. Salicylic acid regulates sugar metabolism that confers tolerance to salinity stress in cucumber seedlings. *Scientia Horticulturae*, (Amsterdam) 129: 629–636. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.05.005>.
- Egamberdieva D, Wirth S, Bellingrath-Kimura SD, Mishra J and Arora NK. 2019. Salttolerant plant growth promoting rhizobacteria for enhancing crop productivity of saline soils. *Front. Microbiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02791>.
- Emami A. 1996. *Methods of plant analysis*. *Journal of Agricultural research, education & extension organization*, 1(982): 28-58. (In Persian).
- Eraslan F, Inal A, Gunes A and Alpaslan M. 2007. Impact of exogenous salicylic acid on growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. *Scientia Horticulturae*, 113: 120–128.
- Eshghi S, Moharami S and jamali B. 2016. Effect of Salicylic Acid on Growth, Function and Quality of Strawberry Fruits in Parus Cultivar under Salinity Conditions. *Journal of Crop Science and Technology of Greenhouse Culture*, 7(28): 163-173. (In Persian).
- Faghih S, Ghobadi C and Zarei A. 2017. Response of strawberry plant cv. ‘Camarosa’ to salicylic acid and methyl jasmonate application under salt stress condition. *Journal of Plant Growth Regulation*, 36: 651–659. <https://doi.org/10.1007/s00344-017-9666-x>.
- Fakhimi F, Motallebi Azar A, Zaree Nahandi F, Sokhandan Bashir N and Gohari G. 2020. Effect of salicylic acid on betaine aldehyde dehydrogenase gene expression in potato (*Solanum tuberosum* L., cv. Agria) under salinity stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 13(1): 1-8. doi: 10.22077/escs.2019.1847.1436. (In Persian).
- Fariduddin Q, Hayat S and Ahmad A. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity, and seed yield in *Brassica juncea*. *Photosynthetica*, 41: 281-284. (In Persian).
- Gee GW and Bauder JW. 1986. Particle size analysis, hydrometer method. PP. 383-411. *In*: Klute, A., et al. (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part II*, ASA, Madison, WI.

- Ghafari H, Tadayon M and Razmjoo J. 2018. The role of salicylic acid and proline treatment on induction of antioxidant enzyme activities and salt tolerance responses of soybean (*Glycine max* L.). *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 11(3): 691-705. doi: 10.22077/escs.2018.730.1140. (In Persian).
- Ghasemi S. 2015. The effect of vermicomposting on salt tolerate in tomato and iron and zinc uptake in a alkaline soil. *Journal of Water and Soil Science*, 25 (2): 271-283. (In Persian).
- Gheysari S, Saied-Nematpoor F and Safipoor- Afshar A. 2015. Effect of salicylic acid and ascorbic acid on the content of photosynthetic pigments and activity of some antioxidant enzymes in basil under stress. *Journal of Plant Research*, 28(4): 814-825. (In Persian).
- Grieve C, Lesch SM and Mass EV. 1992. Analysis of main spike yield components in salt stressed wheat. *Crop Science*, 32: 697-703.
- 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).
- Hasanuzzaman M, Nahar K and Fujita M. 2013. Plant response to salt stress and role of exogenous protectants to mitigate salt-Induced damages in ecophysiology and responses of plants under salt stress. Springer New York. Pp. 25-87.
- 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 Stresses in Crop Sciences*, 13(2): 519-531. doi: 10.22077/escs.2019.2035.1504
- 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.
- Heidary Z, Asadi-Gharneh H and Razmjoo J. 2020. Effect of different levels of salinity on morpho-physiological cCharacteristics of wood Sage (*Salvia nemorosa* L.). *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 13(3): 983-993. doi: 10.22077/escs.2020.2211.1556. (In Persian).
- Horváth E, Csiszár J, Gallé á, Poór P, Szepesi á and Tari I. 2015. Hardening with salicylic acid induces concentration-dependent changes in abscisic acid biosynthesis of tomato under salt stress. *Journal of Plant Physiology*, 183: 54–63. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.05.010>.
- Inal A and Gunes A. 2008. Interspecific root interactions and rhizosphere effects on salt ions and nutrient uptake between mixed grown peanut/maize and peanut/barley in original saline–sodic–boron toxic soil. *Journal of Plant Physiology*, 165: 0–503. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2007.01.016>.
- Jabeen S, Shahbaz M and Akram NA. 2007. Influence of exogenous application of salicylic acid on growth and gas exchange characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.) under control or saline conditions. *International Journal of Life Sciences*, 1: 425-431.
- Jayakannan M, Bose J, Babourina O, Rengel Z and Shabala S. 2015. Salicylic acid in plant salinity stress signalling and tolerance. *Plant Growth Regulation*, 76: 25–40. <https://doi.org/10.1007/s10725-015-0028-z>.
- 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 Productions (Agronomy, Breeding and Horticulture)*, 42(1): 89-102. (In Persian).
- Kalita S, Kumar G, Karthik L and Venkata Bhaskara Rao K. 2012. A Review on Medicinal Properties of *Lantana camara* Linn. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 5(6): 711-715.
- Khorasaninejad S, Soltanloo H, Hadian J and Atashi S. 2016. The Effect of Salinity Stress on the Growth, quantity and quality of Essential oil of Lavender (*Lavandula angustifolia* Miller), *Journal of Horticulture Science*, 30: 209-216. (In Persian).

- Lonare MK, Sharma M, Hajare SW and Borekar VI. 2012. *Lantana camara*: overview on toxic to potent medicinal properties. International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research, 3(9): 3031.
- Ma X, Zheng J, Zhang X, Hu Q and Qian R. 2017. Salicylic acid alleviates the adverse effects of salt stress on *Dianthus superbus* (Caryophyllaceae) by activating photosynthesis, protecting morphological structure, and enhancing the antioxidant system. *Frontiers in Plant Science*. 8: 600. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00600>.
- Mahdavian K. 2018. Effect of different concentrations of salicylic acid on salinity tolerance of barley seedling (*Hordeum vulgare* L.). *Crop physiology journal*, 9(3): 121-136. (In Persian).
- Maleki A, Kiani M and Alinejadian A. 2016. The effect of salt on yield and some physical and biochemical characteristics of leafy beet under greenhouse condition. P. 1-10. 24-26 August. Second National Congress of Irrigation and Drainage in Iran, Isfahan University of Technology. (In Persian).
- Mazarie A, Sirousmehr AR and Babaei Z. 2017. Effect of mycorrhizal fungi on some morphological and physiological characteristics of Milk thistle (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.) under drought stress. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 33 (4): 620- 635. (In Persian).
- 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.
- Moghimi Banadkooki A, Dehestani Ardakani M, Shirmardi M, Momenpour A. 2018. Effects of cow manure and vermicompost on growth characteristics of smoke tree (*Cotinus coggygria* Scop.) under salt stress under greenhouse. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 26(4): 483-495. (In Persian).
- Momenpour A, Imani A, Bakhshi D and Akbarpour E. 2018. Evaluation of Salinity Tolerance of some selected almond genotypes budded on GF₆₇₇ rootstock, *International Journal of Fruit Science*, 18(4): 410-435.
- Mousavi SA, Tatari M, Mehnatkesh A and Haghigati B. 2009. Vegetative Growth Response of Young Seedlings of Five Almond Cultivars to Water Deficit. *Seed and Plant Improvement Journal*, 25(4): 551-567.
- Muhammad Z and Hussain F. 2010. Vegetative growth performance of five medicinal plants under NaCl salt stress. *Pakistan Journal of Botany*, 42: 303-316.
- Nelson DW and Sommers LE. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. PP. 961-1010. *In*: Klute, A., et al. (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part III, 3rd Ed.*, ASA, Madison, WI.
- Padash A, Ghanbari A and Asgharipour MR. 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).
- Pirasteh-Anosheh H, Emam Y, Rousta MJ and Ashraf M. 2017. Salicylic acid induced salinity tolerance through manipulation of ion distribution rather than ion accumulation. *Journal of Plant Growth Regulation*, 36: 227–239. <https://doi.org/10.1007/s00344-016-9633-y>.
- Potters G, Horemans N and Jansen MAK. 2010. The cellular redox state in plant stress biology—a charging concept. *Plant Physiology and Biochemistry*: 48: 292–300.
- Raghmi 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).
- Rhoades JD. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. PP. 417-436. *In*: Sparks, D. L., et al. (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part III, 3rd Ed.*, ASA, and Madison, WI.
- Richards LA. 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline Alkali Soils*. USDA Handbook-60. U.S. Govt. Printing Office, Washington, DC.

- Sakhabutdinova AR, Fatkhutdinova DR, Bezrukova MV and Shakirova FM. 2003. Salicylic acid prevents damaging action of stress factors on wheat plants. *Bulgarian Journal of Plant Physiology (special issue)*, 314-319.
- Scalia R, Oddo E, Saiano F and Grisafi F. 2009. Effect of salinity on *Puccinellia distans* (L.) Parl. treated with NaCl and foliarly applied glycine betaine. *Plant Stress*, 3: 49-54.
- Sevengor S, Kusvuran S and Elliaitioglu S. 2011. The effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and ntioxidative enzymes of pumpkin seedling. *African Journal of Agricultural Research*, 6: 4920-4924.
- Shahbazi Zadeh E, Movahhedi Dehnavi M and Balouchi H. 2015 Effects of foliar application of salicylic and ascorbic acids on some physiological characteristics of soybean (cv. Williams) under salt stress. *Journal of Plant Process and Function*, 4 (11) :13-22
- Sirousmeher A, Berdel J and Mohammadi M. 2015. Changes of germination properties, photosynthetic pigments and antioxidant enzymes activity of safflower as affected by drought and salinity stress. *Journal of Crop Ecophysiology*, 8: 517-533. (In Persian).
- Soori N and Moosavi SF. 2016. Effect of Salinity stress induced by NaCl on the Quantitative and qualitative characteristics of Peppermint (*Mentha piperita* L.). 1St National Conference of the Role of Medicinal Herbs in Resistive Economy. April 27-28, 2016, Payam Noor University, FereidoonShahr, Iran. (In Persian).
- Szepesi A, Csiszar J, Gemes K, Horvath E, Horvath F, Simon M and Tari I. 2009. Salicylic acid improves acclimation to salt stress by stimulating abscisic aldehyde oxidase activity and abscisic acid accumulation, and increases Na⁺ content in leaves without toxicity symptoms in *Solanum lycopersicum* L. *Journal of Plant Physiology*, 166: 914-925.
- Szepesi A, Csiszar J, Bajkan S, Gemes K, Horvath F, Erdei L, Deer AK, Simon ML and Tari I. 2005. Role of salicylic acid pre-treatment on the acclimation of tomato plants to salt- and osmotic stress, *Acta Biologica Szegediensis*, 49: 123-125.
- Talei D and Reyhani A. 2019. Morphophysiological responses of *Nigella sativa* L. to salicylic acid under salinity stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 12(3): 949-960. doi: 10.22077/escs.2019.1422.1318
- Thomas GW. 1996. Soil pH and soil acidity. PP. 475-490. In: Klute, A., et al. (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part III*, 3rd Ed., ASA, and Madison, WI.
- Tuteja N. 2007. Mechanisms of high salinity tolerance in plants. In: Häussinger, D., Sies, H. (Eds.), *Method Enzymol.* Academic Press, pp. 419-438.
- Vafabakhsh J, Nasiri Mahalati M and Kochaki A. 2008. Impact of water stress on yield and radiation use efficiency of canola (*Berasica napus*). *Journal of Field Crops Research*, 6: 193-208. (In Persian).
- Watanabe FS and Olsen SR. 1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO₃ extracts from soil. *Soil Science Society of America Proceeding*, 29: 677-678.
- Wu Y, Hu Y and Xu G. 2008. Interactive effects of potassium and sodium on root growth and expression of K/Na transporter genes in rice. *Journal of Plant Growth Regulation*, 57(3): 271-280.
- Yamasaki S and Dillenburg LC. 1999. Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. *Revista Brasilian Fisiologia Vegetal*, 11: 69-75.
- Yusuf M, Hasan SA, Ali B, Hayat S, Fariduddin Q and Ahmad A. 2008. Effect of salicylic acid on salinity induced changes in *Brassica juncea*. *Journal of Integrative Plant Biology*, 50: 1096-1102.