

تأثیر تنش شوری بر صفات رویشی، ریختی و فیزیولوژیکی نهال‌های استبرق (*Calotropis procera* Ait.)

۱- محمد بهمنی، دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس، مازندران، نور، ایران
۲- داود کرتولی نژاد، استادیار گروه جنگلداری مناطق خشک، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان
kartooli58@semnan.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۰۴

پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۰۹

چکیده

تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر تنش آب شور بر صفات رویشی و فیزیولوژی نهال استبرق در شرایط گلخانه انجام شد. آزمایش در ۶ سطح شوری (۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ دسی زیمنس بر متر) در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی به مدت ۵ ماه صورت گرفت. درصد زنده‌مانی نهال‌های استبرق در شوری‌های ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی زیمنس بر متر به ترتیب ۱۰۰، ۱۰۰، ۶۴/۶ و ۲۲/۶ بود؛ اما در سطوح ۲۰ و ۲۵ دسی زیمنس بر متر هیچ نهالی زنده نماند. بزرگ‌ترین میزان طول و حجم ریشه در تیمار شاهد دیده شد. بیشترین مقادیر فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، تعرق، وزن تر و خشک ساقه و ریشه، ارتفاع نهال، قطر یقه و تعداد برگ به تیمار شاهد تعلق داشت. بالاترین میزان دمای سطح و نسبت ریشه/ساقه به ترتیب در شوری‌های ۱۵ و ۲۵ دسی زیمنس بر متر دیده شد. به‌طور کلی، یافته‌های این پژوهش آشکار ساخت که در شرایط مورد مطالعه، نهال‌های ۵ ماهه استبرق اگرچه در شوری ۱۵ دسی زیمنس بر متر امکان زیست ضعیفی دارند، اما به شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر سازگاری نسبتاً خوبی از نظر اغلب ویژگی‌های رویشی، فیزیولوژیکی و زنده‌مانی نشان می‌دهند.

واژگان کلیدی: استبرق؛ سطوح شوری؛ نشت الکترولیت؛ زنده‌مانی نهال؛ فتوسنتز.

مقدمه

و ریشه، افزایش می‌یابد [۲]. از طرفی مطالعه اثر آب شور دریا (با هدایت الکتریکی ۶۰/۵ دسی زیمنس بر متر) بر روی گیاه سیاه شور (*Suaeda aegyptiaca*)، کاهش ۴۰ درصدی وزن خشک کل گیاه و افزایش سه برابری نسبت ریشه/ساقه نهال استبرق را نسبت به شاهد نشان داده است [۱۹].

در ارتباط با اثر شوری بر خصوصیات ریختی و فیزیولوژیکی گیاهان، مطالعات متعددی انجام شده است. به‌عنوان مثال، در پژوهشی بر روی درخت بادام (*Prunus amygdalus*) نشان داده شد که با افزایش شوری (۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) وزن تر و خشک برگ و ریشه، تعداد برگ و شاخص کلروفیل برگ روند کاهشی از خود بروز می‌دهد [۲۷]. با افزایش سطح شوری (۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم) در گیاه ارزن

شوری از متغیرهای محیطی مهمی است که باعث کاهش تولیدات گیاهی می‌شود [۸ و ۳۰]. بیش از ۸۰۰ میلیون هکتار از اراضی موجود در دنیا تحت تأثیر شوری قرار دارند به طوری که فراوان‌ترین ترکیب آن کلرید سدیم است [۲۴]. تنش شوری از طریق تأثیر اسمزی که بر طیف وسیعی از فعالیت‌های متابولیکی دارد، باعث تحمیل کمبود آب بر گیاهان می‌گردد [۶، ۷، ۱۶ و ۳۰]. جهت و بزرگی این تغییرات رویشی به سطح و مدت زمان شوری و همچنین گونه گیاهی برمی‌گردد. در این راستا، مطالعات صورت گرفته در مورد اثرات شوری بر میزان پیگمانت‌های فتوسنتزی در سننین مختلف استبرق (*Calotropis procera*)، نشان داده است که اثر شوری بر میزان کلروفیل به‌ویژه در غلظت‌های بالا و با افزایش سن گیاه با افزودن کربوهیدرات‌های محلول و نامحلول در اندام هوایی

پادزهری (*Panicum antidotale* Retz.)، توسعه اجزای فتوسنتزی و سرعت افزایش وزن ریشه کاهش می‌یابد [۱۰]. همچنین نتایج تحقیق بر گیاه کالارگراس (*Leptochloa fusca* L.) تحت شوری ۰، ۵، ۱۰ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر، نشت الکترولیت در سطوح مختلف شوری تغییری نکرد؛ این در حالی است که میزان محتوای نسبی آب برگ، وزن خشک اندام هوایی و ریشه در شوری ۲۰ دسی زیمنس بر متر از کمترین میزان برخوردار بود [۱۵]. نتایج بررسی اثر شوری بر نهال *Sesbania grandiflora* نشان می‌دهد که غلظت بالای کربوهیدرات‌های محلول و نامحلول در ساقه و ریشه نقش مهمی در تنظیم اسمزی بازی می‌کند [۹]. بررسی نهال *Morinda pubescens* و *Morinda citrifolia* مشخص نمود که افزایش شوری به‌طور معنی‌داری ارتفاع نهال‌ها، متوسط سطح برگ، میزان کلروفیل a، b و کل را تغییر می‌دهد [۲۳]. همچنین واکنش به شوری تلفیقی نمک کلرید سدیم و سولفات سدیم بر نهال پسته، نشان داد که با افزایش شوری، کاهش رشد گیاه و عملکرد آن دیده می‌شود [۱]. بررسی اثرگذاری آب شور (۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰ و ۶۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) بر خصوصیات ریختی و آناتومی سالسولا (*Salsola* sp.) نشان داد که افزایش شوری، تغییرات شدیدی بر صفات مزبور در این گیاه می‌گذارد؛ این در حالی است که گیاه توانست با تجمع کریستال‌های نمک در مزوفیل و افزایش کرک با شوری مقابله نماید [۲۷].

استبرق درختچه‌ای به ارتفاع ۲ تا ۳ متر، دارای ساقه‌های توخالی، برگ‌های پهن و درشت است که شیرابه‌ای سفید در تمام اندام گیاه جریان دارد. استبرق درختچه‌ای چند ساله است که در آب و هوای خشک، نیمه‌خشک و نیمه مرطوب نواحی گرم بیابانی جنوب غربی آسیا و ناحیه مدیترانه تا سواحل آفریقا و به‌طور طبیعی در حاشیه تپه‌های ماسه‌ای مناطق جنوبی ایران پراکنش دارد [۵ و ۶]. بارندگی سالانه رویشگاه‌های استبرق بین ۳۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر می‌باشد [۱۳]. استبرق در شرایط رویشگاهی محدوده وسیعی از شرایط خاکی سنگریزه سطحی تا سقف ۵۰٪، هدایت الکتریکی تا ۱۰ دسی زیمنس بر متر، بافت سنگین، متوسط تا سبک و خاک‌های

با میزان کم ماده آلی (۰/۱٪) را می‌پسندد [۲۹]. گونه مزبور در خاک‌های شور و قلیایی نیز تا حدی قابل مشاهده است. نام استبرق که یکی از گونه‌های شیرابه‌دار مهم ایران محسوب می‌شود، در قرآن ۴ بار ذکر شده است. نام این گیاه اغلب برای توصیف بهشتیان با لباس‌هایی از جنس الیاف آن استفاده گردیده است (نظیر سوره انسان آیه ۲۱). شیرابه و الیاف استبرق استفاده‌های دارویی، زینتی، صنعتی و بهداشتی فراوانی داشته و یک گونه چندمنظوره به شمار می‌آید [۲، ۳ و ۵]. جوامع طبیعی این گونه در ایران، به دلیل تغییرات اقلیمی، چرای دام و دخالت‌های انسانی با کاهش چشمگیری مواجه است. در سال‌های اخیر استقرار نهال‌های آن در عرصه به سختی صورت می‌گیرد. از آنجایی که محیط‌های طبیعی زیستگاه این گونه در ایران اغلب با تنش شوری مواجه است و اطلاعات چندانی در زمینه تحمل به شوری این گونه در ایران وجود ندارد، بنابراین تحقیق حاضر به بررسی سطوح مختلف تنش آب شور پرداخت تا اطلاعات جامعی از واکنش‌های رویشی، ریختی و نیز فیزیولوژیکی نهال‌های این گونه را فراهم نماید. ضمن اینکه آستانه مقاومت گیاه مزبور تحت شرایط گلخانه به مدت بیش از ۵ ماه مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

میوه‌های تازه استبرق، در مرداد ماه از رویشگاه طبیعی شهرستان تنگستان (استان بوشهر) با عرض جغرافیایی (UTM) ۳۲۱۳۲۰۶ متر شمالی و طول جغرافیایی (UTM) ۵۲۳۷۰۳ متر شرقی و ارتفاع از سطح دریای معادل ۵۸ متر جمع‌آوری و تا شروع آزمایش به مدت ۲ ماه در کیسه‌های ایزوله در یخچال با دمای ۴°C نگهداری شد. سپس نمونه‌هایی از بذور همسان و یکنواخت استبرق انتخاب و به مدت دو دقیقه با محلول قارچ‌کش Tiram Carboxin ضدعفونی گردید. آنگاه در آبان ماه در یک گلخانه تحقیقاتی، بذرها در گلدان‌های پلاستیکی به ابعاد ۱۵×۲۰ cm کشت شد. ویژگی‌های ظاهری و فیزیولوژیکی بذر استبرق مورد بررسی در تحقیق حاضر در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های ظاهری و فیزیولوژیکی بذر استبرق مورد استفاده

مبدأ بذر	خلوص بذر (%)	وزن هزار دانه (g)	تعداد بذر در کیلوگرم	درصد رطوبت (%)	قوه نامیه (%)
بوشهر	۱۰۰	۸/۴۱	۱۱/۸۰۰	۵۲/۲	۹۵

خاک گلدان دارای بافت شنی لومی و مخلوط با کوکوپیت (جدول ۲) بود که با قارچ‌کش کاربندازین استریل شد. بذر کشت شده در حد ظرفیت زراعی مرجع خاک هر سه روز یک بار آبیاری شد. نهال‌ها به مدت ۵ ماه در دوره رویشی بهار و تابستان (اردیبهشت تا شهریور ماه) تحت تأثیر تنش شوری (نمک کلرور سدیم مرک آلمان با خلوص ۹۹٪) در ۶ سطح (۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ دسی زیمنس بر متر) مورد مطالعه قرار گرفت [۲ و ۳]. برای جلوگیری از وارد شدن تنش ناگهانی به نهال‌ها، به تدریج در ۶ نوبت به فاصله زمانی ۳ روز با شوری ۲/۵ دسی زیمنس بر متر شروع و تا روز ۱۸ ام تمام سطح شوری تا ۲۵ دسی زیمنس بر متر اعمال شد. همین‌طور با زهکش شدن آب گلدان، از تجمع نمک جلوگیری شد [۲]. در طول دوره تنش به‌منظور تقویت تغذیه‌ای نهال، هفته‌ای دوبار نهال‌ها با محلول غذایی هوگلدن به میزانی که خروج آب از ته گلدان آغاز شده باشد، آبیاری شد. حداقل و حداکثر دما و رطوبت نسبی گلخانه (شب/روز) در طول دوره رشد به ترتیب ۱۸، ۳۰ درجه سانتی‌گراد و ۳۲ و ۵۰ درصد بود.

در پایان دوره تنش در اواخر شهریور، از هر نهال سه برگ سالم و به‌طور کامل رشد کرده انتخاب و با دستگاه ADC BioScientific مقدار فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، تعرق و دمای سطح برگ اندازه‌گیری شد.

کلروفیل، سطح ویژه برگ و نشت الکترولیت به ترتیب با دستگاه SPAD 502 Minolta، اسکنر Leaf Area Meter و دستگاه EC متر انجام شد [۲۲]. در ادامه، وزن تر و خشک ساقه و ریشه با ترازوی دیجیتال و با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک بافت‌ها، از روش خشک کردن در آون به مدت ۴۸ ساعت و در دمای ۶۵ °C استفاده شد. ارتفاع نهال‌ها با خط کش و دقت میلی‌متر و قطر یقه نهال‌ها نیز با کولیس و با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر سنجش شد. برای تعیین حجم ریشه، ابتدا گلدان‌ها را به مدت یک ساعت در ظرف حاوی آب قرار گرفتند و بعد از شستشو، آن را در استوانه مدرج قرار داده و از اختلاف جابه‌جایی آب، حجم ریشه محاسبه شد. زنده‌مانی نهال در هر سطح شوری با شمارش نهال‌های زنده در ماه شهریور قبل از اندازه‌گیری مؤلفه‌های ریختی و فیزیولوژیکی صورت گرفت.

تحلیل‌های آماری این تحقیق در قالب طرح پایه آزمایشی به‌طور کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. برای این کار ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. سپس همگنی واریانس‌های تیمارها با آزمون لون مورد بررسی قرار گرفت. در انتها، برای مقایسه میانگین‌ها در سطح آماری ۰/۵، از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک استفاده شده در گلخانه

EC	pH	درصد شن (%)	درصد رس (%)	درصد سیلت (%)	نیترژن (ppm)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	آهن (ppm)	منگنز (ppm)
۰/۳۲۸	۷/۷۱	۵۰	۲۰	۳۰	۱/۱۳	۰/۲	۹	۰/۱۳	۰/۰۲

نتایج

صفات فیزیولوژی: کلیه صفات فیزیولوژی نهال استبرق به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش آب شور واقع شدند (جدول ۳)؛ به‌طوری‌که با افزایش تنش آب شور، برخی پارامترهای تبادلات گازی نهال استبرق روند کاهشی را

طی نمودند. بیشترین مقادیر کلروفیل، نرخ فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و تعرق به ترتیب ۶۶/۷۶، ۵/۶۶، ۶۰ و ۴ مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۴). به‌طوری‌که با افزایش سطح تنش شوری مقادیر محتوای کلروفیل برگ، نرخ

نماند (جدول ۶). مقادیر بالای وزن تر و خشک و حجم ریشه نهال استبرق در تیمارهای بدون تنش به ترتیب ۷/۱۳ و ۲/۱۸ گرم و ۶/۸۳۳ میلی متر ثبت شد (جدول ۶). بیشترین مقادیر وزن تر و خشک ساقه، تعداد برگ، سطح ویژه برگ، ارتفاع و قطر یقه نهال نیز در شاهد به ترتیب ۴/۹۵ و ۱/۲۲ گرم، ۶/۳۳، ۹۱/۵۶ سانتی متر بر گرم، ۳۲ و ۵/۳۵ سانتی متر دیده شد (جدول ۸). بیشترین نسبت طول ریشه به اندام هوایی، در شوری ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده گردید. سطح ویژه برگ یا به عبارتی نسبت سطح برگ به وزن آن نیز اختلاف معنی‌داری را در سطوح مختلف تیمار نشان نداد، هرچند که روند آن صعودی بود.

فتوسنتز و مقدار تعرق، روند کاهشی داشت. هدایت روزنه‌ای، دمای سطح برگ و نشت الکترولیت نیز روند افزایشی را نشان داد. بالاترین دمای سطح برگ در شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر دیده شد که با افزایش سطح شوری بر میزان آن افزوده شد. نشت الکترولیت نیز با افزایش شوری روند افزایشی را نشان داد (جدول ۴).
صفات ریختی: بیشتر صفات ریختی نهال استبرق به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش آب شور واقع شد (جدول ۵ و ۷). زنده‌مانی نهال‌های استبرق تحت تنش شوری به ترتیب از شاهد تا سطح تنش شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر ۱۰۰، ۱۰۰، ۶۴/۶ و ۲۲/۶ درصد بود. این در حالی است که در سطوح تنش بالاتر یعنی ۲۰ و ۲۵ دسی‌زیمنس بر متر پس از گذشت پنج ماه، هیچ نهالی زنده

جدول ۳- تجزیه واریانس[†] اثرات تنش شوری بر صفات فیزیولوژیکی نهال استبرق

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل	فتوسنتز	هدایت روزنه‌ای	تعرق	دما	نشت الکترولیت
شوری	۳	۱۷۵۸/۴۶**	۵/۳۵**	۱۱۰۰**	۸/۰۰۳**	۰/۵۴	۱۰۶۸/۰۱**
خطا	۸	۳۶/۶۸	۰/۴۴	۲۵۸/۳	۰/۵۰۷	۰/۰۰۲	۴۸/۷
کل	۱۲						

**، * به ترتیب بیان‌گر وجود اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹ و ۹۵ درصد است.

[†] مقادیر ارائه شده در جدول تجزیه واریانس، میانگین مربعات تیمارها هستند.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات تنش شوری بر صفات فیزیولوژیکی نهال استبرق

تنش شوری (ds/m)	محتوای کلروفیل	نرخ فتوسنتز ($\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)	هدایت روزنه‌ای ($\text{mmol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)	تعرق ($\text{mmol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)	دمای سطح برگ ($^{\circ}\text{C}$)	نشت الکترولیت (%)
شاهد	۶۶/۷۶ ^a	۵/۶۶ ^a	۶۰ ^a	۰/۲۱ ^b	۲۵/۲۶ ^b	۴۴/۸ ^c
۵	۳۸/۱۳ ^b	۳/۲ ^b	۲۶/۶ ^b	۳/۱ ^b	۲۵/۳۶ ^b	۵۹/۱ ^b
۱۰	۲۵/۷۳ ^c	۳ ^b	۲۰ ^b	۲/۹ ^b	۲۵/۳ ^b	۶۰/۶۹ ^b
۱۵	۹/۴۳ ^d	۲/۸۳ ^b	۲۰ ^b	۴ ^a	۲۶/۱۶ ^a	۸۹/۶۹ ^a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بیان‌گر عدم وجود تفاوت معنی‌دار آماری است (میانگین \pm اشتباه معیار).

جدول ۵- تجزیه واریانس[†] اثرات تنش شوری بر صفات ریختی نهال استبرق

منابع تغییرات	درجه آزادی	زنده‌مانی	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	نسبت طول ریشه به ساقه	طول ریشه	حجم ریشه
شوری	۳	۴۲۶۹/۱**	۴۵/۰۸**	۲/۶۲**	۱/۰۳**	۸۰/۷۹**	۲۹/۵۴**
خطا	۸	۲/۱۶	۲/۴۷	۰/۱۲	۰/۰۰۹	۸/۲۰	۳/۰۹
کل	۱۲						

** بیانگر وجود اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹ درصد است.

[†] مقادیر ارائه شده در جدول تجزیه واریانس، میانگین مربعات تیمارها هستند.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات تنش شوری بر صفات ریختی نهال استبرق

تنش شوری (ds/m)	زنده‌مانی (%)	وزن تر ریشه (g)	وزن خشک ریشه (g)	نسبت طول ریشه به ساقه	طول ریشه (cm)	حجم ریشه (cm ³)
شاهد	۱۰۰ ^a	۷/۱۳ ^a	۲/۱۸ ^a	۰/۸۶ ^d	۲۶/۵ ^b	۶/۸۳۳ ^a
۵	۱۰۰ ^a	۱/۳۵ ^b	۰/۳۸ ^b	۱/۲۷ ^c	۲۴ ^b	۲/۶۵ ^b
۱۰	۶۴/۶ ^b	۱/۳ ^b	۰/۳۷ ^b	۲/۲۶ ^a	۳۴ ^a	۲/۳۵ ^b
۱۵	۲۲/۶ ^c	۱/۰۹ ^b	۰/۲۸ ^b	۱/۴۸ ^b	۲۴/۲۵ ^b	۲/۱ ^b

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار آماری است (میانگین \pm اشتباه معیار).

جدول ۷- تجزیه واریانس[†] اثرات تنش شوری بر صفات ریختی اندام‌های هوایی نهال استبرق

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر ساقه	وزن خشک ساقه	تعداد برگ	سطح ویژه برگ	ارتفاع نهال	قطر یقه
شوری	۳	۸/۹۲ ^{**}	۰/۵۹ ^{**}	۱۰/۸۸ ^{**}	۳۲۳۹۳/۷ ^{ns}	۱۱۲/۳ ^{**}	۲/۸۶ ^{**}
خطا	۸	۰/۲۳	۰/۰۰۳	۰/۵	۴۲۶۷۵/۸	۳/۴۳	۰/۲۶۵
کل	۱۲						

^{**} و ^{ns} بیانگر وجود اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹ درصد و بدون معنی‌داری است. [†] مقادیر ارائه شده در جدول تجزیه واریانس، میانگین مربعات تیمارها هستند.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثرات تنش شوری بر صفات ریختی اندام‌های هوایی نهال استبرق

تنش شوری (ds/m)	وزن تر ساقه (g)	وزن خشک ساقه (g)	تعداد برگ	سطح ویژه برگ (cm/g)	ارتفاع نهال (cm)	قطر یقه (cm)
شاهد	۴/۹۹۵ ^a	۱/۲۱۸۵ ^a	۶/۳۳ ^a	۹۱/۵۶ ^a	۳۲ ^a	۵/۳۵ ^a
۵	۱/۶۰۳۳ ^b	۰/۴۲۳۵ ^b	۳/۶۶ ^b	۱۲۵/۹۴ ^a	۲۶/۶۶ ^b	۳/۸۲ ^b
۱۰	۱/۱۲۶۷ ^b	۰/۳۰۲۵ ^c	۲/۶۶ ^{bc}	۱۳۳/۵۴ ^a	۲۰/۳۳ ^c	۳/۶۴ ^b
۱۵	۱/۰۳۵ ^b	۰/۳ ^c	۲ ^c	۱۶۸/۰۷ ^a	۱۸/۶۶ ^c	۳/۰۶ ^b

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار آماری است (میانگین \pm اشتباه معیار).

بحث و نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر صفات ریختی-فیزیولوژیکی نهال‌های استبرق به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش آب شور قرار گرفت؛ به‌طوری‌که با افزایش سطح تنش، اثر منفی نمک NaCl بر صفات ریختی و فیزیولوژیکی نهال استبرق به روشنی دیده شد. تنش آب شور باعث کاهش معنی‌داری در صفات ریختی و رویشی نظیر زنده‌مانی، وزن تر و خشک ساقه و ریشه، طول، و حجم ریشه، تعداد برگ، سطح ویژه برگ، ارتفاع و قطر یقه نهال‌های استبرق شد که با یافته‌های [۳] و [۱۹] روی گونه استبرق و [۳۰] روی *Salsola sp.* مطابقت دارد. نکته مهم، زنده‌مانی ۲۲ درصدی نهال‌های درختچه استبرق پس از گذشت ۵ ماه

تحت تنش ۱۵ و نیز زنده‌مانی ۶۴ درصدی در تنش شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر بود که قابل مقایسه با گونه‌های بوته‌ای شورپسند است. محققان تغییرات مختلف ریختی از جمله کاهش تعداد برگ، طول ریشه، ارتفاع گیاه، سطح برگ و نسبت ریشه به ساقه را تحت تأثیر افزایش نمک را گزارش کرده‌اند [۱۷ و ۱۸]. افزایش غلظت نمک‌های NaCl و KCl (۱۰۰ میلی‌مولار) کاهش شدیدی در طول ساقه، وزن ریشه، ساقه و برگ *Atriplex nummularia* دیده می‌شود [۲۸]؛ به‌طوری‌که اثرات منفی در وزن تر ساقه و ریشه، بیشتر مشهود بود.

به طور کلی، کاهش رویش گیاه در طول دوره تنش شوری به اثر اُسمزی مرتبط است که باعث کمبود آب در گیاه می‌شود [۲۴ و ۲۶]. در تحقیق حاضر، با افزایش شوری، کاهش معنی‌داری در صفات فیزیولوژیکی نهال‌های استبرق مشاهده شد، به نحوی که در مولفه‌های تبادلات گازی از جمله پتانسیل آبی، فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و تعرق و نیز محتوای کلروفیل، روند کاهشی نسبت به شوری آب نشان دادند که با مشاهدات [۲] روی *Prunus amygdalus* و [۲۷] روی بادام (*Prunus amygdalus*) همخوانی داشت. هرچند با افزایش شدت شوری به میزان دمای سطح برگ و نشت الکترولیت افزوده شد که با نتایج [۱۱] مشابهت دارد. نشت الکترولیت بافت گیاهی به عنوان روشی مناسب برای ارزیابی تراوایی غشا در ارتباط با تنش‌های محیطی از جمله شوری است که در اثر تنش، فعالیت غشا مختل و الکترولیت‌های داخل سلول به خارج از آن نشت می‌کنند.

در اغلب تحقیقات فیزیولوژیکی، بازدارندگی رشد گیاهان تحت تنش شوری به کاستی فتوسنتز ارتباط داده شده است [۱۴]. پدیده کاهش در محتویات کلروفیل تحت تنش به طور معمول در مطالعات مختلف گزارش شده است که این به دلایل متفاوتی مربوط است که یکی از آنها تخریب غشایی است [۴]. شوری از طریق اثر اُسمزی و یونی باعث کاهش فعالیت فتوسنتزی گیاه و در نتیجه کاهش میزان قندهای تولیدی و در نهایت کاهش رشد می‌شود [۲۴ و ۳۱]. در تحقیق حاضر محتوای کلروفیل روند به طور کامل کاهشی را با افزایش سطح تنش شوری نشان داد، به گونه‌ای که در تیمار شوری ۱۵ دسی زیمنس بر متر مقدار کلروفیل موجود در برگ‌های استبرق، حدود ۷۰٪ نسبت به شاهد کاهش یافت. همین امر آفت ۲۰۰ درصدی نرخ فتوسنتز را در این تیمار نسبت به شاهد در پی داشت. همچنین میزان تعرق در تیمار ۱۵ دسی زیمنس بر متر به حدود ۱۹ برابر شاهد افزایش نشان داد؛ این در حالی است که دمای سطح برگ در تیمار مزبور تنها ۱ درجه با نمونه‌های شاهد تفاوت نشان داد. نتایج مقایسه فیزیولوژیکی بیانگر تحمل استرس شدید توسط نهال‌های ۵ ماهه گونه استبرق است که در این سطح از شوری زنده‌مانی ۲۲ درصدی را نیز داشته است.

مرحله نهالی و نونهالی، دوره زیستی بسیار حساسی است. دامنه تحمل شرایط تنش در این مرحله از چرخه زندگی گیاه، قابل قیاس با مرحله پس از بلوغ نیست؛ چراکه گیاه در مرحله بلوغ، میان‌سالی و حتی کهن‌سالی تحمل بسیار بالاتری را نسبت به مرحله نهالی و نونهالی از خود نشان می‌دهد.

تأثیر شوری بر گیاهان متفاوت است و اثر کوتاه‌مدت شوری شامل کاهش رویش ناشی از تغییرات اُسمزی است که توسعه سلول را کاهش می‌دهد. فرآیندهای فتوسنتزی در گیاه تحت تنش شوری اغلب از طریق عوامل روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای جلوگیری می‌شوند [۲۵]. الگوی معمول پاسخ گیاهان به شوری کاهش رشد است که بستگی به غلظت، ترکیب، مرحله رشد فیزیولوژیکی و گونه گیاهی دارد. تأثیر نمک NaCl بر فرآیند فتوسنتز می‌تواند به طور مستقیم از طریق کاهش جذب و انتشار CO₂ از روزنه تا سلول‌های مزوفیل باشد [۱۲]. برخی از پژوهشگران کاهش عملکرد حاصل از سمیت کلرید سدیم را به کاهش شدید فعالیت‌های زیستی و زیست شیمیایی گیاه نسبت داده‌اند که می‌توان به مختل کردن تولید پروتئینی و اسید نوکلئیک بیانجامد [۲۰ و ۲۱].

در تحقیق حاضر تنش آب شور افزون بر صفات فیزیولوژیکی، اثر معنی‌داری بر صفات رویشی نهال‌های استبرق نیز ایجاد نمود. با افزایش غلظت آب شور اغلب صفات رویشی گیاه استبرق، روند کاهشی را به نمایش گذاشت. در شرایط مورد مطالعه به مدت ۵ ماه، نهال استبرق از نقطه نظر ویژگی‌های ریختی-فیزیولوژیکی توانست تا سطح شوری ۱۵ دسی زیمنس بر متر زنده‌مانی داشته باشد. در این سطح از شوری متغیرهایی نظیر وزن تر و خشک ریشه، به حدود یک ششم مقادیر شاهد و وزن تر و خشک ساقه نیز به حدود یک چهارم مقدار شاهد کاهش یافت؛ تعداد برگ و حجم ریشه حدود یک سوم و ارتفاع نهال و قطر یقه نیز به اندازه حدود یک دوم مقادیر شاهد کاهش یافتند. این در حالی است که تمامی صفات ریختی نام برده در سطح تنش شوری ۱۵ دسی زیمنس بر متر، اختلاف معنی‌داری با سطح تنش ۱۰ دسی زیمنس بر متر نداشت. تنها زنده‌مانی نهال‌ها در دو سطح مزبور اختلاف زیادی را نشان داد. در کل، میزان زنده‌مانی ضعیف

روی این گونه ارزشمند و چند منظوره می‌بایست صورت پذیرد.

تشکر و قدردانی

از همکاری مسئولین محترم آزمایشگاه تکنولوژی مرتع و جنگل، گلخانه تحقیقاتی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، کارشناسان مرکز رشد سازمان تحقیقات و جهاد خودکفایی ندسا، مرکز تحقیقات منابع طبیعی بوشهر و تمامی کسانی که در پیشبرد این تحقیق سهم داشتند سپاسگزاری و قدردانی می‌شود.

نهال‌های استبرق در سطح تنش ۱۵ دسی زیمنس بر متر (۲۲/۶ درصد) نمی‌تواند گواه تحمل به شوری بالا برای نهال‌های ۵ ماهه این گونه تلقی شود. این در حالی است که از نظر بیشتر ویژگی‌های رویشی و فیزیولوژی و به‌ویژه زنده‌مانی مناسب (برابر با ۶۴/۶ درصد)، استبرق توانست پاسخ نسبتاً خوبی به شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر نشان دهد.

در پایان می‌توان گفت که مقدار تحمل به شوری گونه استبرق موجود در ایران در مراحل رویشی بالاتر و عکس‌العمل فیزیولوژیک و ریختی آن به تنش‌های شوری و خشکی شناخته شده نیست و تحقیقات آتی بیشتری بر

References

- [1]. Abtahi, A. (2001). Response of Seedlings of Two Pistachio Cultivars to Quantity and Composition of Soil Salinity under Greenhouse Conditions. *Journal of Water and Soil Science*, 5(1): 93-101. (in Farsi).
- [2]. -Sobhi, O.A., Al-Zahrani, H.S., and Al-Ahmadi, S.B. (2006). Effect of Salinity on Chlorophyll and Carbohydrate Contents of *Calotropis procera* Seedlings. *Scientific Journal of King Faisal University*, 7(1): 105-115.
- [3]. Al-Zahrani, H.S. (2002). Effect of salinity stress on growth of *Calotropis procera* seedlings. *Bulletin of Pure and Applied Science*, 2: 109-122.
- [4]. Ashraf, M.Y., and Bhatti, A.S. (2000). Effect of salinity on growth and chlorophyll content of Rice. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research*, 43(2): 130-131.
- [5]. Bahmani, M., Jalali, S.G., Asgharzade, A., Tabari, M., and Sadati, S.E. (2014). Gas exchange recovery of *Calotropis procera* Ait. seedling in different irrigation periods. *Arid Biome Scientific and Research Journal*, 4(2):28-38.
- [6]. Bahmani, M., Naghdi, R., and Kartoolinejad, D. (2018). Milkweed seedlings tolerance against water stress: Comparison of inoculations with *Glomus intraradices* and *Pseudomonas putida*. *Environmental Technology and Innovation*, 10: 11-121.
- [7]. Cheeseman, J. (1988). Mechanisms of salinity tolerance in plants. *Plant Physiology*, 7: 547-550.
- [8]. Chinnusamy, V., Jagendorf, A., and Zhu, J.K. (2005). Understanding and improving Salt tolerance in plants. *Crop Science*, 45: 437-448.
- [9]. Dhanapackiam, S., and Muhammad Ilyas, M.H. (2010). Effect of salinity on chlorophyll and carbohydrate contents of *Sesbania grandiflora* seedlings. *Indian Journal of Science and Technology*, 1: 64-66.
- [10]. Eshghizadeh, H.R., Kafi, M., and Nezami, A. (2011). Effect of NaCl salinity on the pattern and rate of root development of blue panic grass (*Panicum antidotale* Retz.). *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 2(5): 29-44.
- [11]. Eugenia, M., Nunes, S., and Ray Smith, G. (2003). Electrolyte leakage assay capable of quantifying freezing resistance in rose clover. *Crop Science*, 43: 1349-1357.
- [12]. Flexas, J., Ortuño, M.F., Ribas-Carbo, M., Diaz-Espejo, A., Flórez-Sarasa, I.D., and Medrano, H. (2007). Mesophyll conductance to CO₂ in *Arabidopsis thaliana*. *New Phytologist*, 175: 501-511.
- [13]. Fu, L.G. (1989). The Rare and Endangered Plants in China, Shanghai Educational Press, Shanghai.
- [14]. Garcia-Sanchez, F., and Syvertsen, J.P. (2006). Salinity tolerance of Cleopatra mandarin and carrizo citrange citrus

- rootstock seedlings is affected by CO₂ enrichment during growth. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 131: 24-31.
- [15]. Ghalibaf, H.K., and Selahvarzi, Y. (2012). The effect of drought and salinity stresses on morphophysiological properties of Kallar grass (*Leptochloa Fusca* L. Kunth) under controlled conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 10(1): 179-188. (in Farsi).
- [16]. Greenway, H., and Munns, R. (1980). Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annual Review of Plant Physiology*, 31: 149-190.
- [17]. Hafsi, C., Lakhdar, A., Rabhi, M., Debez, A., Abdelly, C., and Ouerghi, Z. (2007). Interactive effect of salinity and potassium availability on growth, water status, and ionic composition of *Hordeum maritimum*. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170: 469-473.
- [18]. Hoagland, D.R., and Arnon, D.I. (1950). The water culture method for growing plants without soil. *California Agricultural Experiment Station Publications*, 347: 1-32.
- [19]. Ibrahim, A.H. (2013). Tolerance and avoidance responses to salinity and water stresses in *Calotropis Procera* and *Suaeda aegyptiaca*. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37: 352-360.
- [20]. Maas, E.V. (1984). Salt tolerance of plant. In: B.R. Christie (Ed.), *Handbook of plant Science in Agriculture*, CRC Press, Boca Raton, FL.
- [21]. Maas, E.V., and Nieman, R.H. (1978). Physiology of plant tolerance to Salinity. In: G.A. Jung (Ed.), *Crop Tolerance to Suboptimal Land Conditions*, ASA Spec, Publ. 32. USA, CSSA and SSSA, Madison, WI.
- [22]. Marcum, K.B. (1998). Cell membrane theromotability and whole-plant heat tolerance of Kentucky bluegrass. *Crop Science*, 38: 1214-1218.
- [23]. Milton, S.J. (1995). Spatial and temporal patterns in the emergence and survival of seedlings in arid Karoo shrubland. *Journal of Applied Ecology*, 32: 145-156.
- [24]. Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, 25: 239-250.
- [25]. Naumann, J.C., Young, D.R., and Anderson, J.E. (2007). Linking leaf chlorophyll fluorescence properties to physiological responses for detection of salt and drought stress in coastal plant species. *Physiologia Plantarum*, 131: 422-433.
- [26]. Nivas, D., Gaikwad, D.K., and Chavan, P.D. (2011). Physiological Response of Two *Morinda* Species under Saline Conditions. *American Journal of Plant Physiology*, 6(3): 157-166.
- [27]. Oraei, M., Tabatabaei, S. J., Fallahi, E., and Imani, A. (2009). The effects of salinity stress and rootstock on the growth, photosynthetic rate, nutrient and sodium concentrations of almond (*Prunus dulcis* Mill.). *Journal of Horticultural Sciences*, 23 (2): 131-140. (in Farsi).
- [28]. Ramos, J., Lopez, M.J., and Benlloch, M. (2004). Effect of NaCl and KCl salts on the growth and solute accumulation of the halophyte *Atriplex nummularia*. *Plant and Soil*, 259: 163-168.
- [29]. Sadeghian, T., Taghvaei, M., Kharati Koupaei, M., Falah Shamsi, S.R., Masoudi M., and Riahi, A. (2010). An investigation of some soil physico-chemical properties in *Calotropis procera* L. habitats (The Case study of southern rangelands of Fars province). *Rangeland*, 3(4): 641-651. (in Farsi).
- [30]. Teimouri, A., and Jafari, M. (2010). The effects of salinity stress on some of anatomical and morphological characteristics in three *Salsola* species: *S. rigida*, *S. dendroides*, *S. richteri*. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 17(1): 21-34. (in Farsi).
- [31]. Yousefi, S., Kartoolinejad, D., Bahmani, M., and Naghdi, R. (2017). Effect of *Azospirillum lipoferum* and *Azotobacter chroococcum* on germination and early growth of hopbush shrub (*Dodonaea viscosa* L.) under salinity stress. *Journal of Sustainable Forestry*, 36(2): 107-120.

Effect of salinity stress on growth, morphological and physiological characteristics of Milkweed (*Calotropis procera* Ait.) seedlings

1- M. Bahmani, M.Sc. Graduate Student of Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

2- D. Kartoolinejad, Department of Arid Lands Forestry, Faculty of Desert Studies, Semnan University, Semnan, Iran

kartooli58@semnan.ac.ir

Received: 24 Nov 2016

Accepted: 31 Aug 2017

Abstract

This study aimed to investigate effect of saline water stress on growth and physiological characteristics of *Calotropis procera* seedling in greenhouse conditions. Experiment was performed at six salinity levels (0, 5, 10, 15, 20 and 25 dS/m) in a completely randomized design for 5 months. Survival percentage of milkweed seedlings at salinity levels of 0, 5, 10 and 15 dS/m was 100, 100, 64/6 and 22/6, respectively; however, at 20 and 25 dS/m seedlings did not survive. Maximum rate of root length and volume were observed at control treatment. Maximum rates of photosynthesis, stomatal conductance, transpiration, shoot and root dry weight, seedling height, collar diameter and number of leaves were belonged to control treatment. Maximal level of leaf temperature and root/shoot ratio were observed at salinity 15 and 25 dS/m, respectively. Totally, findings of this study revealed that five month seedlings of milkweed have poor viability at salinity conditions of 15 dS/m, although at salinity of 10 dS/m showed fairly well adaptation from the many growth and physiological characteristics, and also survival point of view.

Keywords: Milkweed; Salinity; Electrolyte leakage; Seedling survival; Photosynthesis.