بررسی واکنش‌های مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه دارویی سیاه شور به مقدار شورِی آب

میلاد دوست حسینی، حمید سودائی زاده[۱]*، رستم یزدانی بیوکی، محمدرضا سرافراز و محمدعلی حکیم زاده اردکانی

دانشجوی رشته مدیریت و کنترل بیابان دانشگاه یزد.

miladdoost29@gmail.com

دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد.

hsodaie@yazd.ac.ir

استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

r.yazdani@areeo.ac.ir

استادیار گروه زیست شناسی دانشگاه یزد.

sarafraz.ardakani@yazd.ac.ir

دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد.

hakim@yazd.ac.ir

چکیده

تحقیق حاضر در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در گلخانه تحقیقاتی مرکز ملی تحقیقات شوری انجام گرفت. تیمارهای آزمایش شامل هفت سطح شوری آب (۳ (شاهد)، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ دسی زیمنس بر متر) بود که اثر آن برگونه سیاه شور بررسی گردید. در این مطالعه صفاتی از جمله طول گیاه، وزن تر و خشک گیاه، سطح برگ، محتوای کلروفیل، قند محلول و میزان پرولین مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که اثر سطوح تنش شوری بر تمامی ویژگی‌های مورد بررسی معنی‌دار بود. افزایش شوری سبب کاهش معنی‌دار طول گیاه شد، به طوری که گیاهان تیمار شده با شوری ۶۰ دسی زیمنس بر متر نسبت به گیاهان تحت تنش شوری سه دسی زیمنس بر متر با ۱۲/۳۷ درصد کاهش طول گیاه مواجه شدند. وزن تر، وزن خشک، سطح برگ، کلروفیل a و کلروفیل کل با افزایش تنش شوری از ۳ تا ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر افزایش معنی‌دار داشتند و سپس با افزایش شوری تا سطح ۶۰ دسی زیمنس بر متر به طور معنی‌داری کاهش یافتند. با افزایش شوری از ۳ تا ۳۰ دسی زیمنس بر متر وزن خشک گیاه به میزان ۳/۷ گرم در بوته افزایش یافت سپس با افزایش شوری تا سطح ۶۰ دسی زیمنس بر متر وزن خشگ گیاه با کاهش معنی‌داری مواجه شد. افزایش شوری از تیمار شاهد تا سطح ۶۰ دسی‌زیمنس بر متر سبب افزایش میزان پرولین (۵۲/۰۳ ٪) و قندهای محلول (۲۱/۱۲ ٪) گیاه شد. حدآستانه تحمل به شوری آب آبیاری در گیاه سیاه شور ۳۱ دسی زیمنس بر متر و شیب کاهش ماده خشک آن به ازای افزایش هر واحد شوری ۰/۲۲ ٪ بود.

واژه‌های کلیدی: آستانه تحمل به شوری، پرولین، کلروفیل، وزن تر، وزن خشک

۱- آدرس نویسنده مسئول: یزد، دانشکده منابع طبیعی، گروه مدیریت و کنترل بیابان دانشگاه یزد

*- دریافت: مهر ۱۳۹۸و پذیرش: خرداد ۱۳۹۹

مقدمه

یکی از بزرگ‌ترین تنش‌های غیر زیستی و از عوامل اصلی محیطی محدودکننده رشد و عملکرد گیاه، شوری منابع آب و خاک است و این مشکل به دلیل شیوه های کشاورزی افزایش‌یافته است (عامور و همکاران، ۲۰۱۹؛ اسلم و همکاران، ۲۰۱۱؛ زو، ۲۰۰۱). شوری بالا باعث ایجاد دو نوع تنش اسمزی و یونی می‌شود که بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارد (استوگا و همکاران، ۲۰۱۸). جنس *Suaeda* یکی از هالوفیت‌های مهم خانواده Chenopodiaceae می‌باشد (آرونسون، ۱۹۸۹). گیاهان هالوفیت دارای توانایی بالا در تولید محصول در شرایط گوناگون می باشد (لوکنسول و همکاران، ۲۰۱۹). هالوفیت-ها گیاهانی هستند با پتانسیل بالقوه اقتصادی که می توانند علاوه بر کمک شایانی که به ترمیم و تجدید محیط زیست می کنند به عنوان ذخیره منابع دارویی هم استفاده شوند. بسیاری از این گیاهان بوته‌های شور پسند چند ساله و تعداد کمی هم شامل بوته‌های علفی یک ساله هستند (قسیم و همکاران، ۲۰۱۱).

گیاه سیاه شور (*Suaeda fruticose*) گیاهی است چند ساله، درختچه ای، به ارتفاع ۱۶۰ سانتی‌متر و قطر تاج سه متر می‌باشد (شاهی و همکاران، ۱۳۹۲؛ منیر و همکاران، ۲۰۱٤). گزارش شده که سیاه شور دارای فعالیت-های ضد باکتریایی، آنتی اکسیدانی و ضد سرطانی است (سامی و همکاران، ۲۰۱۲). این گیاه که در مصر به عنوان یک غذای خوب برای شتر مورد استفاده قرار می گیرد (حامد و همکاران، ۲۰۱۲).

گوان و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی تنش شوری بر رشد *Suaeda salsa* گزارش کردند که ارتفاع بوته به طور معنی‌داری تحت تنش شوری قرار گرفت و با افزایش تنش شوری کاهش یافت. ذاکری و همکاران (۲۰۱٤) گزارش کردند که افزایش شوری تا سطح ۲۰ دسی‌زیمنس-برمتر سبب افزایش وزن خشک اندام هوایی هالوفیت سیاه شور مصری شد و سپس با افزایش شوری از وزن گیاه کاسته شد. خان و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که سیاه شور *Suaeda fruticosa* در شوری ۲۰۰ مول بر متر مکعب کلرید سدیم بالاترین ماده خشک را تولید کرد. افزایش وزن گیاه در شوری‌های بالا (۳۰ دسی‌زیمنس‌برمتر) می‌تواند به سبب ماهیت گیاه هالوفیت در جذب نمک و افزایش وزن گیاه نسبت داد (لبیدی و همکاران، ۲۰۱۰).

پور اسماعیل و همکاران (۱۳۸٤) در بررسی گیاه سیاه شور نشان دادند که افزایش تنش شوری سبب افزایش پرولین و میزان قندهای محلول گیاه نسبت به شاهد شد. حامد و همکاران (۲۰۱۲) مطالعه ای بر روی میزان تحمل گیاه *Suaeda fruticosa* به سطوح شوری پایین (۰ یا سطح کنترل)، متوسط (۳۰۰ میلی مولار) و بالا (٦۰۰ میلی مولار) و پاسخ‌های بیوشیمیایی آن انجام دادند. نتایج این بررسی نشان داد که در شوری متوسط Na^{+} و Ca^{2+} برگ در طی ۳۰ روز اعمال تیمارها افزایش یافته بود. میزان آنتی اکسیدان‌ها نظیر سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاین ردوکتاز در شوری متوسط افزایش داشت در حالی که کاتالاز، گایاکل پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز در شوری بالا افزایش پیدا کرده بود. بن عامور و همکاران (۲۰۰۵) رفتار فیزیولوژیک و پاسخ های آنتی اکسیدانی به شوری را در گیاه *Crithmum maritimum* که به طور طبیعی در سواحل سنگی در حال رشد است، مورد مطالعه قراردادند. رشد گیاه به طور معنی داری در سطح نمک متوسط (۵۰ mM NaCl) بهبود یافت اما در ۲۰۰ mM NaCl به شدت کاهش نشان داد. تحریک تولید زیست توده در ۵۰ mM NaCl با افزایش طول ریشه و تعداد برگ ها همراه بود. با توجه به مقاومت هالوفیت‌ها به شوری و مشکلات ناشی از تغییرات اقلیمی و اثرات نامطلوب فعالیت‌های انسانی استفاده پایدار از نواحی خشک نیازمند فکرهای نو و تمایل به شناخت شیوه‌های غیر سنتی بهره‌برداری از این نواحی است. هدف از انجام این تحقیق بررسی مقاومت به شوری این گونه سیاه شور (*Suaeda fruticosa*) که بومی ایران هست و همچنین تأثیر تنش شوری بر کیفیت و کمیت این‌گونه ی گیاهی بود. نتایج این تحقیق می‌تواند در استفاده

از گیاهان مورد بررسی به‌منظور کشت آن‌ها در شرایط آب‌شور جهت بهره‌برداری‌های دارویی، خوراک دام و احیای مناطق شور شده یا مراتع در معرض شور شدن مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش

این پژوهش در سال زراعی ۹۷-۱۳۹٦ به صورت یک آزمایش گلدانی در گلخانه تحقیقاتی مرکز ملی تحقیقات شوری با دمای روز ۲۵ درجه حرارت سانتی‌گراد و دمای شب ۱۵ درجه سانتی‌گراد و میزان نور هشت ساعت و حداکثر رطوبت نسبی ٤۵ درصد و حداقل رطوبت نسبی ۲۲ درصد در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. برای انجام این پژوهش بذور گیاه مورد مطالعه از ایستگاه تحقیقاتی صدوق وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد از پایه های مادری تهیه شد. آب شور مورد نیاز برای این آزمایش از چشمه های کویری ایران مرکزی تهیه شد و قبل از اعمال تیمارها شوری مورد نیاز توسط دستگاه EC متر در بشکه های ۲۲۰ لیتری تثبیت و آماده شد.

جهت انجام آزمایش گلدانی، بذور این گونه ۲٤ ساعت در آب خیسانده شد و به مدت ۲٤ ساعت در پارچه کنفی خیس قرار داده شد و پس از آن در داخل کیسه های پلاستیکی (یک کیلوگرمی) کشت و با آب چاه (شوری ۳dS/m)، آبیاری شد. آنالیز خاک و آب مورد آزمایش به ترتیب در جدول ۱ و ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

هدایت الکتریکی (dS.m)	اسیدیته	کربن آلی (%)	فسفر (%)	پتاسیم (%)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)
۳/۸۱	۷/۴۸	۰/۰۱	۶/۶۴	۱۵۵	۸۰/۳۶	۸/۶۴	۱۱

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده در آزمایش

تیمار	هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	اسیدیته pH	Ca^{2+} ($meq\ l^{-1}$)	Mg^{2+} ($meq\ l^{-1}$)	CO_3^{2-} ($meq\ l^{-1}$)	HCO_3^- ($meq\ l^{-1}$)	Na^+ ($meq\ l^{-1}$)	K^+ ($meq\ l^{-1}$)	Cl^- ($meq\ l^{-1}$)	SO_4^{2-} ($meq\ l^{-1}$)	نسبت جذب سدیم
منبع آب غیر شور	۳	۸/۰۵	۹/۷	۸/۴۲	۰	۲/۸۹	۱۱/۷۴	۰/۱	۱۷/۳۱	۹/۷۵	۳/۹
منبع آب شور رقیق شده $\frac{1}{50}$	۱۰	۸/۰۰	۳/۲۶	۱۲/۸۸	۰	۲/۷۷	۸۰/۷۳	۰/۲۱	۸۶/۴۸	۷/۸۲	۲۸/۸۳

نشاه‌های آماده شده در تاریخ ۱۳۹٦/۰۸/۲۰ به گلدان‌های نیم زباله گلخانه‌ای (حجم ۲۳ لیتر) منتقل و تیمارهای شوری (شاهد (۳)، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ٤۰، ۵۰، ٦۰ dS/m)، به صورت افزایشی در مدت چهار ماه بر گیاهان اعمال گردید، به طوری که برای اعمال شوری ۳ دسی زیمنس بر متر از همان ابتدا با آب ۳ شوری اعمال شد و همزمان برای تمامی تیمارها به مدت سه روز این شوری اعمال شد سپس برای سایر تیمارها (۱۰، ۲۰، ۳۰، ٤۰، ۵۰ و ٦۰ دسی زیمنس بر متر) به مدت دو روز با آب آبیاری ۱۰ دسی زیمنس بر متر آبیاری شدند و به همین ترتیب برای سایر تیمارها بعد از دو روز با اعمال شوری سطح قبل، بنحوی سازگاری اولیه انجام شد تا به شوری مورد نظر رسانیده شود. در این مدت بعد از هر آبیاری، آب زهکش از طریق قیف‌هایی به بطری منتقل و اندازه‌گیری حجم آب زهکش و شوری آن به منظور نظارت بر شوری خاک و احتمالاً اجرای عمل آب شویی انجام شد. برای محاسبه

دقیق میزان حجم اضافه برای عمل آب شویی از معادله ۱ استفاده شد:

$$\frac{Eciw}{Ecdw} = \frac{Vdw}{Viw} \qquad (۱)$$

در معادله ۱، Eciw= برابر با شوری آب آبیاری، Ecdw= برابر با شوری آب زهکش، Vdw=حجم آب زهکش و Viw=حجم آب آبیاری بود. کسر آبشویی حدودا برابر با ۳۰ درصد در نظر گرفته شد. پس از آن پروسه نمونه‌برداری شامل کل اندام هوایی و ریشه در ۱۷ فروردین ماه ۱۳۹۷ برداشت شد و نمونه‌ها به آزمایشگاه جهت انجام آزمایشات منتقل شد.

طول گیاه (طول ساقه+طول ریشه) با کمک خط کش با دقت میلی‌متر اندازه گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن تر اندام هوایی هر گیاه از ترازوی دیجیتال Camary مدل ۷۰ با دقت ۰/۱ استفاده شد. پس از آن نمونه‌های اندام هوایی به مدت ٤۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در دستگاه آون قرار گرفتند و وزن خشک آن‌ها توسط ترازوی دیجیتال حساس ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد. اندازه گیری سطح برگ (اندام هوایی) با استفاده از دستگاه Windias 3 انجام شد.

به منظور اندازه‌گیری پرولین مقدار ۰/۵ گرم از بافت تر برگ را در ۱۰ میلی‌لیتر محلول سه درصد اسید سولفوسالیسیلیک ساییده و مخلوط یکنواختی تهیه شد. مخلوط بدست آمده با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۲ صاف و سپس دو میلی‌لیتر از محلول رویی نمونه با دو میلی‌لیتر معرف نین‌هیدرین و دو میلی‌لیتر اسیداستیک خالص در داخل لوله آزمایش مخلوط شده و به مدت یک ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتیی‌گراد حمام آب گرم قرار گرفت. بعد از گذشت زمان لوله‌های حاوی نمونه‌ها بلافاصله به منظور قطع کلیه واکنش‌ها، در حمام یخ قرار گرفت تا سرد شود. پس از آن چهار میلی‌لیتر تولوئن به مخلوط اضافه شده و لوله‌ها به خوبی تکان داده شد. بعد از گذشت چند دقیقه دو لایه کاملا مجزا در لوله‌های آزمایش مشخص شد. از لایه رنگی فوقانی مخلوط آزمایش که حاوی تولوئن و پرولین بود، برای اندازه‌گیری میزان علظت پرولین استفاده شد. با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری و کالیبره کردن آن با تولوئن، میزان جذب لایه رنگی فوقانی در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت گردید (بیتس و همکاران ۱۹۷۳)

$$Y= [(M*T)/W]: \qquad (۲)$$

از معادله ۲ غلظت پرولین در نمونه های گیاهی محاسبه گردید که در آن

Y= میزان پرولین محلول (بر اساس میلی‌گرم بر گرم وزن تر).

M= عدد قرائت شده با دستگاه اسپکترو فتومتری.

T= حجم تولوئن مورد استفاده (در اینجا چهار میلی لیتر است).

W= وزن نمونه برگی مورد استفاده (برای نمونه های ما برابر ۰/۵ گرم است).

برای سنجش میزان قندهای محلول، ۱۰ میلی لیتر اتانول ۷۰ درصد به ۰/۱ گرم از ماده خشک گیاهی اضافه و به مدت یک هفته در یخچال نگهداری شد. پس از گذشت یک هفته به یک میلی‌لیتر از محلول فوقانی نمونه، یک میلی-لیتر فنل پنج درصد و پنج میلی‌لیتر اسیدسولفوریک غلیظ اضافه و به هم زده شد. در نهایت با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری و کالیبره کردن با محلول شاهد (یک میلی لیتر اتانول ۷۰ درصد، یک میلی لیتر فنل پنج درصد و پنج میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ)، در طول موج ٤۸۵ نانومتر، میزان جذب تعیین شده و با استفاده از منحنی استاندارد گلوکز، میزان تغییرات قندها بر حسب میلی گرم وزن خشک ارزیابی گردید. سپس مقدار قند محلول از معادله ۳ به دست آمد.(۱۹۷۸)

$$Y= [(M*T)/W]*10: \qquad (۳)$$

Y= میزان قندهای محلول (بر حسب میلی گرم بر وزن خشک).

M= عدد قرائت شده با دستگاه اسپکتروفتومتری.

T= محلول شاهد (در اینجا ۷ میلی لیتر است).

W= وزن نمونه برگی مورد استفاده (برای نمونه های ما برابر ۰/۱ گرم است).

برای اندازه گیری کلروفیل ابتدا ۰/۵ گرم از بافت برگ را جدا کرده و داخل هاون چینی ریخته و با ۲۰ میلی-لیتر استون ۸۰ درصد ساییده، سپس نمونه‌ها توسط کاغذ صافی ٤۲ واتمن صاف گردید. بعداز تنظیم دستگاه اسپکتروفتومتری و کالیبره کردن آن با استون، عصاره جدا شده درون آن قرار داده شد و میزان جذب در طول موج های ٦٦۳ نانومتر برای کلروفیل a و ٦٤٥ نانومتر برای کلروفیل b خوانده شد و بر اساس معادله های ۳، ٤ و ۵ به ترتیب میزان کلروفیل a (Chlla)، کلروفیل b (Chllb) و کلروفیل کل (Chllt) محاسبه شد. (لیچن تالر ۱۹۸۷)

$$Chlla\ (mg\ g\text{-}1\ fresh\ wt) = [12.7(a) - 2.69(b)] \times v/\ (w\times 1000) \quad (۳)$$

$$Chllb\ (mg\ g\text{-}1\ fresh\ wt) = [22.9(b) - 4.69(a)] \times v/\ (w\times 1000) \quad (٤)$$

$$Chllt = Chlla + Chllb \quad (۵)$$

a= میزان جذب در طول موج ٦٦۳ نانومتر.

b= میزان جذب در طول موج ٦٤٥ نانومتر.

V= حجم نهایی نمونه استخراج شده.

W= وزن تر نمونه.

داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (Version 9.1) تجزیه شد و میانگین‌ها با استفاده از آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) با یکدیگر مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن بود که اثر تیمارهای مختلف شوری بر تمامی صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود ($P<۰/۰۱$) (جدول ۳).

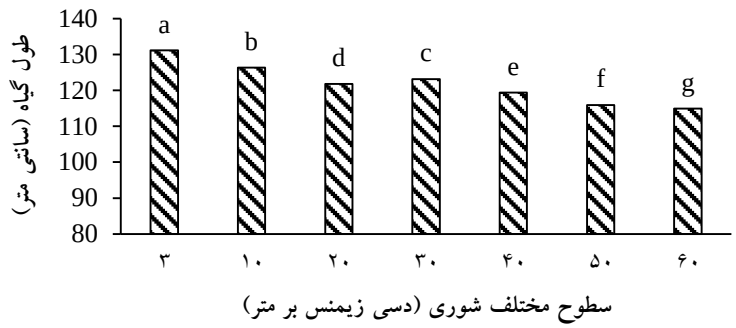
جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تنش شوری بر صفات مورد مطالعه در گیاه سیاه شور (*Suaeda fruticose*)

منابع تغییرات	درجه آزادی	طول گیاه	وزن تر گیاه	وزن خشک گیاه	سطح برگ	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	قندهای محلول	پرولین
تیمارهای شوری	۶	۹۸/۹۷**	۸۴/۵۱**	۱۸/۱۷**	۱۳۱۵۳۴۳**	۰/۰۰۴**	۰/۰۰۰۳**	۰/۰۰۷**	۸۲۹۸۱**	۱/۵۶**
خطا	۱۴	۰/۲۵	۰/۷۶	۰/۰۴	۴۴۵۸۲	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۶	۲۹۹۷/۷	۰/۰۶
ضریب تغییرات		۰/۴۱	۰/۶۴	۰/۶۳	۰/۸۵	۸/۷۷	۱۵/۳۱	۹/۶۳	۲/۵۹	۶/۶۶

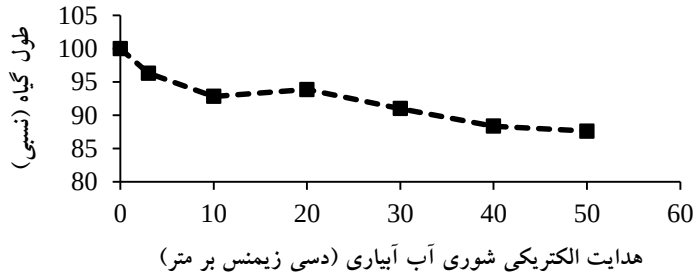
** بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک درصد می باشد

طول گیاه

نتایج بررسی تأثیر تنش شوری بر طول گیاه کاهشی بود. سطح شوری شاهد (سه دسی‌زیمنس‌برمتر) کمترین تأثیر را بر روی گیاه داشت و از سطوح ۱۰ دسی زیمنس به بالا کاهش معنی‌داری در طول گیاه مشاهد شد. رشد گیاه در تیمار ٦۰ دسی‌زیمنس‌برمتر در مقایسه با شاهد (سه دسی زیمنس بر متر) ۱۲/۳٤ درصد کاهش یافت که نشان دهنده مقاومت به شوری این گیاه می‌باشد. همچنین شیب کاهش طول گیاه ۰/۲۱ درصد و آستانه شوری برای این صفت صفر بود (شکل ۲). گوان و همکاران (۲۰۱۱) تأثیر تنش شوری را بر رشد *Suaeda salsa* ارزیابی کردند، آن‌ها گزارش کردند که ارتفاع بوته به طور معنی‌داری تحت تنش شوری قرار گرفت و با افزایش تنش شوری کاهش یافت. سای کاچوت و همکاران (۲۰۰۹) هم در تحقیقی دیگر با بررسی اثر تنش شوری بر رشد گیاه آتریپلکس به این نتیجه رسیدند که با افزایش میزان تنش شوری طول ساقه گیاه کاهش پیدا می کند. همچنین ذاکری اصل و همکاران (۲۰۱٤) با اعمال تیمارهای شوری در سطوح ۱۰، ۲۰، ٤۰، ٦۰ و ۸۰ دسی‌زیمنس‌برمتر بیان کردند که ارتفاع گیاه سیاه شور مصری بطور معنی‌داری با افزایش میزان شوری، کاهش پیدا کرد. به نظر می‌رسد کاهش طول گیاه با افزایش شوری به سبب اثرات مخرب سدیم و جلوگیری از تامین عناصر ضروری باشد. در این مطالعه به‌نظر می‌رسد که گیاه مورد بررسی به سبب تجمع نمک در واکوئل های خود (دیراری-ارک و همکاران، ۲۰۱۵) سبب کاهش اثرات شوری شده و در نتیجه کاهش ارتفاع با افزایش شوری بالا (٦۰ دسی زیمنس بر متر) چندان قابل توجه نبود.



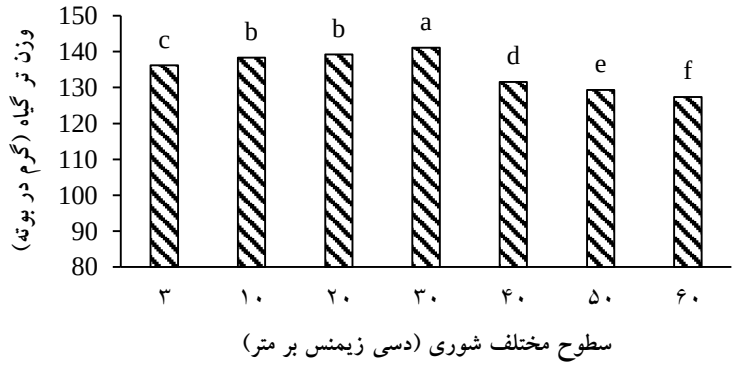
شکل ۱- تاثیر سطوح مختلف تنش شوری بر طول گیاه سیاه شور (*Suaeda fruticose*) (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند)



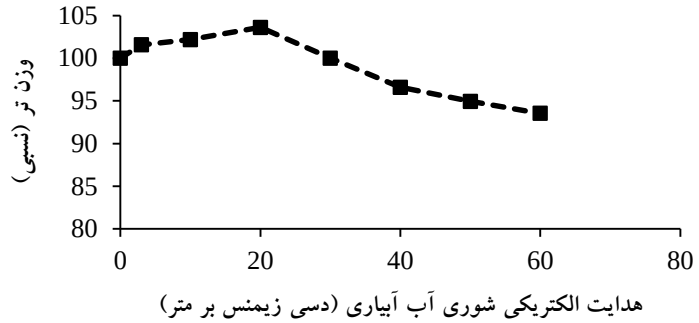
شکل ۲- واکنش طول گیاه (نسبی) سیاه شور (*Suaeda fruticosa*) نسبت به افزایش شوری آب آبیاری

وزن تر گیاه

نتایج بدست آمده نشان داد که وزن تر گیاه تنش شوری تا شوری ۳۰ دسی‌زیمنس‌برمتر با افزایش معنی‌داری روبرو بوده و با افزایش شوری با کاهش معنی‌داری مواجه شد (شکل ۳). شوری‌های ٤٠ دسی‌زیمنس‌برمتر به بالا منجر به کاهش وزن تر گیاه نسبت به شاهد گردید به‌طوری‌که کمترین این صفت در تیمار ٦٠ دسی‌زیمنس‌برمتر مشاهده گردید و وزن تر گیاه را نسبت به شاهد ٦/٤٧ درصد کاهش داد. شیب کاهش طول گیاه ۰/۱۳ درصد و آستانه شوری برای این صفت ۱۹/۸۵ دسی زیمنس بر متر بود (شکل ٤). تا کنون گزارشی مبنی بر کاهش رشد به سبب عدم فعالیت اسمزی این هالوفیت گزارش نشده و علت آن می‌تواند تجمع عناصر سدیم و کلر در ساقه و تاثیر منفی آن بر رشد گیاه باشد (لبیدی و همکاران، ۲۰۱۰).



شکل ۳- تاثیر سطوح مختلف تنش شوری بر وزن تر گیاه سیاه شور (*Suaeda fruticose*) (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند)

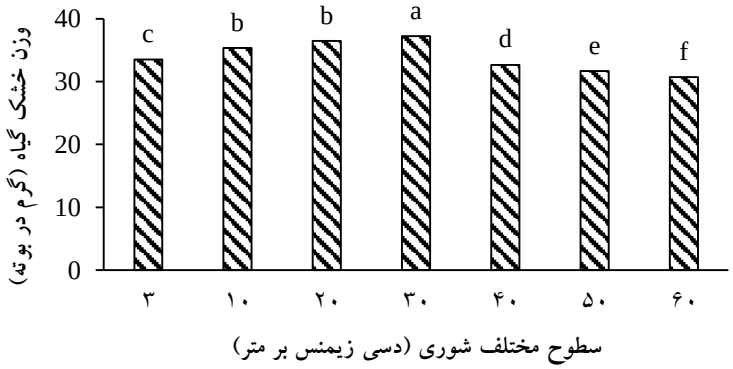


شکل ۴- واکنش وزن تر گیاه (نسبی) سیاه شور (*Suaeda fruticosa*) نسبت به افزایش شوری آب آبیاری

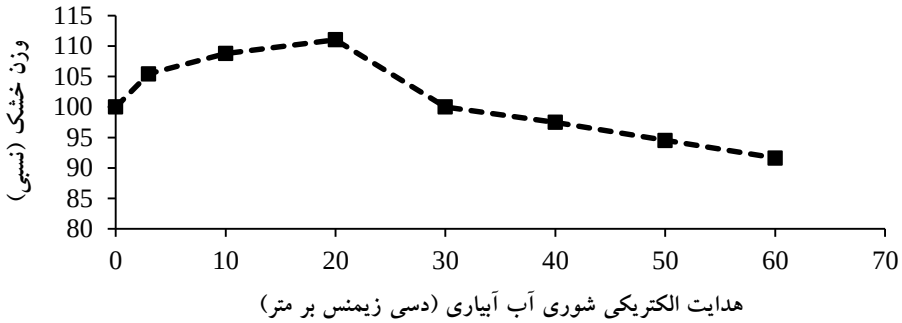
وزن خشک گیاه

نتایج نشان داد که وزن خشک گیاه در شوری‌های ۱۰ (۳۵/۳٤ گرم در بوته)، ۲۰ (۳٦/٤٦ گرم در بوته) و ۳۰ (۳۷/۲۲ گرم در بوته) دسی‌زیمنس‌برمتر نسبت به شاهد (۳۳/۵۲ گرم در بوته) افزایش یافت به‌طوری‌که بیشترین وزن خشک در تیمار ۳۰ دسی‌زیمنس‌برمتر مشاهده گردید. اعمال تیمارهای ٤۰، ۵۰ و ٦۰ دسی‌زیمنس‌برمتر منجر به کاهش معنی دار وزن گیاه شد (شکل ۵). بر اساس نتایج بدست آمده این گونه سیاه شور می‌تواند به میزان شوری تا ۳۰ دسی‌زیمنس‌برمتر مقاومت و نیز بیش‌ترین عملکرد را تولید نماید. خان و همکاران (۲۰۰۰) نتیجه گرفتند که بیشترین بیوماس تولیدی سیاه شور *Suaeda fruticosa* در ۲۰۰ مول بر متر مکعب کلرید سدیم اتفاق می‌افتد. به نظر می‌رسد گیاهان هالوفیت با خاصیت نمک دوستی خود، افزایش عملکرد را در سطوح اولیه تنش (۲۰ و ۳۰ دسی زیمنس) را نشان می‌دهند.

نتایج نشان داد که حدآستانه تحمل به شوری گیاه سیاه شور ۳۱ دسی زیمنس بر متر و شیب کاهش ماده خشک آن به ازای افزایش هر واحد شوری ۰/۲۲ درصد بود (شکل ٦). ذاکری و همکاران (۲۰۱٤) در بررسی اثر شوری بر رشد هالوفیت سیاه شور مصری نتیجه گرفتند که با افزایش شوری تا سطح ۲۰ دسی‌زیمنس‌برمتر وزن خشک اندام هوایی افزایش یافت و با افزایش بیشتر شوری وزن خشک کاهش یافت. پور اسماعیل و همکاران (۱۳۸٤) نیز در بررسی سیاه شور به نتایج مشابه‌ای در این زمینه دست یافتند. افزایش وزن گیاه در شوری‌های تا ۳۰ دسی‌زیمنس-برمتر می‌تواند به سبب ماهیت گیاه هالوفیت در جذب نمک و افزایش وزن گیاه باشد (لبیدی و همکاران، ۲۰۱۰).



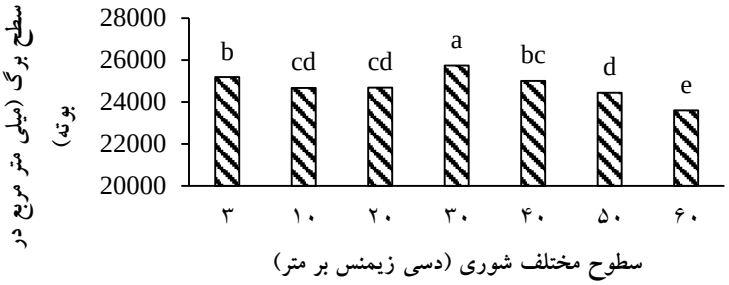
شکل ۵- تاثیر سطوح مختلف تنش شوری بر وزن خشک گیاه سیاه شور (*Suaeda fruticose*) (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند)



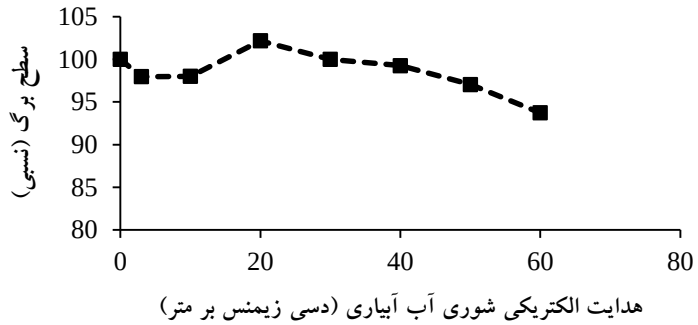
شکل ۶- واکنش وزن خشک گیاه (نسبی) سیاه شور (*Suaeda fruticosa*) نسبت به افزایش شوری آب آبیاری

سطح برگ

بررسی نتایج تأثیر تنش شوری بر سطح برگ گونه سیاه شور نشان داد که بیشترین این صفت در سطح شوری ۳۰ دسی‌زیمنس‌برمتر مشاهده شد. مابین تیمارهای ۱۰ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری از این نظر مشاهده نشد (شکل ۷). شیب کاهش سطح برگ ۲/۵۷ درصد و آستانه شوری برای این صفت ۳/۷۳ دسی زیمنس بر متر بود (شکل ۸). در هالوفیت *Crithmum maritimum* کاهش ۵۰ درصد سطح برگ در شوری ۱۵۰ میلی مولار نمک طعام به سبب عدم تعادل یونی گزارش شد (بن آمور و همکاران، ۲۰۰۵). کاهش سطح برگ و متعاقبا کاهش سطح تعرق یکی از واکنش‌های گیاه در برابر تنش می‌باشد(میچل بارت و همکاران ۲۰۰۶). به نظر می رسد در مطالعه حاضر سیاه شور جهت مقابله با شوری‌های بالاتر از ۴۰ دسی‌زیمنس‌برمتر سطح برگ خود را کاهش داده است.



شکل ۷- تاثیر سطوح مختلف تنش شوری بر سطح برگ گیاه سیاه شور (*Suaeda fruticose*) (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند)

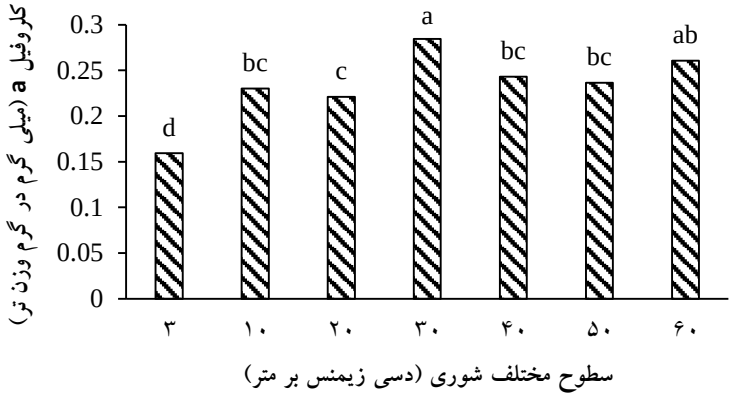


شکل ۸- واکنش وزن سطح برگ گیاه (نسبی) سیاه شور (*Suaeda fruticosa*) نسبت به افزایش شوری آب آبیاری

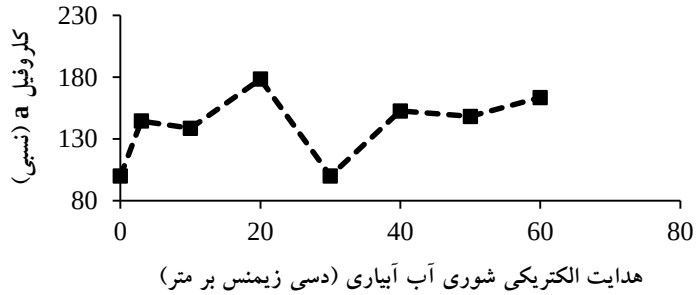
محتوای کلروفیل

نتایج بیان‌گر آن است که به ترتیب تیمارهای ۳ و ۳۰ دسی زیمنس بر متر دارای کمترین و بیشترین میزان میزان کلروفیل a بوده و بین تیمارهای ۱۰، ۲۰، ۴۰ و ۵۰ دسی زیمنس بر متر و همچنین تیمارهای ۳۰ و ۶۰ دسی زیمنس بر متر اخلاف معنی‌داری از لحاظ آماری وجود ندارد (شکل ۹). شیب کاهش کلروفیل a برابر با ۰/۵۰ درصد و آستانه شوری برای این صفت ۲۱/۳ دسی زیمنس بر متر بود (شکل ۱۰).

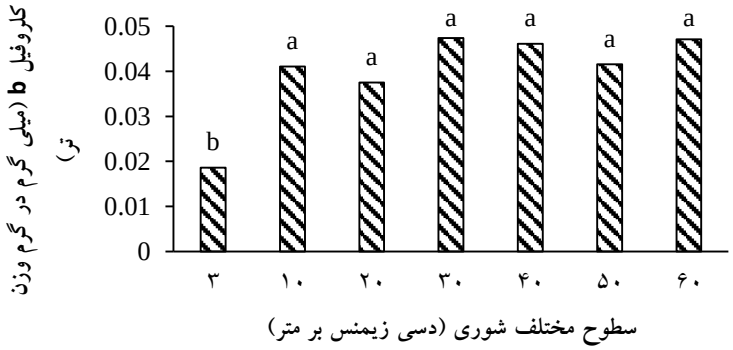
نتایج نشان دادکه کمترین میزان کلروفیل b در تیمار دسی‌زیمنس‌برمتر مشاهده و بین تیمارهای دیگر از این نظر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۱۱).



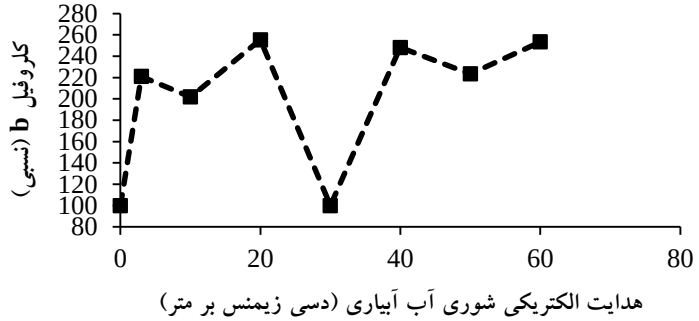
شکل ۹- تاثیر سطوح مختلف تنش شوری بر کلروفیل a گیاه سیاه شور (*Suaeda fruticose*) (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند)



شکل ۱۰- واکنش کلروفیل a (نسبی) سیاه شور (*Suaeda fruticosa*) نسبت به افزایش شوری آب آبیاری

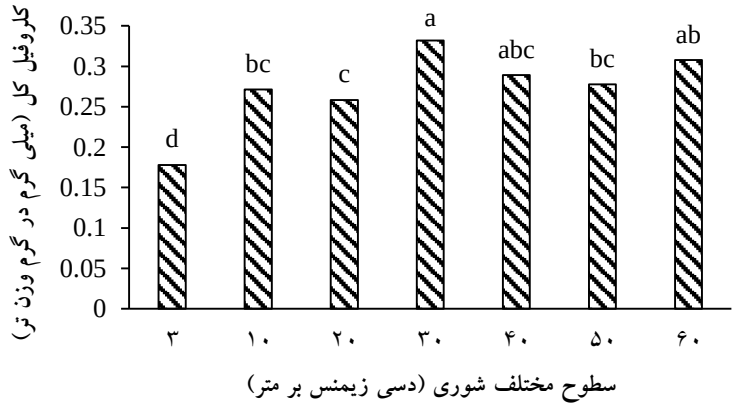


شکل ۱۱- تاثیر سطوح مختلف تنش شوری بر کلروفیل b گیاه سیاه شور (*Suaeda fruticose*) (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند)

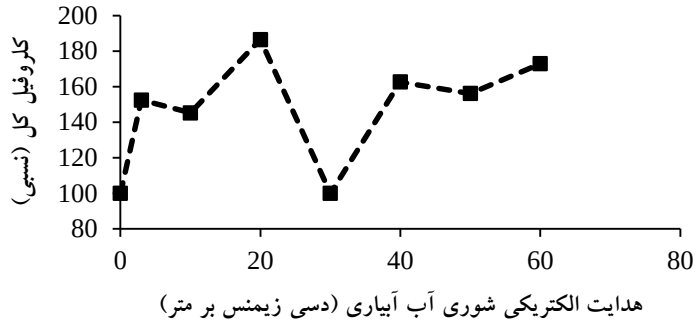


شکل ۱۲- واکنش کلروفیل b گیاه (نسبی) سیاه شور (*Suaeda fruticosa*) نسبت به افزایش شوری آب آبیاری

شیب کاهش کلروفیل b برابر با ۱/۲۸ درصد و آستانه شوری برای این صفت ۲۱/۵۲ دسی زیمنس بر متر بود (شکل ۱۲). میزان کلروفیل کل در کلیه تیمارهای شوری نسبت به شاهد (سه دسی زیمنس بر متر) بطور معنی‌داری افزایش یافت. میان تیمارهای ۱۰، ٤۰، ۵۰ و ٦۰ دسی-زیمنس‌برمتر تفاوت معنی داری مشاهده نشد. تیمارهای ۳ و ۳۰ دسی‌زیمنس‌برمتر به ترتیب کمترین و بیشترین میزان را در این مطالعه داشتند (شکل ۱۳). درصد افزایش کلروفیل کل گونه سیاه شور در تیمار ۳۰ نسبت به تیمارهای ٦۰ و شاهد (۳ دسی‌زیمنس‌برمتر) به ترتیب برابر ۱۰ و ۹٤/۱۱ بود که نشان دهنده مقاومت بالای این گونه به تنش شوری می باشد. شیب کاهش کلروفیل کل برابر با ۰/۵۸ درصد و آستانه شوری برای این صفت ۲۱/۵۲ دسی زیمنس بر متر بود (شکل ۱٤). شاید یکی از مهمترین واکنش‌های سلولی که تحت تأثیر شوری قرار می‌گیرد، فرآیندهای فتوسنتزی باشد. اختلال در این فرآیندها به طور مستقیم باعث کاهش تثبیت کربن و تولید بیوماس گیاهان می‌شود (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۹). اندازه‌گیری محتوای کلروفیل یکی از شاخص‌های مقاومت به شوری در گیاهان زراعی است (سایرام و همکاران، ۲۰۰۲). دلنواز هاشملویان و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعه بر روی گونه هالوفیت *Carpobrotus edulis* گزارش کردند که با افزایش شوری تا چهار گرم در لیتر میزان کلروفیل افزایش پیدا کرد که در مطالعه حاضر نیز با افزایش شوری تا سطح ۳۰ دسی زیمنس بر متر محتوای کلروفیل افزوده شد. به نظر می‌رسد افزایش محتوای کلروفیل در گیاهان هالوفیت به سبب ماهیت گیاه و توانایی این نوع گیاهان به شوری باشد.



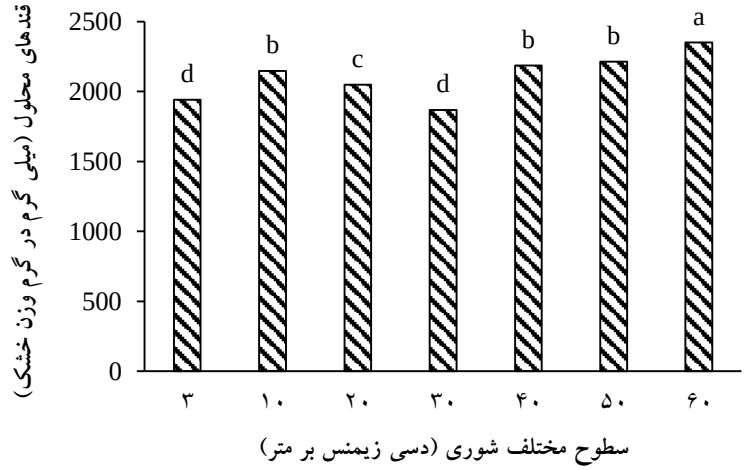
شکل ۱۳- تاثیر سطوح مختلف تنش شوری بر کلروفیل کل گیاه سیاه شور (*Suaeda fruticose*) (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند)



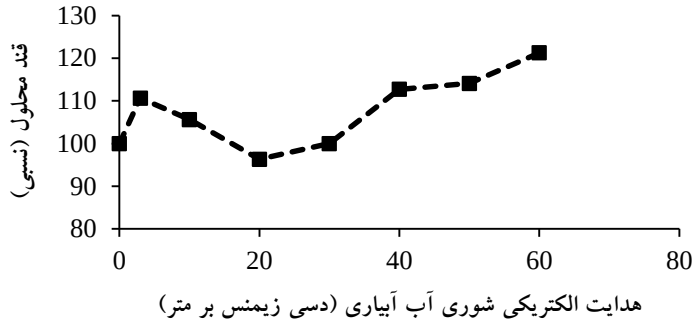
شکل ۱۴- واکنش کلروفیل کل گیاه (نسبی) سیاه شور (*Suaeda fruticosa*) نسبت به افزایش شوری آب آبیاری

قندهای محلول

با بررسی نتایج حاصل از اثر تنش شوری بر قندهای محلول مشاهده شد که تیمار ٦۰ و ۳۰ دسی-زیمنس‌برمتر بترتیب بیشترین و کمترین میزان قند محلول را دارا بودند (شکل ۱۵). میان تیمارهای ۱۰، ٤۰ و ۵۰ و همچنین تیمارهای ۳ و ۳۰ دسی‌زیمنس‌برمتر اختلاف معنی‌داری از این نظر مشاهده نشد (شکل ۱۵). شیب کاهش کلروفیل کل برابر با ۰/۲۵ درصد و آستانه شوری برای این صفت ۲/۷۱ دسی زیمنس بر متر بود (شکل ١٦). پور اسماعیل و همکاران (۱۳۸٤) نیز در بررسی سیاه شور به این نتیجه رسیدند که با افزایش تنش شوری میزان قندهای محلول نسبت به شاهد افزایش پیدا می‌کند. بارتلز و شانکر (۲۰۰۵) به این نتیجه رسیدند که افزایش غلظت قندهای محلول، ناشی از افزایش تجزیه نشاسته و وابسته به فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک است.



شکل ۱۵- تاثیر سطوح مختلف تنش شوری بر قندهای محلول گیاه سیاه شور (*Suaeda fruticose*) (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند)



شکل ۱۶- واکنش قند محلول گیاه (نسبی) سیاه شور (*Suaeda fruticosa*) نسبت به افزایش شوری آب آبیاری

پرولین

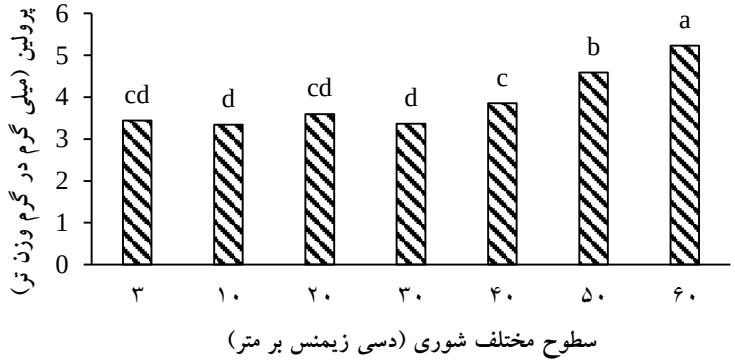
میزان پرولین با بالا رفتن سطوح شوری افزایش یافت به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان این ماده در تیمارهای ۵۰ و ٦۰ دسی‌زیمنس‌برمتر مشاهده شد. بین تیمارهای شوری ۳، ۲۰ و ٤۰ دسی‌زیمنس‌برمتر و هم چنین تیمارهای ۳، ۱۰، ۲۰، ۳۰ دسی‌زیمنس‌برمتر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱۷). شیب کاهش پرولین برابر با ۰/۷۷ درصد و آستانه شوری برای این صفت ۱۱/۲٤ دسی زیمنس بر متر بود (شکل ۱۸). پور اسماعیل و همکاران (۱۳۸٤) در بررسی تنش شوری بر گونه سیاه شور دریافتند که میزان پرولین با افزایش سطوح شوری افزایش می‌یابد، ولی این افزایش فقط در تیمارهای ٤۰۰ و ۵۰۰ میلی‌مولار در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. این محققین همچنین گزارش کردند که تا غلظت ۳۰۰ میلی‌مولار NaCl تنش اسمزی به این گیاه وارد نشده است. در بررسی میزان پرولین سیاه شور مصری، ذاکری اصل و همکاران (۲۰۱٤) بیان کردند که میزان پرولین با افزایش شوری به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و بیش‌ترین میزان پرولین در سطح شوری ۸۰ دسی زیمنس بر متر مشاهده شد.

مطالعات متعددی از ساخت و تجمع پرولین با افزایش نمک گزارش شده است (سینگ و همکاران، ۲۰۱۵؛ چنگ و همکاران، ۲۰۱۳). در واقع پرولین نقش حفاظتی ترکیبات سلولی را به‌وسیله دهیدراسیون، حفظ ساختار غشا و محافظ رادیکال های آزاد انجام می‌دهد (هاسگاوا و همکاران، ۲۰۰۰). افزایش میزان پرولین با افزایش شوری نشان‌دهنده تنظیم اسمزی سلول در تنش شوری است (سامی و همکاران، ۲۰۱۰). در این مطالعه نیز به نظر می‌رسد افزایش میزان پرولین با افزایش سطوح شوری در جهت حفظ ساختار سلولی در مقابل تنش شوری بوده است.

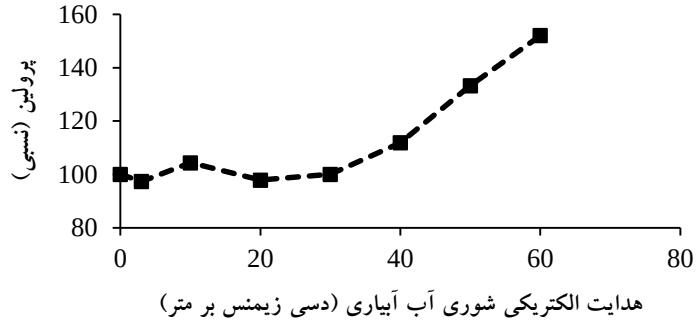
نتیجه‌گیری

اثر سطوح مختلف شوری بر تمامی صفات مروفولوژیکی و فیزیولوژیکی مورد مطالعه معنی‌دار بود. افزایش سطوح شوری از ۳ به ٦۰ دسی‌زیمنس‌برمتر سبب کاهش معنی‌دار طول گیاه به میزان ۱۲ درصد شد. گیاهان تحت شوری ۳۰ و ٦۰ دسی‌زیمنس‌برمتر نسبت به سایر سطوح شوری به ترتیب سبب تولید بالاترین و پایین‌ترین وزن تر، وزن خشک سطح برگ شدند. افزایش ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاه با افزایش شوری تا سطح ۳۱ دسی-زیمنس‌برمتر حاکی از مقاومت این هالوفیت دارویی به تنش شوری بود. قندهای محلول و میزان پرولین گیاه به طوری معنی‌داری در شوری‌های بالا افزایش یافت که به دلیل مکانیسم تنظیم اسمزی گیاه در مقابله با افزایش تنش شوری بود. باتوجه به مقاومت گیاه سیاه شور به تنش شوری بالا و همچنین باتوجه به کاهش ۱۰-۱۲ درصدی تولید در شوری ٦۰ دسی زیمنس بر متر می‌توان نتیجه گرفت که گیاه سیاه شور یک شورپسند عالی است که در شوری آب دریا تقریبا کاهش تولیدی ندارد، در ضمن لازم به یادآوری است که جوانه زنی و استقرار اولیه در شرایط شوری کم (سه

دسی‌زیمنس بر متر) بود. در کل می‌توان این گیاه ارزشمند و مقاوم به شوری را در برنامه توسعه شورورزی مورد استفاده قرار داد.



شکل ۱۷- تاثیر سطوح مختلف تنش شوری بر میزان پرولین گیاه سیاه شور (*Suaeda fruticose*) (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند)



شکل ۱۸- واکنش پرولین گیاه (نسبی) سیاه شور (*Suaeda fruticosa*) نسبت به افزایش شوری آب آبیاری

فهرست منابع

۱. شاهی، م.، ساغری، م.، زندی اصفهانی، ا، و جایمند، ک. ۱۳۹۲. بررسی کمی و کیفی روغن در بذر شور زیست *suaeda froticosa* و معرفی آن به عنوان منبع روغن خوراکی. اولین همایش ملی گیاهان دارویی و کشاورزی پایدار، همدان. ۸ ص.

۲. ذاکری اصل، م.، بلندنظر، ص.، اوستان، ش. و طباطبایی، س.ج. ۱۳۹۳. تاثیر سطوح کلرید سدیم و نیتروژن بر رشد، غلظت ویتامین C و نیترات سبزی هالوفیت *Suaeda aegyptiaca*. نشریه دانش آب و خاک، ۲۴(۱): ۲۵۰-۲۳۹.

۳. پوراسماعیل، م.، قربانلی، م.، و خاوری نژاد، ر. (۱۳۸۴). اثر شوری بر روی جوانه زنی، وزن خشک و تر، محتوای یونی، پرولین، قندمحلول و نشاسته گیاه *Suaeda fruticosa*. بیابان، ۱۰ (۲): ۲۶۵-۲۵۷.

4. Aronson J. 1989. HALOPH: Salt Tolerant Plants for the World – A Computerized Global Data Base of Halophytes with Emphasis on their Economic Uses. University of Arizona Press, Tucson, USA.
5. Aslam, R., Bostan, N., e-Amen, N., Maria, M. and Safdar, W. 2011. A critical review on halophytes: Salt tolerant plants. Journal of Medicinal Plants Research, 5 (33): 7108-7118.
6. Bartels, D. and Sunkar, R. 2005. Drought and Salt Tolerance in Plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 24:23-58.
7. Bates, L., Waldren, R.P. and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil, 39:205-207.
8. Ben Amor, N., Hamed, K.B., Debez, A., Grignon, C. and Abdelly, C. 2005. Physiological and antioxidant responses of the perennial halophyte Crithmum maritimum to salinity. Plant Science, 168, 889-899.
9. Ben Amor, N., Jimenez, A., Boudabbous, M., Sevillia, F. and Abdelly, c. 2019. Implication of peroxisomes and mitochondria in the halophyte *Cakile maritima* tolerance to salinity stress. Biological Plantarum, 63: 113-121.
10. Cheng, T.S., Hung, M.J., Cheng, Y.I. and Cheng, L.J. 2013. Calcium-induced proline accumulation contributes to amelioration of NaCl injury and expression of glutamine synthetase in greater duckweed (Spirodela polyrhiza L.). Aquatic Toxicology, 144-145, 265-274.
11. Diray-Arce, j., Clement, M., Gul, B., Khan, M.A. and Nielsen, B.L. 2015. Transcriptome assembly, profiling and differential gene expression analysis of the halophyte *Suaeda fruticosa* provides insights into salt tolerance. BMC Genomics, 16:353.
12. Qasim, M., Gulzar, S., Khan, M. and Ajmal. Halophytes as Medicinal Plants, Chapter 21, Ozturk, M., Mermut, A.R., Celik, A., 2011. Urbanisation, Land Use, Land Degradation and Environment. Daya Publishing House, Karachi-75270, Pakistan.
13. Guan, B., Yu, J. and Chen, X. 2011. Effects of salt stress and nitrogen application on growth and ion accumulation of Suaeda salsa plants. International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering, 8268-8272.
14. Hameed, A., Hussain, T., Gulzar, S., Aziz, I., Gul, B. and Khan, M.A. 2012. Salt tolerance of a cash crop halophyte Suaeda fruticosa: biochemical responses to salt and exogenous chemical treatments. Acta Physiologiae Plantarum, 34 (6): 2331-2340.
15. Hasegawa, P.M., Bressan, R.A., Zhu, J.K. and Bohnert, H.J. Plant cellular and molecular responses to hight salinity. Annual Review of Plant Physiology, 51(1), 463-499.
16. Khan, M.A., Ungar, I.A., and Showalter, A.M. 2000. The effect of salinity on the growth, water status, and ion content of a leaf succulent perennial halophyte, Suaeda fruticosa (L.) Forssk. Journal of Arid Environments 45: 73-84.
17. Kochert, G. 1978. Carbohydrate determination by the phenol sulfuric acid metod in: Helebust j. a. and Craig. S. (Ed): Hand book of phycologia and Biochemical Methods, London: Cambridge University Press, pp. 95-97.
18. Labidi, N., Ammari, M., Mssedi, D., Benzerti, M., Snoussi, S. and Abdelly, C. 2010. Salt excretion in *Suaeda fruticosa*. Acta Biologica Hungarica, 61(3): 299-312.
19. Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids pigments photosynthetic membranes. Methods in Enzymology, 148:350-382.
20. Loconsole, D., Cristiano, G. and De Lucia, B. 2019. Glassworts: From Wild Salt Marsh Species to Sustainable Edible Crops Agriculture, 9(14): 1-12.
21. Munir, U., Perveen, A. and Qamarunnisa, S. 2014. Comparative pharmacognostic evaluation of some species of the genera Suaeda and Salsola leaf (Chenopodiaceae). Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences. 27:1309–1315.
22. Sai Kachout, S., Ben Mansora, A., Jaffel, K., Leclerc, J.C., Rejeb, M.N. and Ouerghi, Z. 2009. The effect of salinity on the growth of the halophyte *atriplex hortensis* (Chenopodiaceae). Applied ecology and environmental research, 7(4): 319-332.
23. Sairam, R.k., Veerabhadra Rao, K. and Srivastava, G.C. 2002. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Science, 163: 1037-1046.

24. Sami, F., Yusuf, M., Faizan, M., Faraz, A. and Hayat, S. 2016. Role of sugars under abiotic stress. Plant Physiology and Biochemistry, 109: 54-61.
25. Sami, U., Bano A., Girmay, S. and Tan, G. 2012. Anticancer, antioxidant and anti-microbial activities of *Suaeda fruticosa* related to its phytochemical screening. International Journal of Phytomedicine, 4: 943-947.
26. Sdouga, D., Ben Amor, F., Ghribi, S., Kabtni, S., Tebini, M., Branca, F., Trifi-Farah, N. and Marghali, S. 2018. An insight from tolerance to salinity stress in halophyte Portulaca oleracea L.: Physio-morphological, biochemical and molecular responses. Ecotoxicology and Environmental Safety, 172: 45-52.
27. Singh, D., Ram, P.C., Singh, A. and Srivastava, S. 2015. Alleviating adverse effect of soil salinity on biomass production and physiological changes in wheat (*Triticum aestivum* L.) through application of zinc fertilizer. Research in Environment and Life Sciences, 8(2), 251-254.
28. Zhang, T., Zhang, Z., Li, Y. and He, K. 2019. The Effects of Saline Stress on the Growth of Two Shrub Species in the Qaidam Basin of Northwestern China. Sustainability, 11 (3): 1-13.
29. Zhu, J.K. 2001. Plant salt tolerance. Trends in Plant Science, 6: 66-71.

Investigation of Morphological and Physiological Responses of *Suaeda fruticosa* to Different Concentrations of Saline Water

M. Doost Hossaini, H. Sodaeizadeh [1] *, R. Yazdani biouki, M. R. Sarafraz, and M. A Hakimzadeh Ardakani

MSc of Desert Control and Management of Yazd University.
miladdoost29@gmail.com
Associate Professor Faculty of Natural Resources & Desert studies, Yazd University, Yazd, Iran.
hsodaie@yazd.ac.ir
Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.
r.yazdani@areeo.ac.ir
Assistant Professor Department of Biology, Yazd University.
sarafraz.ardakani@yazd.ac.ir
Associate Professor Faculty of Natural Resources & Desert studies, Yazd University, Yazd, Iran.
hakim@yazd.ac.ir

Abstract

This study was conducted as a completely randomized design with 3 replicates at Research Greenhouse of National Salinity Research Center, during 2017-18 growing season. Treatments were seven levels of water salinity: 3 (control), 10, 20, 30, 40, 50 and 60 $dS.m^{-1}$. Throughout the experiment, plant length, fresh weight, dry weight, leaf area, chlorophyll content, soluble sugars and proline were measured. Results showed that salinity treatments significantly affected all the traits. Salinity significantly reduced plant height, such that plants in 60 dS/m were 12.37% shorter than those of 3 dS/m. Fresh weight, dry weight, leaf area, chlorophyll a, and total chlorophyll were increased by increasing stress level from 3 to 30 dS/m, but then significantly decreased by increasing salinity up to 60 dS/m. Increasing salinity from 3 to 30 dS/m increased plant dry weight by 3.7 g per plant, but increasing it to 60 dS/m reduced dry weight. Increasing salinity to 60 dS/m led to enhanced proline (52.03%) and soluble sugars (21.21%). Salinity tolerance threshold of *Suaeda fruticosa* was 31 $dS\ m^{-1}$ and the slope of dry matter decrease was 0.22% per increase in each salinity unit.

Keywords: Salinity tolerance threshold, Proline, Chlorophyll, Fresh Weight, Dry Weight

1 - Corresponding author: Natural Resources & Desert studies, Yazd University, Yazd, Iran
∗ - Received: September 2019 and Accepted: June 2020