Original Article, Vol. 9, No. 4, Winter, 2022, pp 53-62

Desert Management
www.isadmc.ir

Iranian Scientific Association of Desert Management and Control

Investigating the Effects of Different Levels of Irrigation Water Salinity on Growth Characteristics and Some Enzymatic and Biochemical Components of *Salsola imbricata*

M. Doost Hossaini[1], H. Sodaeizadeh[2], R. Yazdani biouki[3*], M.R. Sarafraz[4], M.A. Hakimzadeh Ardakani[2]

1. MSc of Desert Control and Management, Yazd University, Yazd, Iran.
2. Associate Professor, Faculty of Natural Resources & Desert studies, Yazd University, Yazd, Iran.
3. Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.
4. Assistant Professor Department of Biology, Yazd University, Yazd, Iran.

* Corresponding Author: r.yazdani@areeo.ac.ir

Received date: 30/07/2020 **Accepted date: 28/10/2020**

doi 10.22034/JDMAL.2021.131909.1299

Abstract

Due to the importance of halophyte species in the reclamation of saline lands, the present study was conducted to investigating the effects of different levels of salinity on growth traits and enzymatic of *Salsola imbricata* in a completely randomized design (CRD) with three replications and seven levels of salinity including 3, 10, 20, 30, 40, 50, and 60 dS m^{-1} at research greenhouse of National Salinity Research Center. Traits of stem length, root length, root-shoot length ratio, collar diameter, number of branches, protein content, catalase, peroxidase, and proline were measured. Results showed that different levels of salinity were significant for all studied traits except peroxidase. Increasing salinity levels from 3 dS m^{-1} to 60 dS m^{-1}, significantly reduced shoot length at the rate of 20%, root length 30%, root-shoot length ratio 11%, collar diameter 38%, and the number of branches per plant 29%. Increasing salinity from 3 dS m^{-1} to 40 dS m^{-1} decreased protein content by 30%, but the protein content increased by 26.7% by increasing salinity up to 50 and 60 dS m^{1}. Results of enzymatic activities showed that increasing salinity significantly increased the amount of catalase, peroxidase, and proline, so the highest of these compounds was observed at 60 dS m^{1}.

Keywords: Catalase; Halophyte; Peroxidase; Proline; Root length

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

مقاله پژوهشی، سال نهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۰، صفحات ۵۳ تا ۶۲

نشریه مدیریت بیابـان
www.isadmc.ir

انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران

ارزیابی سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر شاخص‌های رشد و برخی ترکیبات آنزیمی و بیوشیمیایی گونه شور (*Salsola imbricata* L.)

میلاد دوست حسینی[۱]، حمید سودائی زاده[۲]، رستم یزدانی بیوکی[۳*]، محمدرضا سرافراز[۴]، محمدعلی حکیم زاده اردکانی[۲]

۱. کارشناس ارشد مدیریت و کنترل بیابان، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
۲. دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد، یزد، ایران.
۳. استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.
۴. استادیار گروه زیست شناسی دانشگاه یزد، یزد، ایران.
* نویسندهٔ مسئول: r.yazdani@areeo.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۰۷

doi 10.22034/JDMAL.2021.131909.1299

چکیده

به سبب اهمیت گونه‌های شورپسند، پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر شوری بر ویژگی‌های رشدی و آنزیمی گونه شور به‌عنوان یکی از گونه‌های مهم شورپسند برای احیاء اراضی شوری در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و ۷ تیمار شوری شامل ۳، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ dS/m در گلخانه تحقیقاتی مرکز ملی تحقیقات شوری انجام شد. در این مطالعه صفت‌هایی از قبیل طول ساقه، طول ریشه، نسبت طول ریشه به ساقه، قطر یقه، تعداد شاخه فرعی، پروتئین، کاتالاز، پراکسیداز و پرولین ارزیابی شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح مختلف شوری بر تمامی صفات مورد مطالعه، به‌جز پراکسیداز معنی‌دار است. افزایش سطوح مختلف شوری از ۳ تا ۶۰ dS/m سبب کاهش معنی‌دار طول ساقه به میزان ۲۰٪، طول ریشه به مقدار ۳۰٪، نسبت طول ریشه به ساقه به میزان ۱۱٪، قطریقه ۳۸٪ و تعداد شاخه فرعی در بوته به مقدار ۲۹٪ شد. افزایش شوری از تیمار ۳ تا ۴۰ dS/m سبب کاهش ۳۰٪ در میزان پروتئین شد، اما با افزایش شوری تا سطح ۵۰ و ۶۰ dS/m به میزان ۲۶/۷٪ پروتئین محلول کل افزایش یافت. نتایج تحلیل فعالیت‌های آنزیمی نشان می دهد که افزایش شوری سبب افزایش معنی‌دار میزان کاتالاز، پراکسیداز و پرولین شده است، به طوری که بالاترین این ترکیبات در شوری ۶۰ dS/m دیده می‌شود.

واژگان کلیدی: پراکسیداز؛ پرولین؛ طول ریشه؛ کاتالاز؛ هالوفیت

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

■ مقدمه

در سراسر جهان منابع آب شیرین به‌طور فزاینده‌ای در حال کم شدن است و پایداری استفاده از منابع آب در دسترس چالش اصلی سیاست آب برای آینده است. علاوه بر مسائل مربوط به مقدار آب، کیفیت آب نیز نقش مهمی را در حفظ قابلیت آبیاری اراضی، به‌خصوص شوری که می‌تواند تأثیرات مضر و نامطلوبی را بر عملکرد محصولات کشاورزی و باغبانی ایجاد کند داشته باشد (۷، ۲۴، ۲۷).

یکی از بزرگ‌ترین تنش‌های غیرزیستی و از عوامل اصلی محیطی محدود کننده رشد و عملکرد گیاه شوری منابع آب و خاک است و این مشکل به دلیل شیوه‌های مختلف کشاورزی افزایش‌یافته است (۵). سمیت نمک یکی از عوامل عمده محدودکننده تولید محصول و کیفیت محیط‌زیست در خاک شور و یا خاک‌های سدیک در سراسر جهان است (۳۰). در راستای افزایش شوری منابع آب و خاک می‌توان از گیاهان متحمل به شوری ضمن احیا این نوع مناطق از توسعه گیاهان در این شرایط نیز استفاده نمود.

شورزی‌ها گیاهانی هستند که ضمن تحمل بالا به شوری با توانایی بالقوه اقتصادی که علاوه بر کمک شایانی به ترمیم و تجدید محیط‌زیست؛ به‌عنوان ذخیره منابع دارویی هم استفاده می‌شوند، بسیاری از این گیاهان بوته‌های شور پسند چند ساله و تعداد کمی هم شامل بوته‌های علفی یک ساله هستند (۱۶). بررسی پژوهش‌های انجام‌شده؛ مشخص می کند افزایش علاقه به مطالعه شورروری‌ها نشان‌دهندهٔ شناخت توانایی عظیم آن‌ها به‌عنوان منبعی ارزشمند از محصولاهای گیاهی است (۱۵).

گونه شور (علف شور) *Salsola imbricata* L.، گیاهی شورروری، پایا و بوته‌ای به ارتفاع ۱۲۰ cm است که در مکان‌های شور و شنی با پراکنش در سراسر بیابان گرم کشورهای گرمسیری شرق آفریقا، پاکستان، جنوب و شرق افغانستان و شمال غربی هندوستان و مرکز و جنوب ایران شامل طبس و ابرکوه رشد می‌کند (۱۹ و ۲). این گیاه دارای سابقهٔ اعتقادی و آداب و رسوم قدیمی و اجدادی برای درمان انواع مختلفی از بیماری های دستگاه گوارشی و ناراحتی‌های تنفسی است (۴). در طب سنتی از این گیاه در درمان بیماری‌های سوء هاضمه، اسهال، ضد التهاب، سرماخوردگی و تنگی نفس استفاده می‌شود (۱۷).

بررسی تاثیر سطوح مختلف شوری ۰ تا ۷۰۰ میلی‌مولار نمک طعام بر گونه *Salsola dendroides* نشان داد که وزن تر و خشک، طول ریشه و ساقه گیاه تحت تأثیر تنش شوری کاهش می‌یابد (۲۹). همچنین بررسی تأثیر تیمارهای شوری ۱/۶dS/m به عنوان شاهد، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ mM نمک طعام بر سه گونه سالسولا *S. dendroides* Pall, *S. richteri* Moq, *S. orientalis* S.C. *Gmel.* نشان داده است که وزن خشک ساقه و ریشه تا شوری ۲۰۰mM تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت، همچنین افزایش شوری موجب افزایش میزان پرولین گیاه شد، محققان علت افزایش میزان پرولین را نقش تنظیم کننده اسمزی پرولین بیان کردند (۱۱). نتایج بررسی تیمارهای شوری ۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰mM نمک طعام بر گونه *Salsola arbuscular* Pall نشان داده شده است که مقدار پرولین و قند محلول با افزایش سطوح شوری افزایش یافت، همچنین صفت‌های رشدی گیاه تا شوری ۴۰۰mM نمک طعام افزایش نشان داد و سپس با افزایش شوری کاهش یافت (۲۲).

با توجه به ارزش علوفه ای گونه شور و اهمیت آن در احیا و کاشت در زمین‌های شور و نامناسب و همچنین به دلیل اندک بودنبررسی‌های تأثیر شوری آب آبیاری بر گونهٔ علف شور، هدف از پژوهش حاضر ارزیابی ویژگی‌های رشدی و آنزیمی گونه شوردر پاسخ به سطوح مختلف شوری آب آبیاری بود.

■ مواد و روش

پژوهش حاضر در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ به صورت آزمایش گلدانی در گلخانه تحقیقاتی مرکز ملی تحقیقات شوری در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و ۷ تیمار شوری شامل ۳، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ dS/m انجام شد. در این آزمایش تیمار ۳ dS/m به‌عنوان تیمار شاهد منظور شده است. بذور گیاه شور از ایستگاه تحقیقاتی صدوق، واقع در استان یزد از پایه‌های مادری تهیه شد. آب

شور مورد نیاز برای این آزمایش از چشمه‌های کویری ایران مرکزی (عقدا-استان یزد) تهیه شد و قبل از اعمال تیمارهای مورد نیاز توسط دستگاه EC متر در بشکه‌های ۲۲۰ Lit آماده شد و قبل از اعمال تیمار مربوطه، مقدار شوری برای هر تیمار تنظیم شد.

برای کشت، بذرها ۲۴ ساعت در آب تهیه شده از چاه با شوری ۳ dS/m خیسانده شد و به مدت ۲۴ hr در پارچه خیس قرار داده شد و پس از آن در داخل کیسه های پلاستیکی ۱ Kg کاشته شد و با آب ۳ dS/m آبیاری شد (جدول ۱ و ۲).

نشاءهای آماده شده در ۲۰ آبانماه ۱۳۹۶ به گلدان‌هایی با حجم ۲۳ Lit در محیط گلخانه (فضای کنترل شده) منتقل و تیمارهای شوری آب آبیاری شامل ۳، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰ dS/m، در مدت ۶ ماه اعمال شد. برایسازگاری گیاهان به شوری، اعمال تیمارهای شوری به طور افزایشی به مدت ۱۴ روز انجام شد بدین صورت که برای اعمال شوری ۳ dS/m از همان ابتدا با آب ۳ dS/m اعمال شد، و همزمان برای تمامی تیمارها به مدت ۳ روز این شوری اعمال شد، سپس برای دیگر تیمارها ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ dS/m به مدت ۲ روز با آب آبیاری ۱۰ dS/m آبیاری شدند و به همین ترتیب برای دیگر تیمارها بعد از گذشت دو روز از اعمال تنش، تیمار بعدی اعمال شد تا در پایان به شوری مورد نظر رسانیده شود (جدول ۳).

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

(dS/m) EC	pH	(%) OC	(mg/kg) P	(mg/kg) K	(%) Sand	(%) Silt	(%) Clay
۳/۸۱	۷/۴۸	۰/۰۱	۶/۶۴	۱۵۵	۸۰/۳۶	۸/۶۴	۱۱

جدول ۲. ویژگی‌های شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده در آزمایش

تیمار	EC (dS/m)	pH	Ca2+ (mg/l)	Mg2+ (mg/l)	CO_3^{2-} (mg/l)	HCO_3^- (mg/l)	Na+ (mg/l)	K+ (mg/l)	Cl- (mg/l)	SO_4^{2-} (mg/l)	SAR
منبع آب غیرشور	۳	۸/۰۵	۱۹۴/۳۸	۱۰۱/۸۸	۰	۱۷۶/۳۱	۲۷۰/۰۲	۳/۹۱	۶۱۳/۶۳	۴۶۸/۲۹	۳/۹
منبع آب شور ۵۰ برابر رقیق شده	۱۰	۸/۰۰	۶۵/۳۳	۱۵۵/۸۴	۰	۱۶۸/۹۹	۱۸۶/۸۰	۸/۲۱	۳۰۶/۷۱	۳۷۵/۵۹	۲۸/۸۳

جدول ۳. برنامه آبیاری گونه شور (*Salsola imbricata* L.) در آبان و آذرماه ۱۳۹۶ جهت رسیدن به تیمار مورد نظر

تیمار شوری (dS/m)	آبان‌ماه								آذرماه							
	۲۰	۲۳	۲۵	۲۷	۲۹	۳۱	۲	۴	۶	۸	۱۰	۱۲	۱۴	۱۶
۳								۳ dS/m						
۱۰		۳ dS/m							۱۰ dS/m					
۲۰		۳ dS/m		۱۰ dS/m						۲۰ dS/m				
۳۰		۳ dS/m		۱۰ dS/m		۲۰ dS/m					۳۰ dS/m			
۴۰		۳ dS/m		۱۰ dS/m		۲۰ dS/m		۳۰ dS/m				۴۰ dS/m		
۵۰		۳ dS/m		۱۰ dS/m		۲۰ dS/m		۳۰ dS/m		۴۰ dS/m			۵۰ dS/m	
۶۰		۳ dS/m		۱۰ dS/m		۲۰ dS/m		۳۰ dS/m		۴۰ dS/m		۵۰ dS/m		۶۰ dS/m

در پایان آزمایش، کل اندام هوایی و ریشه در ۱۷ فروردین ماه ۱۳۹۷ برداشت و برای اندازه‌گیری صفت‌های رشدی و ترکیبات بیوشیمیایی به آزمایشگاه منتقل شد.

به‌منظور اندازه‌گیری طول ساقه و ریشه ابتدا از محل یقه ساقه و ریشه از هم جدا و سپس با خط کش با دقت میلی‌متر اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری قطر یقه گیاهان با استفاده از کولیس و با دقت ۰/۱ mm انجام شد. به دلیل این که گیاهان مورد مطالعه از گونه‌های با برگ گوشتی و آبدار بیابانی است بنابراین شمارش دقیق برگ‌ها ممکن نبود از این رو فقط تعداد شاخه‌های نمونه‌های گیاهی مورد مطالعه قرار گرفت.

سنجش پروتئین محلول کل

در این آزمایش پروتئین محلول کل به روش بردفورد اندازه‌گیری گردید (۸).

محاسبه فعالیت کاتالاز

فعالیت آنزیم کاتالاز بر اساس میزان تجزیه شدن H_2O_2 در طول موج ۲۴۰ nm و با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد.

$$\text{Activity (U/ml)} = \frac{\Delta A_{240} \times 1 \times V_t \times d_f}{\varepsilon \times l \times t \times V_s} \qquad (۱)$$

Activity: فعالیت آنزیم

ml: میلی‌لیتر

U: واحد آنزیمی

$\Delta A_{۲۴۰}$: تفاوت مقدار جذب مخلوط واکنش در زمان شروع و پایان واکنش.

1: با توجه به ضریب پراکسید هیدروژن در معادله H_2O_2 تعیین می‌شود که معادل ۲-می‌باشد.

V_t: حجم مخلوط واکنش در این آزمایش برابر سه ml بود.

d_f: فاکتور رقیق کننده برابر با ۵۰

t: مدت زمان واکنش ۱۸۰ ثانیه

V_s: حجم نمونه در این آزمایش برابر ۲۰ µl بود.

ε: ضریب خاموشی برابر $mM^{-1}cm^{-1}$ ۳۹/۴.

l: طول مسیر عبور نور از مخلوط واکنش برابر یک است.

محاسبهٔ فعالیت آنزیم پراکسیداز

فعالیت آنزیم پراکسیداز نیز با بهره‌گیری از رابطهٔ محاسبه فعالیت آنزیم کاتالاز و با انجام تغییر زیر محاسبه شد (۱): تغییر ضریب خاموشی H_2O_2 به ضریب خاموشی تتراگوئیکول، تبدیل ΔA ۲۴۰ به ΔA ۴۷۰ و ضریب ۲ به ۴ با توجه به ضریب H_2O_2 در معادله پراکسید هیدروژن فعالیت ویژه آنزیم پراکسیداز به‌صورت تعداد میکرومول H_2O_2 تجزیه شده در دقیقه در میلی‌گرم پروتئین گزارش شد.

اندازه‌گیری پرولین

به‌منظور اندازه‌گیری پرولین با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر Analytic Jena 210, Germany و کالیبره کردن آن با تولوئن، مقدار جذب لایه رنگی در طول موج ۵۲۰ nm قرائت گردید (۶)، و از رابطه ۲ غلظت پرولین در نمونه های گیاهی محاسبه گردید:

$$Y= (M*T)/W \qquad (۲)$$

که در آن:

Y: مقدار پرولین محلول بر اساس mg/g FW وزن تر.

M: عدد قرائت شده با دستگاه اسپکترو فتومتری.

T: حجم تولوئن مورد استفاده در اینجا ml ۴ است.

W: وزن نمونه برگی مورد استفاده برای نمونه های این مطالعه برابر g ۰/۵ است.

تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت (۲۵).

■ نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر سطوح مختلف شوری بر تمامی صفت‌های مورد مطالعه، به‌جز پراکسیداز معنی‌دار بود (جدول ۴).

جدول ۴. تجزیه واریانس اثر تنش شوری بر صفت‌های مورد بررسی در گیاه شور (*Salsola imbricata*).

منابع تغییرات	df	طول ساقه	طول ریشه	ریشه/ساقه	وزن خشک اندام هوایی	قطر یقه	تعداد شاخه فرعی	پروتئین	کاتالاز	پراکسیداز	پرولین
تیمارهای شوری	۶	۷۰/۶۲**	۱۰۸/۱۹**	۰/۰۰۵**	۲۳۷/۰۵**	۳/۲۹**	۱۱۲/۲۶**	۸۱۴۹۸/۵۹**	۰/۱۴**	۰/۰۹ns	۱/۲۴**
خطا	۱۴	۰/۱۲	۰/۰۹	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۷	۰/۵۲	۴۶۲	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۱
ضریب تغییرات (٪)		۰/۶۴	۰/۷۳	۰/۹۶	۰/۳۳	۱/۴۵	۱/۵۰	۱/۵۹	۱۱/۸۶	۲۲/۲۲	۲/۷۳

** و ns به ترتیب بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ و بدون اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

ویژگی‌های رشدی

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که افزایش سطوح شوری از تیمار ۳ dS/m تا ۶۰ dS/m به‌ترتیب موجب کاهش ۲۰٪ و ۳۰٪ طول ساقه و ریشه گونه شور شد (جدول ۵). هرچند که در مورد صفت طول ساقه در سطوح شوری ۵۰ و ۶۰ dS/m اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵).

در مورد بررسی نسبت طول ریشه به ساقه نتایج نشان داد که با افزایش سطوح بالای شوری این نسبت با اختلاف معنی‌دار حدود ۱۱٪ نسبت به تیمار شاهد کاهش پیدا کرد. در حالی که در تیمارهای ۳، ۱۰ و ۲۰ dS/m اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). همچنین نتایج نشان داد که وزن خشک اندام هوایی با بالا رفتن سطوح شوری به صورت کاملاً معنی داری کاهش پیدا کرد (جدول ۵). اندازه‌گیری‌های قطر یقه نیز بر کاهش معنی‌دار این صفت در تمام سطوح شوری مورد آزمایش اشاره داشت (جدول ۵).

در گونه شور مطالعه شده تعداد شاخه فرعی رابطه معکوس با مقدار شوری آب داشت. با افزایش غلظت تیمار شوری، تفاوت معنی‌داری در کاهش تعداد انشعابات شاخه رخ داد. با این حال در تیمارهای ۵۰ و ۶۰ dS/m تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵). تعداد انشعابات طبق نتایج با افزایش شوری کمتر شد که دلیل آن افزایش تنش شوری است، زیرا گیاه برای تولید محلول های اسمزی و مکانیسم‌های آنزیمی که برای زنده نگه داشتن خود انجام می‌دهد تمام انرژی تولیدی را مصرف می‌کند (۱۳).

جدول ۵. مقایسه میانگین برخی صفت‌های کمی و کیفی گیاه *Salsola imbricata* تحت سطوح مختلف شوری

آب آبیاری dS/m	طول ساقه (cm)	طول ریشه (cm)	نسبت طول ریشه به ساقه	وزن خشک اندام هوایی (g)	قطر یقه (mm)	تعداد شاخه فرعی در بوته	پروتئین (µg/ml)	کاتالاز (Unit/mg protein)	پراکسیداز (Unit/mg protein)	پرولین (mg/g FW)
۳	a۶۱/۱۳	a۵۰/۳۷	a۰/۸۲	a۲۴/۱۰	a۷/۵۰	a۵۹/۶۷	a۱۶۱۵/۲۷	b۰/۸۹	b۰/۹۱	e۳/۱۸
۱۰	b۵۸/۴۰	b۴۷/۹۷	a۰/۸۲	b۲۲/۲۹	b۶/۷۳	b۵۲/۰۰	b۱۴۵۵/۲۰	b۰/۹۴	ab۱/۰۲	e۳/۳۵
۲۰	c۵۵/۸۳	c۴۵/۷۷	a۰/۸۲	c۲۱/۱۶	c۶/۲۰	c۴۸/۳۳	c۱۳۳۵/۰۰	b۰/۸۰	b۰/۸۷	d۳/۷۶
۳۰	d۵۲/۸۰	d۴۱/۱۳	b۰/۷۸	d۱۹/۸۳	d۵/۶۰	d۴۶/۶۷	e۱۱۹۸/۴۰	b۰/۸۷	b۰/۹۴	c۴/۱۲
۴۰	e۵۰/۷۳	e۳۸/۴۷	c۰/۷۶	e۱۸/۳۱	e۵/۲۳	e۴۴/۳۳	f۱۱۲۸/۰۰	b۰/۸۷	b۰/۸۶	b۴/۴۴
۵۰	f۴۸/۹۳	f۳۵/۹۰	d۰/۷۳	f۱۷/۵۰	f۴/۸۷	f۴۳/۰۰	d۱۲۹۸/۳۳	b۰/۸۱	b۰/۸۹	a۴/۶۹
۶۰	f۴۸/۵۰	g۳۵/۲۰	d۰/۷۳	g۱۶/۳۲	g۴/۶۰	f۴۲/۳۳	b۱۴۲۸/۷۳	a۱/۴۳	a۱/۳۷	a۴/۸۲

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵٪، تفاوت معنی‌دار ندارند.

در مطالعه‌ای با بررسی سه گونه شور *S. rigida* Pall.، *S. richteri* Moq. و *S. dendroides* Pall. تحت سطوح مختلف شوری نشان داده شده است که طول گیاه در تمام گونه‌های مورد مطالعه با کاهش مواجه شد، و دلیل آن را به کاهش جذب و انتقال مواد از ریشه به برگ نسبت دادند (۲۷). محدودیت روزنه‌ای فتوسنتز، فاکتور مهمی در کاهش رشد شورروری‌ها در شرایط شور بیان شده است (۲۸). طول ساقه گونه شور به سطوح بالای شوری حساس هست و کاهش پیدا می‌کند به همین دلیل نسبت طول ریشه به ساقه کاهش پیدا کرده است. افزایش سطوح شوری بر سه گونه *Salsola* موجب کاهش رشد گیاه شد (۲۷). همچنین در مطالعه گونه *Salsola dendroides* گزارش شده است که وزن تر و خشک، طول ریشه و ساقه گیاه تحت تأثیر تنش شوری کاهش یافت، آن‌ها نشان دادند که تنش شوری با افزایش فشار اسمزی محلول خاک، رشد رویشی گیاه را کاهش می‌دهد (۲۹) و پیامد آن کاهش ویژگی‌های مرفولوژیک از جمله طول ساقه، طول ریشه، وزن خشک، تعداد شاخه و قطر یقه می‌باشد (۱۲).

ویژگی‌های آنزیمی و بیوشیمیایی

نتایج بررسی مقدار پروتئین تحت تیمارهای مختلف تنش شوری نشان داد که بیش‌ترین مقدار پروتئین در تیمار ۳ dS/m و کمترین مقدار آن در سطح شوری ۴۰dS/m مشاهده شد (جدول ۵). از تیمار ۳ تا ۴۰ dS/m با کاهش مقدار پروتئین همراه بود، ولی مقدار پروتئین در تیمارهای ۵۰ و ۶۰ dS/m با روندی افزایشی مواجه شد. مشابه نتایج حاضر، کاهش مقدار پروتئین تا شوری ۴۰mM در گونه *Salsola arbuscular* مشاهده شده است (۳). از آنجا که سنتز پروتئین نیاز به انرژی دارد، کاهش انرژی ناشی از کمبود آب (به‌علت تنش شوری) و جذب فعال عناصر سدیم و کلر موجب کاهش سنتز پروتئین و در نتیجه کاهش میزان پروتئین می‌گردد. همچنین کاهش در میزان پروتئین به‌دلیل تجزیه‌ی آن از طریق افزایش پروتئولیز، کاهش سنتز پروتئین بوسیله‌ی جلوگیری از تبدیل اسید آمینه به پروتئین و کاهش میزان پلی ریبوزوم‌ها می‌تواند باشد (۱۵). بنابراین با توجه به اینکه یکی از اثرات شوری، کاهش سنتز پروتئین است افزایش شوری موجب کاهش مقدار پروتئین شد، البته با افزایش شوری تا حدودی موجب افزایش پروتئین شد. در پاسخ به تنش شوری ممکن است پروتئین‌های جدید سنتز شوند یا ممکن است مقدار پروتئین‌هایی که از قبل در غلظت‌های کم وجود داشته‌اند همزمان با تنش افزایش یابد (۲۱).

نتایج بررسی مقدار کاتالاز و پراکسیداز از لحاظ آماری تقریباً مشابه بود، یعنی در تیمارهای شوری ۳، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ dS/m اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، ولی در تیمار ۶۰dS/m افزایش معنی‌دار مقدار کاتالاز و پراکسیداز مشخص بود (جدول ۵). در تحقیقی بر روی گونه *Salsola* spp. نشان داده شده است که افزایش شوری موجب انباشته شدن مقدار کاتالاز و در نتیجه موجب کاهش اثرات شوری شده است (۱۴). خاصیت آنتی اکسیدانی گیاه، بسته به گونه ی گیاهی می تواند متغیر باشد، همچنین این موضوع را نباید نادیده گرفت که مقدار خواص آنتی اکسیدانی گیاهان هر منطقه بستگی به پارامترهای زیادی از جمله آب و هوا، خاک، ارتفاع و گونه های مختلف گیاهان دارد (۹). نتایج تحقیقات مختلف حاکی از وجود ارتباط قوی بین تحمل به تنش های اکسیداتیو ناشی از تنش‌های محیطی و افزایش در غلظت آنتی اکسیدان‌های آنزیمی در گیاهان وجود دارد، لازم به ذکر است که تحت شرایط تنش شوری تولید رادیکال های آزاد بستگی به شدت، مدت زمان اعمال تنش، گونه گیاهی، ژنوتیپ و همچنین مرحله نمو گیاه در معرض تنش دارد (۱۴).

نتایج نشان داد با افزایش تنش شوری از تیمار ۳dS/m تا ۶۰dS/m مقدار پرولین در گیاه شور به مقدار ۵۱٪ افزایش یافت (جدول ۵). بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار پرولین به‌ترتیب در تیمارهای ۶۰ و ۳ dS/m مشاهده شد. بین تیمارهای ۳ و ۱۰ و همچنین تیمارهای ۵۰ و ۶۰ dS/m تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. مطابق با نتایج پژوهش حاضر، نشان داده شده است که مقدار پرولین گونه *Salsola orientalis* با افزایش شوری، افزایش یافت (۲۱). همچنین مطالعات بر روی گونه *Salsola tomentosa* حاکی از آن بود

که افزایش شوری موجب افزایش مقدار پرولین گیاه شد (۲۰). مطالعات شوری بر روی گونه دیودال *Ammodendron persicum* conollyi نیز حاکی از افزایش پرولین با افزایش شوری می‌باشد (۱۸). پرولین یکی از اسمولات‌ها می‌باشد که به عنوان یک ماده‌ی اسمززا، به تنظیم اسمزی و حفاظت از ساختارهای درون سلول کمک می‌کند، به‌طوری‌که در برخی گزارش‌ها یک همبستگی بین تجمع پرولین و مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی نشان داده شده است. شواهد قابل ملاحظه ای وجود دارد که سطوح بالای پرولین می تواند ساختار و فعالیت پروتئین را حفاظت کند، تجزیه ی آنزیم را کاهش دهد و پروتئین‌ها و غشاها را از آسیب ناشی از غیرفعال‌سازی رادیکال‌های آزاد و گونه‌های شیمیایی واکنش‌پذیر دیگر حفاظت می‌کند (۱۳).

■ نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که سطوح مختلف شوری بر تمامی صفت‌های مورد مطالعه، بجز پراکسیداز معنی‌دار بود. در خصوص ویژگی‌های مورفولوژیکی، افزایش شوری از ۳ به ۶۰dS/m موجب کاهش معنی‌دار طول ساقه، طول ریشه، نسبت طول ریشه به ساقه، وزن خشک اندام هوایی، قطریقه و تعداد شاخه در بوته شد. در خصوص مقدار پروتئین نتایج نشان داد که افزایش شوری از تیمار ۳ dS/m به ۴۰dS/m موجب کاهش ۳۰٪ در مقدار پروتئین شد، و افزایش شوری تا سطح ۵۰ و ۶۰ dS/m موجب افزایش مقدار پروتئین شد. نتایج ترکیبات آنزیمی گونه شور نشان داد که افزایش شوری باعث افزایش معنی‌دار مقدار کاتالاز، پراکسیداز و پرولین شد، به طوری که بالاترین این ترکیبات در شوری ۶۰dS/m مشاهده شد. باتوجه به یافته‌های پژوهش حاضر، گونه شور می‌تواند سطوح شوری بالای آب و خاک را تحمل کند و باتوجه به ارزش تغذیه‌ای خوبی که این گونه دارد، می‌توان از این گیاه به منظور احیا و بهره‌برداری از مناطق شور و دارای منابع آب شور یا در حال شور شدن با بررسی‌های بیشتر میدانی در جهت بهبود این مناطق استفاده نمود.

■ References

1. Aebi, H. (1984). Catalase in vitro. *Methods in Enzymology*, 105, 121-126.
2. Ajaib, M., Farooq, S., Khan, K. M., Perveen, S., & Shah, S. (2019). Phytochemical analysis and anthelmintic activity of *Salsola imbricate. Chemical Society of Pakistan*, *41*(1), 198-202.
3. Amini, F., Ghanbarzadeh, Z., & Askary, M. (2017). Biochemical and physiological response of *Salsola arbuscular* callus to salt stress. *Science Technology*, Transactions A: Science, *41*(2), 321-328. (in Farsi)
4. Aslam, N., & Janbaz, K. H. (2017). Antispasmodic and bronchorelaxant activities of *Salsola imbricata* are mediated through dual Ca^{+2} antagonistic and β-adrenergic agonistic effects, *Pharmaceutical Biology*, *55*(1), 1131-1137.
5. Aslam, R., Bostan, N., Amen, N., Maria, M., & Safdar. W. (2011). A critical review on halophytes: Salt tolerant plants. *Medicinal Plants Research*, *5*(33), 7108-7118.
6. Bates, L.S., Waldren, R.P., & Teare, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*, *39*(1), 205-207.
7. Ben Amor, N., Jimenez, A., Boudabbous, M., Sevillia, F., & Abdelly, c. (2019). Implication of peroxisomes and mitochondria in the halophyte *Cakile maritima* tolerance to salinity stress. *Biological Plantarum*, *63*(1), 113-121.
8. Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Annual Review of Biochemistry,72(1-2)*, 248-254.
9. David, R., & Zbigniew, A. (2010). Aqueous extract of *Achillea millefolium* L. (Asteraceae) inflorescences suppresses lipopolysaccharide-induced inflammatory responses in RAW 2647 murine macrophages. *Medicinal Plants Research*, *4*(3), 225-234.

10. Hasanuzzaman, M., Nahar, K., & Fujita, M. (2013) Plant response to salt stress and role of exogenous protectants to mitigate salt-induced damages. *Ecophysiology and responses of plants under salt stress*, 25-87.

11. Heidari-Sharifabad, H., & Mirzaie-Nodoushan, H. (2006). Salinity-induced growth and some metabolic changes in three *Salsola* species. *Arid Environments*, *67*(4), 715-720.

12. Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H., & Ismaili, A. (2016). Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Photosynthetica*, *54*(1), 87-92.

13. Jamil, M., Lee, K.B., Jung, K.Y., Lee, D.B., Han, M.S., & Rha, E.S. (2007). Salt stress inhibits germination and early seedling growth in cabbage (*Brassica oleracea* L.). *Pakistan Journal of Biological Science*, *10*(6), 910-914.

14. Karakas, S., Dikilitas, M., Aslan, M., & Guzel, A, N. (2019). Evaluation of biochemical and physiological responses of salsola spp at their natural habitats. *Harran Journal of Agricultural and Food Sciences is an international*, *23*(2), 226-233

15. Khan, M.A., Ansari, R. Ali, H. Gul, B., & Nielsen. B. L. (2009). *Panicum turgidum*, potentially sustainable cattle feed alternative to maize for saline areas. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *129*(4), 542-546.

16. Loconsole, D., Cristiano, G., & De Lucia, B. (2019). Glassworts: From Wild Salt Marsh Species to Sustainable Edible Crops. *Agriculture*, *9*(1), 1-12.

17. Malik, S., Ahmad, S., Sadiq, A., Alam, K., Wariss, H.M., Ahmad, I., Hayat, Q.M., Anjum, S., & Mukhtar, M. (2015). A comparative ethno-botanical study of Cholistan (An arid area) and Pothwar (a semi-arid area) of Pakistan for traditional medicines. *Ethnobiology and Ethnomedicine*, *11*(31), 1-20.

18. Mosleh Arany, A., Zahedifar, N., Sovdaeizadeh, H., & Azimzadeh, H. R. (2018). The effect of salinity stress on some morphological and physiological characteristics of *Ammodendron persicum* conollyi. *Desert Management*, *5*(10), 57-67. (in Farsi)

19. Mosleh Arany, A., & Azimzadeh, H.R. (2015). Investigation of some ecological characteristic of *Salsola imbricata* in Tabas area. *Desert Ecosystem Engineering Journal*, *4*(7), 21-28. (in Farsi)

20. Panahi, F., Asareh, M.H., Jafary, M., Arzani, H., Tavili, A., Givar, A., Ghorbani, M., Attarha, J., & Jahandideh, Z. (2015). Effect of NaCl salinity on *Salsola tomentosa* in greenhouse conditions: growth parameters, water relations, compatible solutions and chlorophyll. *Desert Ecosystem Engineering Journal*, *4*(7), 65-74. (in Farsi)

21. Panahi, F., Asareh, M.H., Jafary, M., Givar, A., Arzani, H., Tavili, A., & Ghorbani, M. (2015). *Salsola orientalis* responses to salt stress. *Advanced Biological and biomedical Research*, *3*(2), 163-171.

22. Panahi, F., Assareh, M.H., Jafari, M., Jafari, A.A., Arzani, H., Tavili, A., & Zandi Esfahan, E. (2012). Phenological effects on forage quality of *Salsola arbuscula*, *Salsola orientalis* and *Salsola tomentosa* in Three Habitats in the Central Part of Iran, Middle-East. *Scientific Research*, *11*(6), 800-807.

23. Phogat, V., Pitt, T., Cox, J.W., Simunek, J., & Skewes, M.A. (2018). Soil water and salinity dynamics under sprinkler irrigated almond exposed to a varied salinity stress at different growth stages. *Agricultural Water Management*, *201*(7), 70-82.

24. Qasim, M., Gulzar, S., & Ajmal Khan, M. (2011). *Halophytes as medicinal plants*, chapter 21, Ozturk, M., Mermut, A.R., Celik, A. Urbanisation, Land Use, Land degradation and environment. Daya Publishing House, Karachi-75270, Pakistan.

25. SAS Institute, (2000). The SAS system for windows, release 8.0. statistical analysis systems institute, Carry, NC.

26. Sdouga, D., Ben Amor, F., Ghribi, S., Kabtni, S., Tebini, M., Branca, F., Trifi-Farah, N., & 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(6)*, 45-52.

27. Teimouri, A. & 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*. *Range and Desert Reseach*, *17*(1), 21-34. (in Farsi)

28. Xianzhao, L., Chunzhi, W., & Qing, S. (2013). Screening for salt tolerance in eight halophyte species from Yellow river delta at the two initial growth stages. *ISRN Agronomy*, *2013*(4), 1-8.

29. Zarinkamar, F. & Farkhah, A.S. (2005). Comparative studies between different aspects of the three halophyte speacies, *Salsola dendroides*, *Aeluropus lagopoides*, and *Alhagi persarum*. *Pajouhesh & Sazandegi*, 66, 50-66. (in Farsi)

30. Zhang, T., Zhang, Z., Li, Y., & 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.