



دانشگاه گسترده کشاورزی و منابع طبیعی گنجان

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

جلد بیست و هفتم، شماره سوم، ۱۳۹۹

۹۷-۱۱۳

<http://jopp.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jopp.2020.16589.2512

اثر گلاسیسین بتائین بر برخی خواص ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی *Salsola imbricata* L.

تحت تنش شوری

* رستم یزدانی بیوکی^۱، حمید سودایی‌زاده^۲ و میلاد دوست‌حسینی^۳

^۱استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران،

^۲عضو هیأت علمی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران،

^۳دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۲۷

چکیده

سابقه و هدف: شوری بعد از خشکی دومین عامل محیطی فراگیر و محدودکننده تولیدات کشاورزی است. گیاه *Salosola imbricata* L. از خانواده کنوپودیاسه به حالت بوته‌ای می‌روید. گلاسیسین بتائین معمول‌ترین محلول آلی سازگار می‌باشد و از بین بسیاری از ترکیبات آمونومی چهارظرفیتی شناخته شده، بیش‌ترین و فراوان‌ترین ترکیب در پاسخ به تنش‌هاست. این مطالعه به منظور بررسی و مقایسه برخی ویژگی‌های رشدی و آنزیمی گیاه شور با کاربرد گلاسیسین بتائین در پاسخ به سطوح مختلف تنش شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه به صورت فاکتوریل 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 چهار سطح شوری سه (شاهد)، ۱۰، ۳۰ و ۶۰ دسی‌زیمنس بر متر (منبع آب شور) و اثر گلاسیسین بتائین (عدم محلول‌پاشی و غلظت ۵۰ میلی‌مولار محلول‌پاشی) بر گونه شور انجام شد. در این آزمایش صفاتی از جمله طول ساقه و ریشه، نسبت طول ریشه به ساقه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، حجم ریشه، محتوای کلروفیل، قند محلول، میزان پرولین و پروتئین مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج بیانگر آن بود که افزایش شوری سبب کاهش معنی‌دار طول ساقه در هر دو تیمار کاربرد و عدم کاربرد گلاسیسین بتائین شد. بیش‌ترین و کم‌ترین طول ساقه به ترتیب در گیاهان تحت تیمار شوری سه دسی‌زیمنس بر متر با کاربرد گلاسیسین بتائین و تیمار ۶۰ دسی‌زیمنس و عدم مصرف گلاسیسین بتائین حاصل شد. در خصوص طول ریشه افزایش سطوح شوری از سه به ۶۰ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش معنی‌دار طول ریشه شد. کاربرد گلاسیسین بتائین نسبت به عدم کاربرد آن به جز در گیاهان تحت شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر در سایر تیمارها سبب اختلاف معنی‌دار طول ریشه نشد. نتایج نشان داد که گیاهان تیمار شده با گلاسیسین بتائین دارای نسبت طول ریشه به ساقه کم‌تری بودند، به طوری که کاربرد گلاسیسین بتائین سبب کاهش ۱۹/۲۳ درصد نسبت طول ریشه به ساقه شد. افزایش سطوح شوری سبب کاهش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی گیاه شد، به طوری که با افزایش شوری از سه به ۶۰ دسی‌زیمنس بر متر کاهش ۴۰/۸ درصدی در وزن خشک اندام هوایی مشاهده شد. نتایج بیانگر تأثیر

* مسئول مکاتبه: r.yazdani@areeo.ac.ir

معنی‌دار کاربرد گلاسیسین بتائین در افزایش وزن خشک اندام هوایی گیاه بود، به طوری که گلاسیسین بتائین سبب افزایش وزن خشک اندام هوایی گیاه به میزان ۴/۴۶ گرم در بوته شد. افزایش سطح شوری تا ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر تأثیری در میزان قند محلول نداشت، اما افزایش شوری تا سطح ۶۰ دسی‌زیمنس بر متر سبب افزایش ۳۱/۹۷ درصد معنی‌دار قند محلول نسبت به شوری سه دسی‌زیمنس بر متر شد. نتایج بیانگر آن بود که محتوای پرولین با مصرف گلاسیسین بتائین در تمامی سطوح تنش شوری نسبت به عدم کاربرد گلاسیسین بتائین کاهش یافت، به طوری که این کاهش تنها در سطوح ۳۰ و ۶۰ دسی‌زیمنس بر متر معنی‌دار بود.

نتیجه‌گیری: افزایش تنش شوری از سه به ۶۰ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش معنی‌دار طول ساقه و ریشه، نسبت طول ریشه به ساقه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه و حجم ریشه گیاه شد. کاربرد گلاسیسین بتائین نسبت به عدم کاربرد آن سبب افزایش طول ساقه و ریشه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه و حجم ریشه شد. افزایش شوری سبب افزایش قند محلول گیاه و مقدار پرولین گیاه شد. مقدار پرولین در تیمار عدم کاربرد گلاسیسین نسبت به کاربرد آن در هر یک از سطوح شوری دارای مقادیر بیش‌تری بود. به نظر می‌رسد در این مطالعه کاربرد گلاسیسین بتائین با بهبود ویژگی‌های رشدی گیاه سبب افزایش توان گیاه در مقابل تنش شوری شده است.

واژه‌های کلیدی: پرولین، قندهای محلول، کلروفیل، محلول‌پاشی، محلول‌های سازگار

مقدمه

تحمل دامنه گسترده‌ای از شرایط محیطی به‌ویژه شوری است. این گونه‌ها بومی، دائمی، پر تولید، متحمل به شوری بوده و در مناطق کویری و شوره‌زار پراکنش وسیعی دارند و تشکیل تپ می‌دهند (۲۵).

پاسخ دفاعی بسیاری از گیاهان به تنش شوری، کاهش رشد و محصول است، هم‌چنین قرار گرفتن طولانی‌مدت سلول‌های گیاهی در معرض شوری، تولید گونه‌های اکسیژن فعال^۱ را القا می‌کند که خود تخریب پروتئین‌ها، لیپیدهای غشایی، پراکسیداسیون لیپید و در نهایت مرگ سلول را در پی خواهد داشت (۷). در واقع در شرایط تنش شوری، گیاهان به حفظ پتانسیل پایین آب و حفظ آماس سلولی و جذب آب برای رشد نیاز دارند که مستلزم افزایش فعالیت اسمزی به‌وسیله جذب از محلول خاک یا سنتز محلول‌های سازگار می‌باشد (۳۲). محلول‌های سازگار شامل گروه متنوعی از ترکیباتی مانند یون‌ها، کربوهیدرات‌های

گسترش منابع آب و خاک شور در کشور استفاده از گیاهان هالوفیت را به‌عنوان منابع جدید به‌منظور تولید پایدار علوفه، روغن و پروتئین جهت تأمین نیاز تغذیه‌ای جمعیت رو به رشد کشور اجتناب‌ناپذیر نموده است (۳۰). یکی از هالوفیت‌های دارویی گونه شور (*Salsola imbricata* L.) می‌باشد.

Salsola imbricata L. گیاهی است از خانواده کنوبودیاسه که به‌صورت پایا و بوته‌ای به ارتفاع تا ۱۲۰ سانتی‌متر که در مکان‌های شور و شنی در سراسر بیابان گرم کشورهای گرمسیری شرق آفریقا، مرکز و جنوب ایران (طبس و ابرکوه)، پاکستان، جنوب و شرق افغانستان و شمال‌غربی هندوستان رشد می‌کند (۲۵). این گیاه برای درمان انواع مختلفی از بیماری‌های دستگاه گوارشی و ناراحتی‌های تنفسی مفید است، این گیاه در مصر به‌عنوان یک غذای خوب برای شتر مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۳). *Salsola imbricata* L. دارای تولید و توانایی

۱- ROS (reactive oxygen species) مولکول‌های کوچک بسیار فعالی‌اند که از احیای ناکامل اکسیژن حاصل می‌شوند.

در واقع هدف از انجام این آزمایش بررسی اثر محلول پاشی گلايسين بتائين بر برخی ویژگی‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی گونه شور تحت تأثیر تنش شوری و بررسی پاسخ گیاه به تیمار موردنظر بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ انجام گرفت. تیمارها شامل چهار سطح شوری سه (شاهد) ۱۰، ۳۰ و ۶۰ دسی‌زیمنس بر متر و اثر گلايسين بتائين (مارک مرک آلمان) (عدم محلول پاشی و غلظت ۵۰ میلی‌مولار محلول پاشی) بر گونه شور انجام شد (۱۲). جهت انجام آزمایش، توده بومی این گیاه از مناطق شهرستان طبس جمع‌آوری شد، سپس بذور به مدت ۲۴ ساعت در آب خیسانده و به مدت ۲۴ ساعت در پارچه کفنی خیس قرار داده شد و بعداً در داخل کیسه‌های پلاستیکی دو کیلویی کشت و با آب با شوری سه دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شد. وقتی سن نهال‌ها به یک ماه رسید، در گلخانه مرکز ملی تحقیقات شوری در گلخانه‌هایی با حجم ۲۱ کیلوگرم خاک منتقل (جدول ۱) و تیمارهای شوری بر گیاهان به مدت چهار ماه اعمال شد. جهت آماده‌سازی تیمارهای مختلف شوری از آب چاه مرکز ملی تحقیقات شوری به‌عنوان آب غیرشور و آب چشمه‌های کویر استان یزد با شوری ۵۰۰ دسی‌زیمنس استفاده شد، به این منظور قبل از آبیاری سطوح مختلف شوری با رقیق‌سازی آب شور تهیه و با توجه به نیاز آبیاری گلخانه‌ها استفاده شد (جدول ۲).

محلول شامل پلیئول‌ها (قندها، الکل‌ها)، اسیدهای آمینه (پرولین، اکوتین) و ترکیب‌های آمونوم چهارظرفیتی مانند گلايسين بتائين را در بر می‌گیرند (۱۰).

گلايسين بتائين معمول‌ترین محلول آلی سازگار می‌باشد که در ریزجانداران مختلف، گیاهان عالی و حیوانات وجود داشته و از بین بسیاری از ترکیبات آمونومی چهارظرفیتی شناخته شده، بیش‌ترین و فراوان‌ترین ترکیب در پاسخ به تنش‌هاست (۳۸). در شرایط تنش، گلايسين بتائين از منابع مهم نیتروژن در گیاه محسوب شده و موجب افزایش فعالیت فتوسنتزی از طریق افزایش تجمع کلروفیل‌ها، افزایش جذب CO₂، تسهیل انتقال الکترون، محافظت از فعالیت پروتئین‌ها و لیپیدهای غشا تیلاکوئیدی می‌شود (۳۷). کاربرد گلايسين بتائين سبب افزایش رشد، بهبود وزن خشک و فعالیت‌های بیوشیمی بسیاری از گونه‌های گیاهی تحت شرایط تنش شده است (۵). آب‌شناس (۲۰۱۷) با مطالعه گلايسين بتائين بر گیاه هالوفیت سالیکورنیا تحت سطوح مختلف شوری تأثیر مثبت گلايسين بتائين تحت تنش شوری را نشان داد (۱). هادی و کلانتر (۱۳۹۴) نیز نشان دادند که کاربرد گلايسين بتائين از طریق القای سازوکار تحمل، سبب افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی شده و در نتیجه عملکرد دانه کرچک را به‌علت کاهش آثار تنش نسبت به گیاهان شاهد افزایش داد (۱۲). به‌نظر می‌رسد با توجه به نقش مثبت گلايسين بتائين در افزایش مقاومت به تنش در گیاهان و هم‌چنین مقایسه عملکرد و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه شور در پاسخ به تنش شوری و کاربرد گلايسين بتائين، لازم است مطالعه‌ای جهت بهبود عملکرد و بررسی فعالیت‌های آنزیمی گونه شور (*S.imbricata* L.) تحت تنش شوری با کاربرد گلايسين بتائين انجام شود.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک محل آزمایش.

Table 1. Soil physico chemical characteristics of experimental location.

هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS.cm ⁻¹)	اسیدیته pH	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	فسفر (درصد) Phosphorus (%)	پتاسیم (درصد) Potassium (%)	شن (درصد) Sand (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	رس (درصد) Clay (%)
3.81	7.48	0.01	6.64	155	80.36	8.64	11

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب آبیاری.

Table 2. Chemical properties of irrigation water.

نسبت جذب سدیم SAR	SO ₄ ²⁻ (meq l ⁻¹)	Cl ⁻ (meq l ⁻¹)	K ⁺ (meq l ⁻¹)	Na ⁺ (meq l ⁻¹)	HCO ₃ ⁻ (meq l ⁻¹)	CO ₃ ²⁻ (meq l ⁻¹)	Mg ²⁺ (meq l ⁻¹)	Ca ²⁺ (meq l ⁻¹)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS m ⁻¹)	تیمار Treatment
3.9	9.75	17.31	0.1	11.74	2.89	0	8.42	9.7	8.05	3	منبع آب غیر شور Non-saline water resource
28.83	7.82	86.48	0.21	80.73	2.77	0	12.88	3.26	8.00	10	منبع آب شور رقیق شده 1/50 Diluted saline water resource 1/50

بدین منظور نمونه‌های اندام هوایی و ریشه به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد دستگاه آن قرار گرفتند و بعد از آن وزن خشک توسط ترازوی دیجیتال حساس ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد.

جهت اندازه‌گیری حجم ریشه پس از جدا کردن اندام هوایی و ریشه از یکدیگر و شست و شو ریشه، ریشه‌های هر تکرار در داخل استوانه مدرج با میزان آب مشخص گذاشته شدند، از روی تغییر حجم آب درون استوانه حجم ریشه بر حسب میلی‌لیتر اندازه‌گیری شد. در این آزمایش میزان کلروفیل از روش (۲۳)، قند محلول (۲۱)، پرولین (۳) و میزان پروتئین محلول کل به روش بردفورد (۴) اندازه‌گیری گردید. نوع دستگاه اسپکتوفوتومتر در این مطالعه analytikjena و ساخت کشور آلمان بود. تجزیه واریانس داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS Ver. 9.2 انجام شد. مقایسه میانگین با استفاده از آزمون LSD

ارزیابی شوری هر نوبت بعد از آبیاری که ۳۰ درصد زهکش داشت توسط کیف‌ها به شیشه هدایت و جمع‌آوری و بعد با دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد تا از حد ۱/۵ برابر شوری تجاوز نکند. اولین محلول‌پاشی گلاسیسین بتائین ۱۰ روز بعد از اعمال تنش انجام گرفت و سپس به فاصله یک هفته تا زمان برداشت محلول‌پاشی تکرار شد. برای این منظور گلاسیسین بتائین با آب کاملاً مخلوط شد و به وسیله سم‌پاش دستی به‌طور کامل روی بوته اسپری گردید، به‌گونه‌ای که سطوح اندام هوایی گیاه، ساقه و برگ به‌طور کامل پوشش داده شد (۳۵).

به‌منظور اندازه‌گیری طول ساقه و ریشه ابتدا از محل یقه ساقه و ریشه از هم جدا گردید، سپس نمونه‌ها با خط‌کش با دقت میلی‌متر اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاهان از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ استفاده شد.

ویژگی‌های مورد مطالعه به جز میزان پروتئین، قند محلول و محتوای کلروفیل معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر متقابل شوری و گلايسين بتائين به جز صفات نسبت طول ریشه به ساقه، وزن خشک اندام هوایی، حجم ریشه و قندهای محلول بر سایر صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود (جدول ۳).

در سطح احتمال ۵ درصد و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس بیانگر آن بود که اثر شوری بر تمامی صفات مورد مطالعه گیاه شور معنی‌دار بود (جدول ۳). هم‌چنین تأثیر گلايسين بتائين بر تمامی

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مختلف اثر شوری و گلايسين بتائين بر برخی ویژگی‌های *Salsola imbricata* L.

Table 3. Analysis of variance of salinity stress and glycine betaine effects on some characteristics of *Salsola imbricata* L.

میانگین مربعات Mean square						درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
حجم ریشه Root volume	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	نسبت طول ریشه به ساقه Root-shoot ratio	طول ریشه Root lenght	طول ساقه Stam lenght		
129.15**	7.24**	65.89**	0.01*	394.26**	403.31**	3	شوری Salinity
18.38*	1.79**	119.08**	0.14**	74.20**	2265.93**	1	گلايسين بتائين Glycine betaine
0.49 ^{ns}	0.09*	0.17 ^{ns}	0.004 ^{ns}	16.61*	48.67*	3	شوری × گلايسين بتائين Salinity×Glycine betaine
2.67	0.02	0.06	0.002	3.89	10.02	16	خطا Error
4.64	1.95	1.11	6.78	4.34	4.88		ضریب تغییرات (درصد) CV (%)
میانگین مربعات Mean square						درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
پروتئین Protein	پرولین Proline	قندهای محلول Soluble sugars	کلروفیل کل Total chlorophyll	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a Chlorophyll a		
88347.71**	1.84**	143137.04**	0.006**	0.0006**	0.003**	3	شوری Salinity
348.84 ^{ns}	0.90**	5321.39 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.0000 ^{ns}	0.000 ^{ns}	1	گلايسين بتائين Glycine betaine
29829.11**	0.25**	4258.21 ^{ns}	0.003**	0.0001**	0.002**	3	شوری × گلايسين بتائين Salinity×Glycine betaine
1004.10	0.01	16329.91	0.000	0.00001	0.000	16	خطا Error
2.22	2.89	10.72	5.97	4.37	6.44		ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

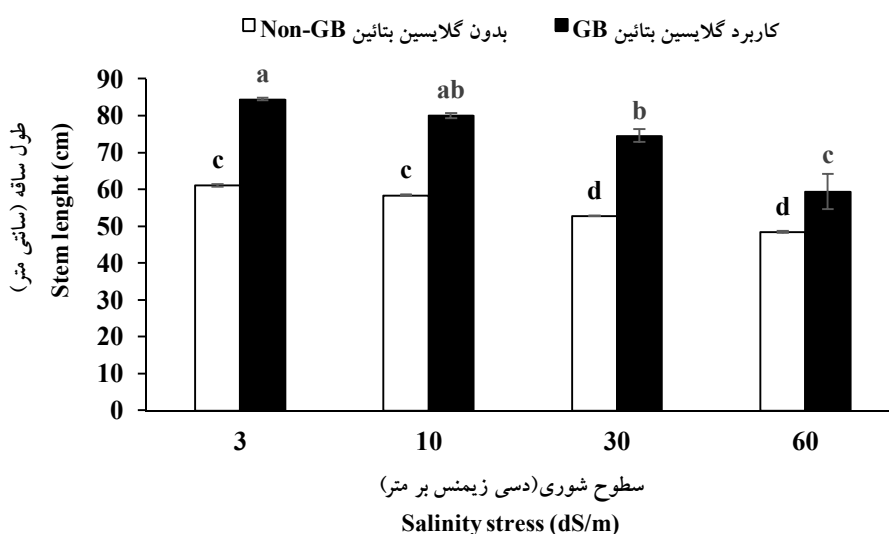
*, ** و ^{ns} به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵، ۰/۰۱ و عدم معنی‌داری.

*, ** and ^{ns} significant at the level 0.05, 0.01 and not significant, respectively.

۶۰ دسی‌زیمنس و عدم مصرف گلیسین بتائین حاصل شد (شکل ۱).

کاربرد گلیسین بتائین نسبت به عدم مصرف آن به ترتیب در سطوح شوری سه، ۱۰، ۳۰ و ۶۰ دسی‌زیمنس سبب افزایش ۳۸/۱۶، ۳۷/۰۳، ۴۱/۲۸ و ۲۲/۵۹ درصد در طول ساقه گیاه شد (شکل ۱).

طول ساقه و طول ریشه: نتایج مقایسه میانگین نشان داد که افزایش شوری سبب کاهش معنی‌دار طول ساقه در هر دو تیمار کاربرد و عدم کاربرد گلیسین بتائین شد (شکل ۱). بیش‌ترین و کم‌ترین طول ساقه به ترتیب در گیاهان تحت تیمار شوری سه دسی‌زیمنس بر متر با کاربرد گلیسین بتائین و تیمار



شکل ۱- تأثیر گلیسین بتائین بر طول ساقه گیاه شور (*Salsola imbricata* L.) در سطوح مختلف تنش شوری (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند).

Fig. 1. The effect of glycine betaine on stem length of *Salsola imbricata* L. in different levels of salinity stress (The means with at least one similar letter are not significantly differed based on LSD test at 5% probability level).

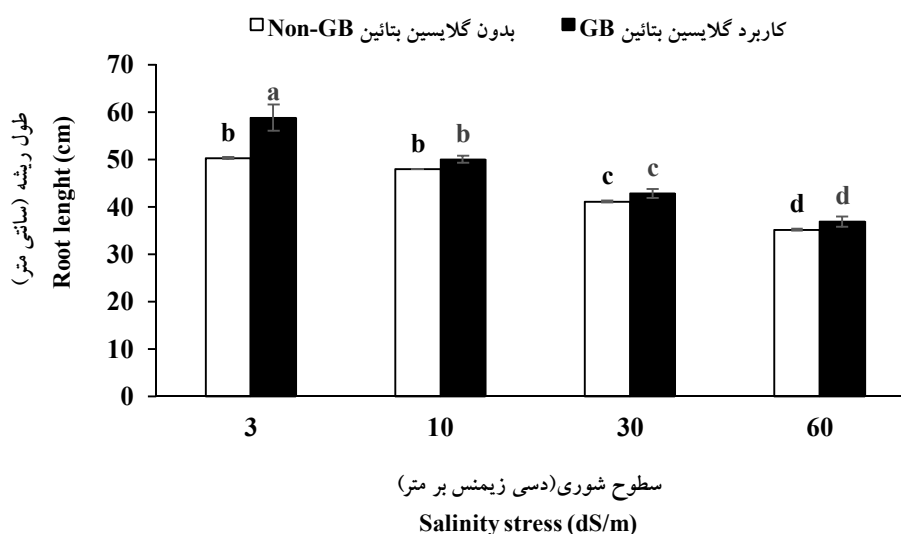
تمام گونه‌های مورد مطالعه با کاهش مواجه شد و دلیل آن را به کاهش جذب و انتقال مواد از ریشه به برگ نسبت دادند (۳۴). هم‌چنین زرین‌کمر و فرخ‌خواه (۲۰۰۵) در مطالعه گونه *S. dendroides* به این نتیجه رسیدند که طول ریشه و ساقه گیاه تحت تأثیر تنش شوری کاهش می‌یابد (۳۹). ژائو و همکاران (۲۰۱۷) محدودیت روزنه‌ای فتوسنتز را عامل مهمی در کاهش رشد هالوفیت‌ها در شرایط شور بیان کردند (۴۱).

در خصوص طول ریشه افزایش سطوح شوری از سه به ۶۰ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش معنی‌دار طول ریشه شد (شکل ۲). کاربرد گلیسین بتائین نسبت به عدم کاربرد آن به‌جز در گیاهان تحت شوری سه دسی‌زیمنس بر متر در سایر تیمارها سبب اختلاف معنی‌دار در طول ریشه گیاه نشد (شکل ۲).

تیموری و جعفری (۲۰۱۰) با بررسی سه گونه شور *S. dendroides*، *S. richteri*، *S. rigida* تحت سطوح مختلف شوری، نشان دادند که طول گیاه در

سلول‌های جدید دارد و گیاهان فقط در حالت آماس، قادر به تقسیم سلولی هستند، با ایجاد حالت آماس توسط گلیسین بتائین تقسیم سلولی افزایش پیدا کرده و رشد گیاه در حالت محلول‌پاشی این ماده را سبب شده است (۱۷). به نظر می‌رسد در این آزمایش گلیسین بتائین با افزایش آماس سلولی سبب افزایش رشد ساقه و ریشه شده است.

نقش گلیسین بتائین در کاهش اثرات منفی تنش بر روی گیاهان مختلف مانند پنبه (۱۱) و سورگوم (۱۷) و ذرت (۲۴) گزارش شده است. به‌طورکلی گلیسین بتائین در گیاهان باعث افزایش پتانسیل اسمزی شده و در نتیجه با جذب آب توسط گیاه آماس سلول‌ها افزایش پیدا می‌کند. از آن‌جا که رشد و نمو گیاهان بستگی به سرعت تولید و بزرگ شدن



شکل ۲- تأثیر گلیسین بتائین بر طول ریشه گیاه شور (*Salsola imbricata* L.) در سطوح مختلف تنش شوری (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند).

Fig. 2. The effect of glycine betaine on root length of *Salsola imbricata* L. in different levels of salinity stress (The means with at least one similar letter are not significantly differed based on LSD test at 5% probability level).

دسی‌زیمنس اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۴). تیموری و جعفری (۱۳۸۹) با بررسی تأثیر شوری بر سه گونه *Salsola*، کاهش رشد گیاه با افزایش شوری را گزارش کردند (۳۴).

نسبت طول ریشه به ساقه: افزایش شوری از ۳ به ۶۰ دسی‌زیمنس سبب کاهش معنی‌دار نسبت طول ریشه به ساقه شد، به‌طوری‌که سطوح شوری ۳ و ۱۰ دسی‌زیمنس و همچنین سطوح شوری ۳۰ و ۶۰

جدول ۴- مقایسات میانگین اثرات ساده سطوح مختلف شوری بر برخی ویژگی‌های گیاه شور (*Salsola imbricata* L.).

Table 4. Mean comparisons of simple effects of different levels of salinity stress on some characteristics of *Salsola imbricata* L.

قند محلول (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) Soluble sugars (mg per gr of dry weight)	حجم ریشه (سانتی‌مترمکعب) Root volume (Cm ³)	وزن خشک اندام هوایی (گرم در بوته) Shoot dry weight (gr per plant)	نسبت طول ریشه به ساقه Root-shoot ratio	سطوح مختلف تنش شوری Different levels of salinity stress
1066.78 ^b	40.33 ^a	26.40 ^a	0.76 ^{a*}	۳ دسی‌زیمنس بر متر 3 dS/m
1095.91 ^b	37.16 ^b	24.44 ^b	0.72 ^{ab}	۱۰ دسی‌زیمنس بر متر 10 dS/m
1197.59 ^b	33.83 ^c	21.87 ^c	0.67 ^b	۳۰ دسی‌زیمنس بر متر 30 dS/m
1407.93 ^a	29.50 ^d	18.74 ^d	0.67 ^b	۶۰ دسی‌زیمنس بر متر 60 dS/m

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

* The means with at least one similar letter are not significantly differed based on LSD test at 5% probability level.

نتایج نشان داد که گیاهان تیمار شده با گلیسین بتائین دارای نسبت طول ریشه به ساقه کم‌تری بودند، به طوری که کاربرد گلیسین بتائین سبب کاهش ۱۹/۲۳ درصد نسبت طول ریشه به ساقه شد (جدول ۴).
 به نظر می‌رسد در این مطالعه نقش گلیسین بتائین در افزایش و بزرگ شدن طول ساقه از طریق آماس سلولی بیش‌تر از گسترش طول ریشه بوده است (۱۷).

جدول ۵- مقایسات میانگین اثرات ساده تیمارهای گلیسین بتائین بر برخی ویژگی‌های گیاه شور (*Salsola imbricata* L.).

Table 5. Mean comparisons of simple effects of glycine betaine treatments on some characteristics of *Salsola imbricata* L.

حجم ریشه (سانتی‌مترمکعب) Root volume(Cm ³)	وزن خشک اندام هوایی (گرم در بوته) Shoot dry weight (gr per plant)	نسبت طول ریشه به ساقه Root-shoot ratio	تیمار گلیسین بتائین Glycine betaine (GB) treatment
34.33 ^b	20.63 ^b	0.78 ^{a*}	بدون گلیسین بتائین Non-GB
36.08 ^a	25.09 ^a	0.63 ^b	کاربرد گلیسین بتائین GB

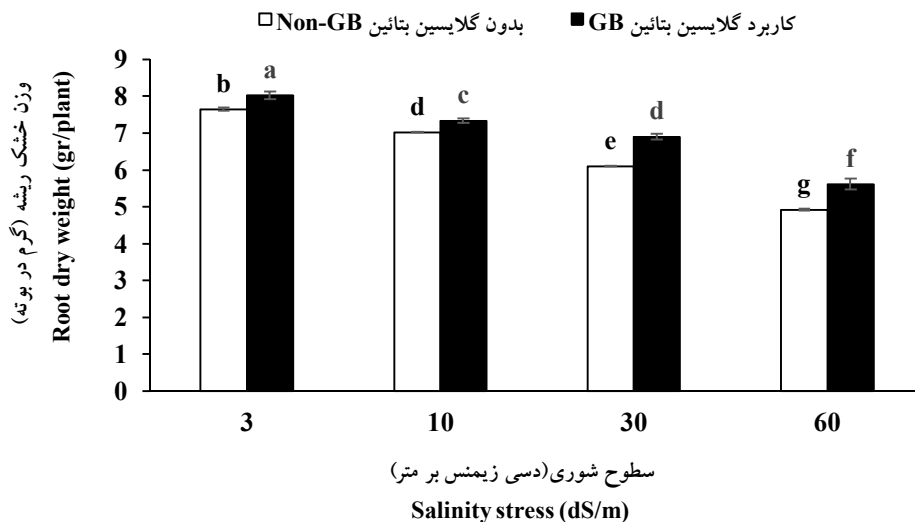
* میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند.

* The means with at least one similar letter are not significantly differed based on LSD test at 5% probability level.

نتایج بیانگر تأثیر معنی‌دار کاربرد گلیسین بتائین در افزایش وزن خشک اندام هوایی گیاه بود، به طوری که گلیسین بتائین سبب افزایش وزن خشک اندام هوایی گیاه به میزان ۴/۶۶ گرم در بوته شد (جدول ۵).
 وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه: افزایش سطوح شوری سبب کاهش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی گیاه شد، به طوری که با افزایش شوری از ۳ به ۶۰ دسی‌زیمنس بر متر کاهش ۴۰/۸ درصدی در وزن خشک اندام هوایی مشاهده شد (جدول ۴).

خشک ریشه شد به طوری این افزایش به ترتیب در سطوح ۳، ۱۰، ۳۰ و ۶۰ دسی زیمنس بر متر برابر با ۰/۳۶، ۰/۳۲، ۰/۸۱ و ۰/۶۹ گرم در بوته بود (شکل ۳).

افزایش تنش شوری سبب کاهش معنی دار وزن خشک ریشه در هر دو تیمار گلیسین بتائین شد (شکل ۳). کاربرد گلیسین بتائین در همه سطوح شوری سبب افزایش معنی دار وزن



شکل ۳- تأثیر گلیسین بتائین بر وزن خشک ریشه گیاه شور (*Salsola imbricata* L.) در سطوح مختلف تنش شوری (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی دار ندارند).

Fig. 3. The effect of glycine betaine on root dry weight of *Salsola imbricata* L. in different levels of salinity stress (The means with at least one similar letter are not significantly differed based on LSD test at 5% probability level).

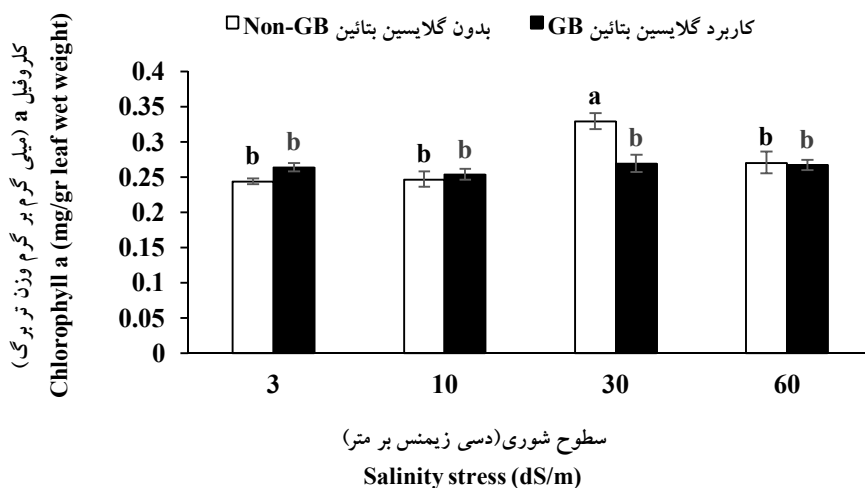
تیمار شده با ۶۰ دسی زیمنس بر متر سبب کاهش ۲۶/۸۵ درصد حجم ریشه شد (جدول ۴).

کاربرد گلیسین بتائین سبب افزایش حجم ریشه به میزان ۵/۰۹ درصد نسبت به عدم کاربرد گلیسین بتائین شد (جدول ۵). به طور کلی در تنش شوری با بسته شدن روزنه‌ها و کاهش ورود CO₂ به کلروپلاست سلول‌های مزوفیل برگ، فتوسنتز کاهش یافته و در نهایت منجر به کاهش تخصیص مواد فتوسنتزی به ریشه‌ها شده که این رخداد، کاهش ویژگی‌های ریخت‌شناسی ریشه را به دنبال خواهد داشت (۱۵). هم‌چنان که شوری وزن خشک ریشه را در گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) (۲۶)، وزن تر ریشه را در گیاه دارویی مورد (*Myrtus communis*) (۳۶) هم‌چنین حجم ریشه را در گیاه دارویی گل تکمه‌ای (*Gomphrena globose* L.) (۱۸) کاهش داد.

زرین‌کمر و فرخواه (۲۰۰۵) در مطالعه گونه *Salsola dendroides* به این نتیجه رسیدند که وزن خشک گیاه تحت تأثیر تنش شوری کاهش یافت (۳۹). تیموری و جعفری (۲۰۱۰) با بررسی تأثیر شوری بر سه گونه سالسولا به این نتیجه رسیدند که افزایش شوری تا سطح ۲۲۲ میلی‌مولار کلرید سدیم اثر معنی‌داری بر وزن خشک اندام هوایی *S. richteri* نداشت، ولی وزن خشک اندام هوایی گیاه *S. rigida* تا سطح شوری ۲۲۲ میلی‌مولار کلرید سدیم افزایش یافت و از آن سطح به بعد روند کاهشی داشت و در گیاه *S. dendroides* تا سطح شوری ۲۲۲ میلی‌مولار کلرید سدیم افزایش وزن خشک اندام هوایی دیده شد و از سطح شوری ۳۲۲ میلی‌مولار کلرید سدیم به بعد روند کاهشی مشاهده شد (۳۴).

حجم ریشه: افزایش تنش شوری به طور معنی‌داری سبب کاهش حجم ریشه گیاه شد، به طوری که گیاهان

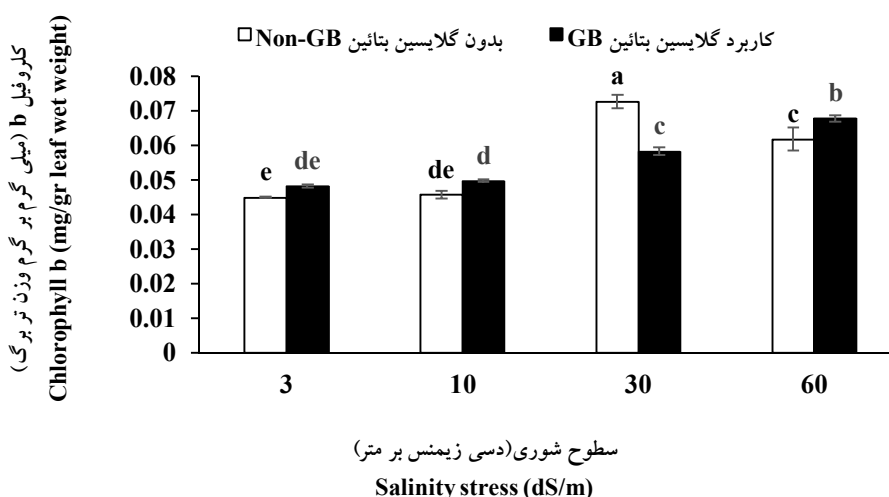
کلروفیل a: محتوای کلروفیل a در گیاهان تحت دسی‌زیمنس بر متر در حالت بدون کاربرد گلیسین بتاین تیمار تمامی سطوح تنش شوری به‌جز تیمار ۳۰ بتاین تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (شکل ۴).



شکل ۴- تأثیر گلیسین بتاین بر کلروفیل a گیاه شور (*Salsola imbricata* L.) در سطوح مختلف تنش شوری (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند).

Fig. 4. The effect of glycine betaine on chlorophyll a of *Salsola imbricata* L. in different levels of salinity stress (The means with at least one similar letter are not significantly differed based on LSD test at 5% probability level).

کلروفیل b: بیش‌ترین و کم‌ترین میزان کلروفیل b با بدون کاربرد گلیسین بتاین و تیمار سه دسی‌زیمنس اختلاف ۷۵ درصد به‌ترتیب در تیمار ۳۰ دسی‌زیمنس بدون محلول‌پاشی تیمار مشاهده شد (شکل ۵).

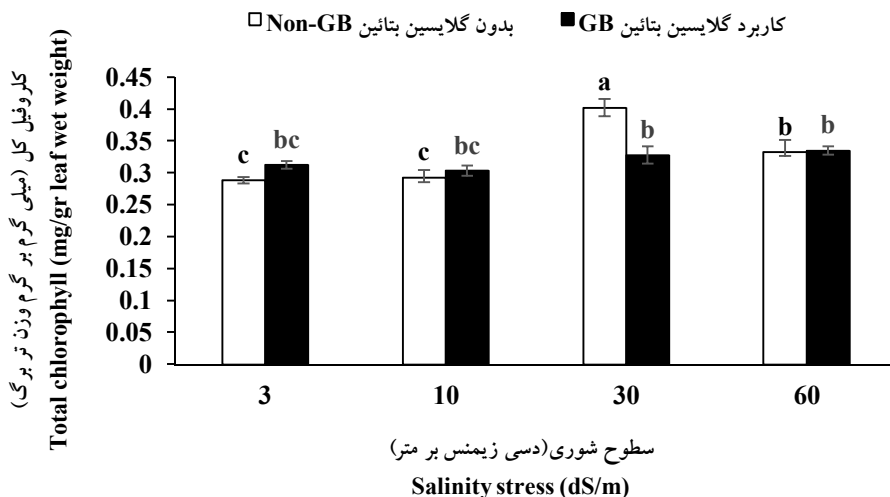


شکل ۵- تأثیر گلیسین بتاین بر کلروفیل b گیاه شور (*Salsola imbricata* L.) در سطوح مختلف تنش شوری (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند).

Fig. 5. The effect of glycine betaine on chlorophyll b of *Salsola imbricata* L. in different levels of salinity stress (The means with at least one similar letter are not significantly differed based on LSD test at 5% probability level).

۳۰ دسی‌زیمنس بدون کاربرد گلیسین، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (شکل ۶).

کلروفیل کل: کلروفیل کل گیاه نیز همانند کلروفیل a و b در همه سطوح شوری مورد بررسی به جز تنش



شکل ۶- تأثیر گلیسین بتائین بر کلروفیل کل گیاه شور (*Salsola imbricata* L.) در سطوح مختلف تنش شوری (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند).

Fig. 6. The effect of glycine betaine on total chlorophyll of *Salsola imbricata* L. in different levels of salinity stress (The means with at least one similar letter are not significantly differed based on LSD test at 5% probability level).

میزان کلروفیل در تنش ۵۰۰ میلی‌مولار را به‌علت ویژگی ژنتیکی خرفه نسبت دادند (۲ و ۴۰). در واقع غلظت کلروفیل به‌عنوان یک شاخص برای ارزیابی قدرت منع شناخته می‌شود، زیرا غلظت کلروفیل برگ‌ها یکی از عوامل کلیدی در تعیین سرعت فتوسنتز می‌باشد (۹). تغییرات سطوح شوری سبب تغییر در آسیمیلاسیون و تولید کلروفیل می‌شود. اثرات شوری بر میزان فتوسنتزی بستگی به گونه گیاهی دارد. گزارش‌هایی وجود دارد که به محض اعمال تنش شوری فتوسنتز متوقف می‌شود، هم‌چنین گزارش شده که فتوسنتز در شرایط تنش شوری در برخی موارد کاهش نمی‌یابد بلکه حتی در غلظت‌هایی از نمک تحریک نیز می‌شود، به‌عنوان مثال در برگ‌های خارشر غلظت‌های پایین نمک (۵۰ میلی‌مول NaCl) سرعت آسیمیلاسیون CO₂ را افزایش می‌دهد اما در غلظت ۱۰۰ میلی‌مول NaCl به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر قرار نمی‌گیرد و در غلظت

به‌طورکلی کاهش در رنگدانه‌های فتوسنتزی گیاهان تحت شرایط شوری عموماً در اثر جلوگیری از بیوسنتز و یا تجزیه آن‌ها صورت می‌پذیرد (۲۰). تخریب مولکولی کلروفیل‌ها در گیاهان تحت شرایط تنش می‌تواند به‌علت جدا شدن زنجیره فیتولی از حلقه پورفیرین در اثر تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن و یا فعالیت آنزیم کلروفیلاز در شرایط تنش باشد (۲۴) در همین راستا کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی در مرزنجوش (*Origanum majorana* L.)، (۳۳) نیز مشاهده گردید. عنافجه و همکاران (۲۰۱۷) با مطالعه اثر سطوح تنش شوری ۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بر رشد، تنظیم‌کننده‌های اسمزی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه شورپسند خرفه ساحلی گزارش کردند که میزان کلروفیل تا سطح شوری ۵۰۰ میلی‌مولار افزایش یافت و سپس با افزایش شوری به سطح ۷۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم از میزان کلروفیل کاسته شد، در واقع آن‌ها افزایش

شوری تا سطح ۶۰ دسی‌زیمنس بر متر سبب افزایش ۳۱/۹۷ درصد معنی‌دار قند محلول نسبت به شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر شد (جدول ۴).

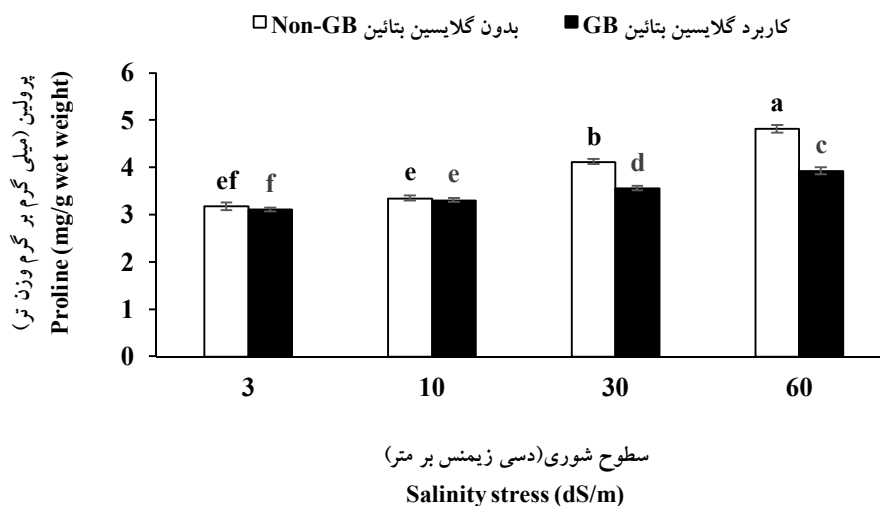
گیاهان برای مقابله با تنش شوری نیاز به تطابق اسمزی دارند. برای رسیدن به این منظور مولکول‌هایی قابل حل و سازگار در سلول سنتز می‌شوند که به‌عنوان اسمولیت و محافظ اسمزی عمل می‌نمایند. این مولکول‌ها موجب پایین آوردن فشار اسمزی درون سلول شده و به جذب آب درون سلول کمک می‌نمایند. همچنین هم‌ایستایی یون را درون سلول حفظ نموده و ترکیبات داخل آن سلول را در هنگام تنش کم‌آبی محافظت می‌نمایند (۱۹).

پرولین: نتایج بیانگر آن بود که محتوای پرولین با مصرف گلیسین بتائین در تمامی سطوح تنش شوری نسبت به عدم کاربرد گلیسین بتائین کاهش یافت، به‌طوری‌که این کاهش تنها در سطوح ۳۰ و ۶۰ دسی‌زیمنس بر متر معنی‌دار بود (شکل ۷).

۲۰۰ میلی‌مول NaCl سرعت آسمیلاسیون در مقایسه با شاهد ۶۰ درصد کاهش یافت. در گیاهان متحمل به تنش شوری مانند تاج‌خروس، ارزن مرواریدی و خردل، با افزایش تنش شوری میزان کلروفیل برگ افزایش یافت (۸). به‌نظر می‌رسد با توجه به ماهیت گیاه مورد پژوهش در این مطالعه، افزایش تنش شوری تأثیر چندانی بر کاهش رنگیزه‌های کلروفیلی نداشته است، ظاهراً با توجه به فعالیت اسمزی سلول و نقش گیاه در تولید ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مانع از بین رفتن محتوای کلروفیلی گیاه شده است (۲۱).

در این آزمایش نقش گلیسین بتائین به‌جز سطح شوری ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر در سایر تیمارهای شوری تأثیر معنی‌داری بر محتوای کلروفیل گیاه نداشته است، به‌نظر می‌رسد می‌توان افزایش جزئی محتوای کلروفیل با کاربرد گلیسین بتائین را به سبب نقش گلیسین بتائین در افزایش پیش ماده ساخت کلروفیل نسبت داد (۱۶).

قند محلول: افزایش سطح شوری تا ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر تأثیری در میزان قند محلول نداشت، اما افزایش



شکل ۷- تأثیر گلیسین بتائین بر پرولین گیاه شور (*Salsola imbricata* L.) در سطوح مختلف تنش شوری (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند).

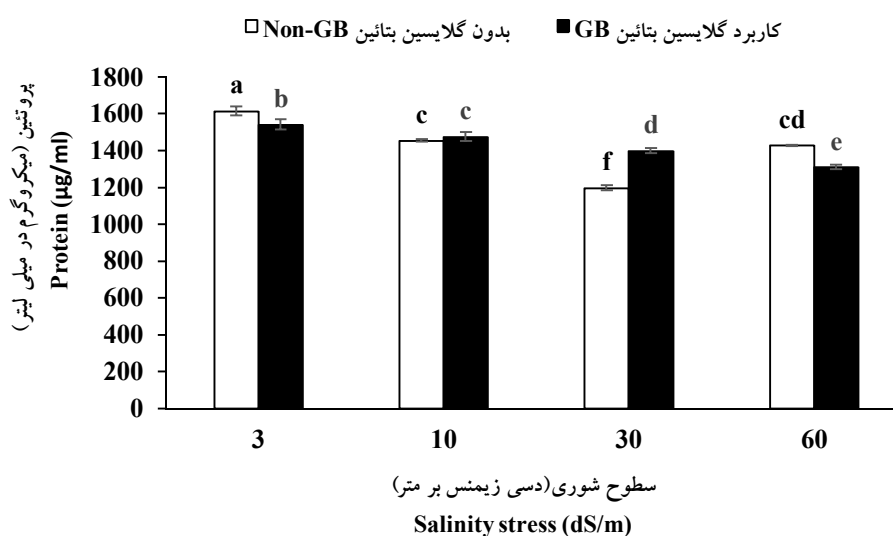
Fig. 7. The effect of glycine betaine on proline of *Salsola imbricata* L. in different levels of salinity stress (The means with at least one similar letter are not significantly differed based on LSD test at 5% probability level).

محیطی را ندارند. البته امکان القای این مواد از جمله گلیسین بتائین به این گیاهان وجود دارد (۳۱). نتایج مثبت محلولپاشی گلیسین بتائین در افزایش میزان پروتئین را می‌توان به دخالت این ماده در افزایش داخلی پیش‌ماده ساخت پروتئین (گلوتامات) نسبت داد (۲۹).

پروتئین: افزایش تنش شوری سبب کاهش میزان پروتئین در تیمار کاربرد گلیسین بتائین و عدم کاربرد گلیسین بتائین تا تیمار ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر شد به طوری که بیش‌ترین و کم‌ترین میزان پروتئین به ترتیب در شوری ۳ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر در تیمار عدم کاربرد گلیسین بتائین مشاهده شد (شکل ۸).

پروتئین یکی از اسمولیت‌هایی می‌باشد که به‌عنوان یک ماده اسمززا، به تنظیم اسمزی و حفاظت از ساختارهای درون سلول کمک می‌کند، به طوری که در برخی گزارش‌ها یک همبستگی مثبت بین تجمع پروتئین و مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی نشان داده شده است (۱۶). افزایش میزان پروتئین در شرایط تنش ممکن است به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های مسئول ساخت این ماده، کاهش تبدیل اکسیداسیونی پروتئین به گلوتامات و یا کاهش میزان مصرف پروتئین در فرایند ساختن پروتئین‌ها باشد.

پژوهش‌های مختلف نشان‌دهنده این مطلب است که تمامی گیاهان توانایی تجمع محلول‌های سازگار جهت کاهش اثرات زیان‌بار استرس‌های غیرزنده



شکل ۸- تأثیر گلیسین بتائین بر پروتئین گیاه شور (*Salsola imbricata* L.) در سطوح مختلف تنش شوری (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند).

Fig. 8. The effect of glycine betaine on protein of *Salsola imbricata* L. in different levels of salinity stress (The means with at least one similar letter are not significantly differed based on LSD test at 5% probability level).

فعالیت آنزیم نیتريت ريداكتاز و گلوتامین سنتتاز و گلوامین ۲- اگزالوگلو تارات آمینوترانسفراز در اثر تنش شوری باشد (۵). کاهش پروتئین محلول کل نیز در مرزه (*Satureja hortensis* L.) گزارش شده است

یکی از اثرات شوری، کاهش تولید پروتئین است، این اثرات منفی شامل تخریب مکانیسم mRNA های رونویسی و ترجمه می‌باشد. همچنین کاهش در محتوای پروتئین محلول می‌تواند به دلیل کاهش

کل، قندهای محلول، پرولین و پروتئین) گیاه *Salsola imbricata* L. معنی‌دار بود. هم‌چنین نتایج اثرات ساده کاربرد گلايسين بتائين بر همه صفات مورد بررسی به‌جز محتوای کلروفیل، قند محلول و پروتئین معنی‌دار بود. اثر متقابل شوری و گلايسين بتائين تنها بر صفات نسبت طول ریشه به ساقه، وزن خشک اندام هوایی، حجم ریشه و قندهای محلول گیاه معنی‌دار بود. افزایش تنش شوری از ۳ به ۶۰ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش معنی‌دار طول ساقه و ریشه، نسبت طول ریشه به ساقه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه و حجم ریشه گیاه شد. کاربرد گلايسين بتائين نسبت به عدم کاربرد آن سبب افزایش طول ساقه و ریشه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه و حجم ریشه شد. افزایش شوری سبب افزایش قند محلول گیاه و مقدار پرولین گیاه شد. مقدار پرولین در تیمار عدم کاربرد گلايسين نسبت به کاربرد آن در هر یک از سطوح شوری دارای مقادیر بیش‌تری بود. به‌نظر می‌رسد در این مطالعه کاربرد گلايسين بتائين با بهبود ویژگی‌های رشدی گیاه سبب افزایش توان گیاه در مقابل تنش شوری شده است. در واقع در این پژوهش گلايسين بتائين تا حدودی بر روی صفات کیفی از جمله کلروفیل تأثیر مثبت داشته و در ادامه با افزایش محتوای کلروفیل میزان رشد را در شرایط تنش شوری بهبود بخشیده است و یا در تیمار تنش شوری ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر تا حدودی افزایش میزان پروتئین را نسبت به عدم کاربرد گلايسين بتائين سبب گردیده است. اما در کل با توجه به این‌که همه گیاهان امکان تولید و تجمع این ماده را ندارند با کاربرد خارجی این ماده، سطح گلايسين بتائين در گیاه افزایش یافته و در نهایت این ماده به‌عنوان اسمولیت نقش حفاظتی خود را ایفا نموده، بنابراین نیازی به تغییر میزان دیگر صفات کیفی مانند پرولین نیست.

(۲۸). هر چند که در آزمایش حاضر افزایش شوری تا ۶۰ دسی‌زیمنس بر متر سبب افزایش میزان پروتئین شد به‌نظر می‌رسد با توجه به نقش قندهای محلول در تجمع میزان پروتئین در این مطالعه افزایش میزان قند محلول در شوری ۶۰ دسی‌زیمنس بر متر (شکل ۱۳) سبب افزایش میزان پروتئین شده است. شواهد قابل‌ملاحظه‌ای وجود دارد که سطوح بالای پرولین می‌تواند ساختار و فعالیت پروتئین را حفظ کند، تجزیه آنزیم را کاهش دهد و پروتئین‌ها و غشاهای آزاد و آسیب ناشی از غیرفعال سازی رادیکال‌های آزاد و گونه‌های شیمیایی واکنش‌پذیر دیگر حفظ کند (۱۶). به‌نظر می‌رسد با توجه به افزایش میزان پرولین در تیمار ۶۰ دسی‌زیمنس بر متر یکی از علل حفظ ساختار پروتئینی و افزایش میزان پروتئین در این سطح شوری باشد.

گلايسين بتائين به‌عنوان یک تعدیل‌کننده اسمزی در سیتوپلاسم در شرایط خشکی ناشی از تنش شوری موجب ثبات در آنزیم‌ها و پروتئین‌ها می‌شود. افزایش میزان پروتئین‌ها در تیمارهای ۱۰ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر در این پژوهش می‌تواند به کاربرد گلايسين بتائين در افزایش تولید قندهای محلول نسبت داد. به‌طورکلی با افزایش تنش شوری و به دنبال آن با کمبود آب، گروه‌های هیدروکسیل قندها جایگزین آب غشاهای پروتئین‌ها می‌شود تا واکنش آبدوستی در طی از دست دادن آب حفظ شود، در این راهکار قندها با پروتئین‌ها و غشاء پیوند هیدروژنی تشکیل می‌دهند و از تغییر شکل آن‌ها جلوگیری می‌کنند (۲۲).

نتیجه‌گیری

نتایج اثرات ساده بیانگر آن بود که سطوح مختلف شوری بر تمامی صفات مورد مطالعه (طول ساقه و ریشه، نسبت طول ریشه به ساقه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، حجم ریشه، کلروفیل a, b و

منابع

1. Abshenas, M. 2017. The effect of nitrate potassium and glycinbetain spraying on morphological and physiological *Salicornia (Salicornia persica)* under salinity stress. MSc dissertation. Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. (In Persian)
2. Anafjeh, E., Salehi Salmi, M., Daneshvar, M. and Meratan, A. 2017. Effect of salinity stress on growth, proline content and antioxidant enzymes activity in the halophyte *Sesuvium Portulacastrum* L. J. Plant Proc. Func. 6: 21. 267-278.
3. Bates, L., Waldren, R.P. and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil. 39: 205-207.
4. Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Ann. Rev. Biochem. 72: 248-254.
5. Dawood, M.G. and Sadak, M.Sh. 2014. Physiological role of glycinebetaine in alleviating the deleterious effects of drought stress on canola plants (*Brassica napus* L.). Middle East J. Agric. Res. 3: 4. 943-954.
6. Dolatabadian, A., Modares Sanavi, S.A.M. and Sharifi, M. 2009. The effect of foliar feeding with ascorbic acid on antioxidant enzymes activities, proline and lipid peroxidation in rapeseed under salt stress. J. Sci. Technol. Agric. Natur. Res. 13: 611-620. (In Persian)
7. Eskandari, H., Ehsanpour, A.A. and Al Mansour, N. 2018. The effect of Rosmarinic acid on glycine betaine, carbohydrate and protein pattern changes of potato (*Solanum tuberosum* L.) callus under in vitro condition. J. Plant Biol. 10: 2. 1-18. (In Persian)
8. Galeshi, S. 2016. The effect of environmental stresses (drought, salinity, heat, flooding) on plants. Gorgan Uni Agric. Nat. Resourc. Press, 388p. (In Persian)
9. Ghosh, P.K., Ajay, K.K., Bandyopadhyay, M.C., Manna, K.G., Mandal, A.K. and Misra, K.M.H. 2004. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping systems in vertisols of semi-arid tropics. II. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. Bioresour. Technol. 95: 85-93.
10. Gorham, J., Bridges, J., Jokinen, K. and Tiihonen, K. 1998. Exogenously-applied glycine betaine is not rapidly retranslocated in cotton. Proceedings of the World Cotton Research Conference-2. Athens, Greece, pp. 628-631.
11. Gorham, J., Jokinen, K., Malik, M.N.A. and Khan, I.A. 2000. Glycine betaine treatment improves cotton yields in field trials in Pakistan. Proceedings of the World Cotton Research Conference II, Athens, Greece. pp. 624-627.
12. Hadi, H. and Kalantar, A. 2015. Effects of mycorrhizal symbiosis, application of super absorbant gel, glycine-betain and sugar beet extract on physiological traits and seed yield of castor bean (*Ricinus communis* L.) in drought stress conditions. Iran. J. Crop Sci. 17: 3. 236-250. (In Persian)
13. Hamed, A.I., Masullo, M., Sheded, M.G., Mahalel, U.A., Tawfik, M.M., Perrone, A. and Piacente, S. 2011. Triterpene saponins from *Salsola imbricata* L. Phytochem Lett. 4: 353-356.
14. Hopkins, W.G. 1999. Introduction to plant physiology. University of Tehran Prees. 4th Edition. 1. (In Persian)
15. Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H. and Ismaili, A. 2016. Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Photosynthetica. 54: 1. 87-92. (In Persian)
16. Jamil, A., Riaz, S., Ashraf, M. and Foolad, M.R. 2011. Gene expression profiling of plants under salt stress. Crit. Rev. Plant Sci. 30: 5. 435-458.
17. Kadkhodaie, H., Sodaiezadeh, H. and Mosleharani, A. 2014. The effects of exogenous application of glycine betain on growth and some physiological characteristics of *Brossica napus* under drought stress in field condition. Des. Ecosys. Engin. J. 3: 4.79-90. (In Persian)

18. Kamali, M., Shoor, M., Goldani, M., Selahvarzi, Y. and Tehranifar, A. 2012. Interaction Effect of Irrigation with Saline water and CO₂ Enrichment on some Morphophysiological Characteristics of (*Gomphrena globosa* L.). J. Water Soil. 25: 6. 1457-1467. (In Persian)
19. Katsuhara, M., Chung, G.C., Sakurai, J., Murai, M., Izumi, Y. and Tsumuki, H. 2007. Low temperature and aquaporins, a molecular mechanism of water transport. Cryobiology and Cryotechnology. 53: 21-32.
20. Khan, M.A. and Gul, B. 2006. B. Halophyte seed germination. In: Khan M.A.; Weber, D.J., Eds., Eco-physiology of High Salinity Tolerant Plants, Springer, Netherlands, pp. 11-30.
21. Kochert, G. 1978. Carbohydrate determination by the phenol sulfuric acid method in: Helebust, J.A. and Craig, S. (Ed): Hand book of phycologia and Biochemical Methods, London: Cambridge University Press, pp. 95-97.
22. Leopold, A.C., Sun, W.Q. and Bernal-lugo, L. 1994. The glassy state in seeds: analysis and function. Seed Sci. Res. 4: 267-274.
23. Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids pigments photosynthetic membranes. Methods Enzymol. 148: 350-382.
24. Miri, H.R. and Zamani Moghadam, A. 2014. The Effect of External Usage of Glycine Betaine on Corn (*Zea mays* L.) in Drought Condition. J. Field Crops Res. 12: 4. 704-717. (In Persian)
25. Mosleh Arany, A. and Azimzadeh, H.R. 2015. Investigation of some ecological characteristic of *Salsola imbricata* L. in Tabas area. D.E.E. J. 4: 7. 21-28. (In Persian)
26. Noorali, E., Nadian, H., Jafari, S. and Heidari, M. 2018. Effect of salinity and cadmium on some micronutrient growth and micronutrients absorption by coriander (*Coriandrum sativum* L.). 11: 3. 737-748. (In Persian)
27. Parvaiz, A. and Satyawati, S. 2008. Salt stress and phyto-biochemical responses of plants. Plant Soil Environ. 54: 89-99.
28. Pazoki, A. and Niki Esfahlan, E. 2016. The Effect of Ascorbate and Gibberellin on Non-Enzymatic Mechanisms of Satureja (*Satureja hortensis* L.) in Salinity Conditions. 9: 3. 291-301. (In Persian)
29. Poorazizi, E. and Mirjalili, S.A. 2016. Plant Biochemistry. Institute of Applied Science Technology Jahad Daneshgahi Publication. 228p. (In Persian)
30. Ranjbar, G.H., Pirasteh-Anisheh, H., Banakar, M.H. and Miri, H.R. 2018. A review on halophytes researches in Iran: explanation of challenges and solutions. J. Plant Physiol. 10: 32. 117-129. (In Persian)
31. Rezaei, M.A. 2010. Effects of exogenous glycine betaine on morphophysiological characteristics and yield of soybean (*Glycine max* L.). J. Plant Sci. Res. 17: 1. 44-54. (In Persian)
32. Roy, S.J., Negrao, S. and Tester, M. 2014. Salt resistant crop plants. Curr. Opin. Biotechnol. 26: 115-124.
33. Selahvarzi, Y., Goldani, M., Nabati, J. and Alirezaei, M. 2011. The effects of ascorbic acid on some changes physio-chemical (*Origanum majorana* L.) under salinity stress. J. Hort. Sci. 42: 2. 159-167. (In Persian)
34. 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*. J. Range Des. Res. 17: 1. 21-34. (In Persian)
35. Vadizadeh, P., Sarajoughi, M. and Mir-Taheri, S.M. 2017. Study of salicylic acid and glycine effect on some agronomic traits of alfalfa under wet stress conditions. J. Agron. Plant Breed. 13: 2. 2-14.
36. Vafadar, Z., Rahimmalek, M., Sabzalian, M.R. and Nikbakht, A. 2018. Effect of salt stress and harvesting time on morphological and physiological characteristics of Myrtle (*Myrthus communis*). J. Plant Proc. Func. 7: 23. 33-46. (In Persian)

37. William, W.P., Brain, A.P.R. and Dominy, P.J. 1992. Induction of non-bilayer lipid phase separation in chloroplast thylakoid membranes by compatible solutes and its relation to the thermal stability of photosystem II. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1099: 137-141.
38. Yang, W.J., Rich, P.J., Axtell, J.D., Wood, K.V., Bonham, C.C., Ejeta, G., Mickelbart, M.V. and Rhodes, D. 2003. Genotypic variation for glycinebetaine in sorghum. *Crop Sci*. 43: 162-169.
39. Zarinkamar, F. and Farkhah, A.S. 2005. Comparative studies between different aspects of the three halophyte species, *Salsola dendroides*, *Aeluropus lagopoides* and *Alhagi persarum*. *Pajouhesh and Sazandegi*. 66: 50-66. (In Persian)
40. Zeng, H.C., Deng, L.H. and Zhang, C.F. 2006. Cloning of salt tolerance-related cDNAs from the mangrove plant, *Sesuvium portulacastrum* L. *J. Int. Plant Biol*. 48: 952-957.
41. Zhao, L., Yang, Z., Guo, Q., Mao, S., Li, S., Sun, F., Wang, H. and Yang, C. 2017. Transcriptomic profiling and physiological responses of halophyte *Kochia sieversiana* Provide Insights into salt tolerance. *Front. Plant Sci*. 24: 1-13.

