نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال یازدهم، شماره ۴۴، زمستان ۱۳۹۵ / صفحات: ۹-۱

اثر خاک‌های سه منطقه شور بر برخی پارامترهای رشدی و بیوشیمیایی گیاه *Halocnemum strobilaceum* (مطالعه موردی: حاشیه جنوب شرقی دریاچه ارومیه)

نادر احدی، لطیفه پوراکبر*

گروه زیست شناسی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۹/٦ تاریخ پذیرش:۹۵/۱۲/۱۵

چکیده

شوری خاک در تمام دنیا رو به گسترش بوده و یکی از مهم ترین چالش‌ها برای کشاورزی در جهان محسوب می‌شود. تحقیقات نشان داده است که خاک‌های شور رشد گیاهان را محدود می سازد. گیاه *Halocnemum strobilaceum* از خانواده کنوپودیاسه و شورپسند است که با خشک شدن دریاچه ارومیه جزء گیاهان رشد یافته در خاک‌های شور این منطقه می‌باشد. این تحقیق به منظور بررسی تاثیر خاک‌های شور بر فاکتورهای رشد و اسمولیت‌های گیاه *H.strobilaceum* در سه منطقه (چیپقلو، تپه باستانی چهاربرج و صحراجن) حاشیه جنوب شرقی دریاچه ارومیه بود. نمونه‌های گیاهی *H. strobilaceum* از سه منطقه مورد مطالعه همراه با خاک نمونه‌برداری شد. خاک منطقه و گیاه مورد نظر جهت آنالیز و بررسی برخی پارامترهای رشد و شاخص‌های فیزیولوژیکی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که منطقه تپه چهار برج با بافت سیلت- لومی کمترین (۳/۵ دسی زیمنس بر متر) و منطقه صحرا جن با بافت شنی-لومی بیشترین (۱۷/٤۳دسی زیمنس بر متر) شوری را داشت. همچنین نتایج نشان داد با افزایش سطوح شوری میزان طول، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، کلروفیل a، کلروفیل b و ترکیبات کاروتنوئیدی کاهش معنی‌داری یافت این در حالیست که با افزایش سطوح شوری میزان مالون‌دی‌آلدهید و اسمولیت‌های سازگار پرولین و گلایسین بتائین افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: پرولین، شوری، رنگیزه‌های فتوسنتزی، گلایسین بتائین، مالون‌دی‌آلدهید

مقدمه

تنش‌های غیرزیستی مانند خشکی، شوری، درجه حرارت بالا و پایین، سمیت مواد شیمیایی و تنش‌های اکسیداتیو تهدیدی جدی برای کشاورزی و محیط زیست می‌باشد. انتظار می‌رود که افزایش شوری زمین‌های زراعی، اثرات مخرب جهانی داشته و پیش بینی شده است که ۳۰ درصد از زمین‌های کشاورزی در ۲۵ سال بعد و تا ۵۰ درصد تا سال ۲۰۵۰ غیر قابل استفاده شوند (Heidari et al., 2011). ایران به‌دلیل موقعیت جغرافیایی در محدوده‌ای از کره زمین واقع شده است که بیشتر مناطق آن خشک و نیمه خشک است. در کشور مناطقی وجود دارند که میزان تبخیر در آن‌ها بیش از ۸ برابر میزان بارندگی می‌باشد (Dehnavy - Movahhedy et al., 2009). در ایران مساحت خاک‌هایی که به نوعی تحت تأثیر شوری قرار دارند، بالغ بر ۳۲ میلیون هکتار است که نزدیک به۳۰ درصد از سطح کل کشور و ۵۵ درصد از اراضی قابل کشت را شامل می‌شود (Pazira and Homaee, 2003). تنش شوری همانند بسیاری از تنش‌های غیر-زیستی دیگر، رشد گیاه را محدود می‌کند. توقف و کاهش رشد در شرایط تنش شوری را می‌توان به تنش

* نویسنده مسئول: l.porakbar@yahoo.com

خشکی ناشی از وجود یون‌ها محلول در خاک و با بروز اثرات سمیت یونی و اختلال در جذب سایر عناصر نسبت داد (Munns and Tester, 2008). شوری با کاهش تقسیم و طویل شدن سلولی می‌تواند باعث کاهش ارتفاع گردد. بدیهی است که کاهش طول ساقه باعث کاهش وزن آن و به تبع آن کاهش ماده خشک می‌شود (Tuna et al., 2007). کاهش رشد رویشی گیاهان در شرایط تنش شوری به علت کاهش پتانسیل اسمزی خاک است که باعث کاهش جذب آب توسط ریشه گشته و در نتیجه با بسته شدن روزنه‌ها، میزان تعرق و فتوسنتز کم شده و رشد گیاه کاهش می‌یابد (Ben-Asher et al., 2006). گونه *Halocnemum strobilaceum* گیاهی چند ساله، اغلب بوته‌ای، به ندرت درختچه‌ای، به ارتفاع ۲۵ تا ۵۰ و به ندرت تا ۸۰ سانتی‌متر، از پایین منشعب، بدون کرک، به رنگ سبز متمایل به زرد، ارغوانی و یا رنگ‌های بین سبز و ارغوانی، انشعابات مسن بندبند با بندهایی به‌طول حدود ٤ و قطر حدود ۳ میلی‌متر است و زمان گل دهی و رسیدن میوه آن پاییز است (Asadi, 2011).

هدف از این تحقیق بررسی تاثیر خاک‌های با سطوح مختلف شوری بر فاکتورهای رشدی گیاه *H. strobilaceum* در سه منطقه با شوری‌های کم، متوسط و بیشتر (چیپقلو، تپه باستانی چهاربرج و صحرای جن)، همچنین بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و بر میزان اسمولیت‌های پرولین و گلایسین بتائین به‌عنوان مکانیسم سازگاری گیاه با محیط‌های شور بود، که با خشک شدن تدریجی دریاچه ارومیه این مناطق تبدیل به بیابان شدند که گونه *H. strobilaceum* جزء گیاهان گسترش یافته در این مناطق می‌باشد.

مواد و روش‌ها

حاشیه جنوب شرقی دریاچه ارومیه با عرض شمالی ۳۷ درجه ۱۳ دقیقه الی ۳۷ درجه و۳۷ دقیقه و طول شرقی ٤٥ درجه و ۳۵ دقیقه الی ٤٦ درجه و ۲ دقیقه با وسعت بیش از ۸۵۰۰۰ هکتار و با میانگین ۱۲۸٤ متر بالاتر از سطح دریا در استان آذربایجان غربی و شرقی به روستای خضرلو، آخوند قشلاق، خلیلوند، قرچیق، خانه‌برق، قره‌قشلاق، احمدآباد، مجیدآباد، جمشیدآباد، فسندوز، چهاربرج، آق‌داش تپه رش،صحرای جن، گرده‌رش، قیزل‌قلعه، گل‌حسن، بفرمان، خوره، گرده‌قیط و زرینه‌ور محدود می‌شود. نمونه‌های گیاهی *Halocnemum. strobilaceum* از سه منطقه جنوب شرقی دریاچه ارومیه روستای چیپقلو، حاشیه تپه باستانی چهاربرج ومنطقه ممنوعه صحرای جن همراه با خاک نمونه‌برداری شد و جهت سنجش ویژگی‌های خاک و بررسی فاکتورهای رشدی و بیوشیمیایی به آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهی دانشگاه ارومیه انتقال یافت. برای تعیین بافت خاک از مثلث تعیین بافت خاک استفاده گردید.

هدایت الکتریکی خاک (EC) با استفاده از روش Rhodes (۱۹۹٦) و دستگاه کنداکتومتر HANNA مدل ۹۰۱۷ HI بر حسب دسی‌زیمنس بر متر اندازه-گیری شد.

اندازه گیری وزن تر و خشک گیاه: میزان وزن تر اندام هوایی و ریشه گیاهان جمع‌آوری شده با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد. سپس برای تعیین وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند.

سنجش pH خاک: pH خاک با استفاده ازروش Mclean (۱۹۸۲) و توسط دستگاه pH متر OORNING مدل ۷ اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی: برای اندازه‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی از روش Linchenthaler و Wellburn (۱۹۸۳) و دستگاه اسپکتروفتومتر (WPA S2100, UK UV/VIS) استفاده گردید. جذب نمونه‌ها

در طول موج‌های ٦٦٢، ٦٤٥ و ٤٧٠ نانومتر خوانده شد و میزان رنگیزه‌ها با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

Chla = 11.75 A662 – 2.350 A645
Chlb = 18.61 A645 – 3.960 A662
CX+ C = 1000 A470 - 2.270 Chla -81.4 Chlb /227

اندازه‌گیری مالون‌دی‌آلدئید: برای اندازه‌گیری MDA از روش Heath و Packer (١٩٦٨) و دستگاه اسپکتروفتومتر APEL مدل PD303UV استفاده شد و بعد از قرائت جذب نمونه‌ها در دو طول موج ٥٣٢ و ٦٠٠ نانومتر میزان MDA با استفاده از ضریب خاموشی (155 mM^{-1} cm^{-1}) و فرمول زیر محاسبه گردید:

MDA (µmol/g FW) = [A532-A600/155] × 1000

اندازه گیری پرولین: برای تعیین مقدار پرولین از روش Bates و همکاران (١٩٧٣) استفاده شد. جذب نمونه‌ها در طول موج ٥٢٠ نانو متر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر APEL مدل PD303UV خوانده شد. میزان پرولین بر حسب میلی گرم بر گرم بافت تازه، با استفاده از منحنی استاندارد پرولین تعیین شد.

اندازه‌گیری گلایسین و بتایین: برای تعیین میزان گلایسین و بتایین از روش Grieve و Grattan (١٩٨٣) استفاده شد. جذب نمونه‌ها در طول موج ٣٦٥ نانو متر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (WPA) UV-visible مدل (S2100) خوانده شد و میزان گلایسین و بتایین بر حسب میلی‌گرم بر گرم خشک با اسفاده از منحنی استاندارد محاسبه گردید.

برای کاهش خطا، نمونه‌برداری و آزمایش‌ها به‌صورت ٣ تکرار انجام شد. آنالیز داده‌های آماری بر اساس مدل طرح پایه‌های کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SPSS 22 با تجزیه‌ی واریانس یک‌طرفه و آزمون دانکن در سطح احتمال آماری $P<0.05$ انجام گرفت.

نتایج

بافت خاک: بررسی نتایج حاصل ازتعیین بافت خاک نشان داد که بافت خاک تپه چهار برج از نوع سیلت–لومی و بافت خاک منطقه چیپقلو و صحرای جن از نوع شنی–لومی بود (جدول ١).

شوری خاک: بررسی نتایج حاصل از اندازه‌گیری شوری خاک نشان داد که بیشترین میزان شوری در منطقه صحرای جن با میزان ١٧/٤٣ دسی‌زیمنس بر متر و کمترین شوری در منطقه تپه چهاربرج با شوری ٣/٥ دسی‌زیمنس بر متر بود این درحالیست که میزان شوری در منطقه چیپقلو ١٣/٢ دسی‌زیمنس بر متر بود (جدول١).

pH خاک: pH خاک هر سه منطقه (تپه چهاربرج، چیپقلو و صحرای جن) بالای ٧ بود، در نتیجه هر سه منطقه جزء خاک‌های قلیایی و شور است. به طوری که بالاترین میزان pH در منطقه صحرای جن با ٩/٠٣ مشاهده گردید (جدول ١).

فاکتورهای رشد: طول، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه گیاه *Halocnemum strobilaceum* در سه منطقه تپه چهاربرج، چیپقلو و صحرای جن نشان داد که افزایش سطح شوری موجب کاهش معنی‌دار میانگین طول، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه درسطح احتمال ٠/٠٥ درصد آزمون دانکن گردید (جدول ٢ و ٣). به‌طوری که کمترین میزان فاکتورهای رشدی در منطقه چیپقلو نسبت به تپه چهاربرج مشاهده گردید.

رنگیزه‌های فتوسنتزی: آنالیزه داده‌های رنگیزه‌های فتوسنتزی نشان داد که با افزایش سطح شوری در هر سه منطقه میزان کلروفیل a، b و ترکیبات کاروتنوئیدی کاهش یافت (جدول ٤). به‌طوری‌که بیشترین میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در منطقه تپه چهاربرج با شوری کمتر و کمترین آن در منطقه صحرای جن با شوری بالا مشاهده گردید.

جدول ۱: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک سه منطقه تپه چهاربرج، چیپقلو و صحرای جن.

مناطق / ویژگی‌های خاک	تپه چهار برج	چیپقلو	صحرای جن
شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	۳/۵±۰/۵	۱۳/۲±۰/۷	۱۷/٤۳±۱/٤
رس (٪)	۲۱/٤۲±۲	۷/٤±۰/۸	۱۹/۲۳±۰/۵
سیلت (٪)	۷۸/۵۸±۵/۵	۲۵±۳	۲٦/۹۲±۱/۷
شن (٪)	۰±۰/۳	٦٦/٤±٤	۵۳/۸٤±۳/۸
بافت خاک	سیلیت-لومی	شنی-لومی	شنی-لومی
pH	۸/۸۷±۰/٤۹	۸/۳٦±۰/۸۵	۹/۰۳±۰/۵۷

جدول ۲: میانگین تغییرات طول، وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه *Halocnemum strobilaceum* در سه منطقه مورد مطالعه.

مناطق / صفات اندازه گیری	وزن خشک اندام هوایی (بر حسب گرم)	وزن تر اندام هوایی (برحسب گرم)	طول اندام هوایی (برحسب سانتی‌متر)
تپه چهاربرج	۲۲/۰۲ ± ۰/۰٤ ^{a}	۷۷/۹٦ ± ۰/۰۳ ^{a}	۲۹/۳٤ ± ۰/۰۳ ^{a}
چیپقلو	۱۹/۹٦ ± ۰/۰۵^{b}	٦۲/۲۰ ± ۰/۰۲^{c}	۱۸/۰۵ ± ۰/۰٤^{c}
صحرای جن	۲۰/۸۱ ± ۰/۰۱^{b}	۷٤/۱۱ ± ۰/۰٦^{b}	۲٤/٦۳ ± ۰/۰۱^{b}

اعداد دارای حروف غیر مشابه هر ستون در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار است.

جدول ۳: میانگین تغییرات طول، وزن تر و ریشه گیاه *Halocnemum strobilaceum* در سه منطقه مورد مطالعه.

مناطق / صفات اندازه‌گیری	وزن خشک ریشه (بر حسب گرم)	وزن تر ریشه (برحسب گرم)	طول ریشه (برحسب سانتی‌متر)
تپه چهار برج	۷/۹۰ ± ۰/۰۷ ^{a}	۱۹/۰۳ ± ۰/۰۷ ^{a}	۲۷/۰٦ ± ۰/۰۳ ^{a}
چیپقلو	٦/۸۷ ± ۰/۰۵^{c}	۱۸/۸۸ ± ۰/۰٦^{b}	۲۲/۰۱ ± ۰/۰۱^{c}
صحرای جن	۷/۰۳ ± ۰/۰۰۸^{b}	۱۷/۹۱ ± ۰/۰۳^{c}	۲۵/۵۸ ± ۰/۰۱^{b}

اعداد دارای حروف غیر مشابه هر ستون در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار است.

جدول ٤: میانگین تغییرات رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه *Halocnemum strobilaceum* در سه منطقه‌ی مورد مطالعه

مناطق / صفات اندازه‌گیری	کارتنوئیدها (برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل b (برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل a (برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر)
تپه چهاربرج	۲/۸٤ ± ۰/۰۲ ^{a}	٤/۲۹ ± ۰/۰۳ ^{a}	۸/٤۷ ± ۰/۰۲ ^{a}
چیپقلو	۲/۰٤ ± ۰/۰۰۵^{b}	۳/۷٤ ± ۰/۰۲^{b}	٦/۸٤ ± ۰/۰۵^{b}
صحرای جن	۱/٦۵ ± ۰/۰۲ ^{c}	۳/۱۸ ± ۰/۰۲^{c}	٤/۹۸ ± ۰/۰۱^{c}

اعداد دارای حروف غیر مشابه هر ستون در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار است.

مالون‌دی‌آلدهید: بررسی نتایج حاصل از داده‌های مالون‌دی‌آلدهید در گیاه *Halocnemum strobilaceum* در سه منطقه نشان داد که افزایش سطح شوری موجب افزایش معنی‌دار میزان مالون‌دی‌آلدهید در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد آزمون دانکن گردید (جدول ۵). به‌طوری‌که بیشترین میزان مالون‌دی‌آلدهید

در منطقه صحرای جن با شوری ۱۷/٤۳ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده گردید.

پرولین و گلایسین بتائین: میانگین داده‌های پرولین و گلایسین بتائین در سه منطقه مورد مطالعه نشان داد که افزایش سطح شوری موجب افزایش معنی‌دار میزان پرولین و گلایسین بتائین گردید (جدول ۵). به‌طوری که بیشترین میزان فاکتورهای پرولین و گلایسین بتائین مربوط به منطقه صحرای جن با شوری ۱۷/٤۳ دسی‌زیمنس بر متر بود.

جدول ۵: میانگین تغییرات مالون‌دی‌آلدهید، پرولین و گلایسین بتائین گیاه *Halocnemum strobilaceum* در سه منطقه مورد مطالعه.

صفات اندازه‌گیری / مناطق	گلایسین بتائین (برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)	پرولین (برحسب میکروگرم بر گرم وزن تر)	مالون دی‌آلدهید (برحسب میکروگرم بر گرم وزن تر)
تپه چهاربرج	۲۸/۵۲ ± ۰/۰۸ c	۹/۵٤ ± ۰/۰۲ c	۳/٦۰ ± ۰/۰۲ c
چیپقلو	۵۷/۸۲ ± ۰/۱۲b	۱۲/۹۵ ± ۰/۰۳b	۵/۰۹ ± ۰/۳۵b
صحرای جن	۷۱/۸٦ ± ۰/۰۷ a	۱٦/۰٤ ± ۰/۰۲ a	٦/۷۵ ± ۰/۰۲a

اعداد دارای حروف غیر مشابه هر ستون در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار است

جدول ٦: همبستگی پیرسون بین صفات بیوشیمیایی گیاه *Halocnemum strobilaceum* در سه منطقه مورد مطالعه.

	مالون‌دی‌آلدهید	گلایسین بتائین	پرولین	کارتنوئیدها	کلروفیل b	کلروفیل a
کلروفیل a	-۰/۹۷٤**	-۰/۹۷۱**	-۰/۹۹۷**	۰/۹۷۱**	۰/۹۹۵**	۱
کلروفیل b	-۰/۹۷٦**	-۰/۹۷۳**	-۰/۹۹٤**	۰/۹۷۳**	۱	
کارتنوئیدها	-۰/۹۵۱**	-۰/۹۹۸**	-۰/۹۸۵**	۱		
پرولین	۰/۹۷۵**	۰/۹۸۵**	۱			
گلایسین بتائین	۰/۹۵۰**	۱				
مالون‌دی-آلدهید	۱					

**نشانگر دار در سطح ۰/۰۱ درصد می‌باشد.

همبستگی بین صفات: همبستگی بین صفات بیوشیمیایی نشان داد که فاکتورهای پرولین، گلایسین بتائین و مالون‌دی‌آلدهید همبستگی مثبت و بالایی نسبت با یک دیگر داشتند (جدول ٦) این در حالیست که با رنگیزه‌های فتوسنتزی همبستگی عکس و معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ درصد نشان داد.

بحث

نتایج این کار تحقیقی نشان داد که افزایش سطوح شوری در مناطق مورد مطالعه موجب کاهش شاخص‌های رشد*ی* گیاه *Halocnemum strobilaceum* گردید. تحقیقات نشان داده است پتانسیل شیمیایی محیط شور موجب بر هم‌ریختگی تعادل پتانسیل آب در فضا بین یاخته‌ای و درون یاخته‌ای می‌شود و در نتیجه پتانسیل فشار کاهش یافته و این پدیده موجب کاهش رشد می‌گردد (Montoliu et al., 2009). از طرف دیگر تنش اسمزی از جمله مشکلاتی است که به دنبال تنش شوری به وجود می‌آید و نتیجه آن کاهش تورگر سلول‌هاست و از آنجا که رشد سلول جهت غلبه بر مقاومت دیواره‌های سلولی وابسته به تورژسانس است بنابراین فقدان تورگر موجب کاهش رشد گیاه می‌گردد (Yazici et

al., 2007). همچنین کاهش طول گیاه تحت تنش شوری به دلیل افزایش فشار اسمزی محلول خاک بوده که باعث کاهش جذب آب توسط گیاه (آماس سلول‌ها) و در نهایت کاهش تقسیم، تطویل و تمایز سلولی می‌شود (Saied et al., 2007). بررسی‌ها نشان داده است که کاهش رشد در گیاهان تحت تنش شوری می‌تواند از طریق کاهش و اختلال در فعالیت‌های زیستی و متابولیسمی و در نتیجه کاهش ذخایر انرژی در گیاه باشد (Tanou et al., 2009).

تحقیقان نشان داده است شوری رشد گیاه را به‌علت ایجاد تنش در منطقه ریشه و سمیت یون‌ها در بافت‌های گیاهی نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد. عناصری مانند سدیم از طریق تاثیر بر پمپ‌های پروتونی و اختلال در آن‌ها سبب کاهش در تقسیم و تطویل سلولی و در نتیجه کاهش رشد می‌شود. علاوه بر این تنش شوری از طریق افزایش هورمون اتیلن در گیاه، باعث کاهش رشد ریشه و رشد عمومی گیاه می‌شود. از طرف دیگر کاهش فتوسنتز ناشی از تنش شوری به‌دلیل هدایت روزنه‌ای پائین، کاهش در جذب کربن و سوخت و ساز، مهار ظرفیت فتوشیمیایی، یا ترکیبی از همه این صفات در نهایت منجر به کاهش عمل‌کرد در گیاهان می‌گردد (Ho et al., 2012).

می‌توان بیان نمود که تنش شوری از طریق محدودیت در جذب عناصر غذایی، کمبود آب قابل استفاده گیاه و سمیت غذایی، باعث کاهش قدرت رشد سلولی شده و کاهش سطح برگ و فتوسنتز را به همراه دارد. این موارد باعث کاهش کربوهیدرات تولیدی و در نتیجه کاهش رشد اجزای مختلف گیاه شده که در نهایت سبب کاهش بیوماس می‌شود (Azari et al., 2012). مطالعه بر روی گیاه ذرت تحت تنش شوری نشان داده است افزایش سطوح شوری، باعث کاهش ماده خشک در گیاه ذرت می‌شود (Kaya et al., 2013) که با نتایج این تحقیق همخوانی داشت.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که شوری در مناطق مورد مطالعه موجب کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه *Halocnemum strobilaceum* گردید که کاهش مقدار کلروفیل به احتمال زیاد ناشی از تأثیر مزمن تجمع یون‌ها در کلروپلاست می‌باشد. شوری از طریق تنش‌های اکسیداتیو باعث تخریب کلروفیل می‌شود. افزایش سطح شوری، از طریق افزایش املاح منجر به کاهش تولید کلروفیل می‌گردد (Bybordi, 2012). از آنجایی که گلوتامات ترکیب اولیه پرولین و کلروفیل می‌باشد به نظر می‌رسد که بیشتر به تولید پرولین اختصاص یافته و به همین دلیل مقدار کلروفیل کل کاهش نشان داد. کاهش محتوای کلروفیل در اثر شوری بر اساس گزارش‌های داده شده از طرف پژوهشگران دیگر می‌تواند ناشی از اثر بازدارندگی یون‌های تجمع یافته در کلروپلاست (Chookhampaeng, 2011)، تخریب کلروفیل توسط تنش اکسیداتیو ناشی از نمک (Sevengor et al., 2011) و فعال شدن آنزیم کلروفیلاز یا ناپایدار شدن کمپلکس رنگیزه پروتئین توسط یون‌های نمک باشد (Saha et al., 2010). مطالعه بر روی دو رقم انگور توسط Bybordi (۲۰۱۲) نشان داده است که افزایش سطح شوری تاثیر معنی‌داری بر کاهش محتوای کلروفیل a و b داشت که با نتایج این کار تحقیق هم‌سویی نشان می‌دهد.

در مطالعه حاضر مقدار مالون‌دی‌آلدئید در شرایط تنش شوری افزایش یافت. افزایش پراکسیداسیون لیپدها بعلت تنش شوری توسط محققان دیگر هم گزارش شده است (El-Tayeb, 2005) تخمین مقدار مالون‌دی‌آلدئید که محصول ثانویه نهایی اکسیداسیون اسیدهای چرب بلند غیر اشباع است عمدتاً برای اندازه‌گیری مقدار پراکسیداسیون، بعنوان شاخص تنش

اکسیداتیو استفاده می‌شود. افزایش غلظت مالون دی آلدهید تحت تاثیر تنش شوری در برگ ذرت نیز گزارش شده است که احتمالاً با کاهش پتانسیل آبی به محض آغاز تنش شوری شدید مرتبط است (Eraslan et al., 2010).

نتایج تحقیق حاضر نشان دادکه شوری موجب تجمع پرولین گردید که تجمع بالای پرولین تحت تنش شوری می‌تواند به علت بالا بردن فعالیت‌های اورنیتین آمینوترانسفراز (OAT) و پیرولین-۵-کربوکسیلات ردوکتاز (P-5-CR)، آنزیم دخیل در بیوسنتز پرولین، و همچنین با توجه به مهار پرولین اکسیداز و پرولین دهیدروژناز (PDH)، آنزیم‌ها کاتابولیزه پرولین هستند (Sadak and Mostafa, 2015). پرولین تحت شرایط تنش گونه‌های اکسیژنی فعال (ROS) از جمله رادیکال سوپراکسید، اکسیژن آزاد و پراکسید هیدروژن و رادیکال‌های هیدروکسیل می‌توانند در مقادیر زیاد تولید شوند پراکسید هیدروژن و رادیکال‌های سوپراکسید نسبتاً غیر واکنشی هستند اما می‌توانند با تشکیل رادیکال‌های هیدروکسیل برای پروتئین، چربی‌ها و DNA خطرناک باشند (Farkhondeh et al., 2012). تنظیم اسمزی ساز و کاری برای اجتناب از تنش شوری می‌باشد. در بسیاری از گیاهان تجمع پرولین در پاسخ به تنش شوری روی می‌دهد که نقش مهمی در حفاظت در مقابل تنش شوری بازی می‌کند. تجمع املاح سازگار در غلظت‌های بالا در گیاه برای کاهش عدم فعالیت آنزیم‌ها یا ثبات غشاء سلولی ناشی از تنش آب می‌باشد. مطالعه بر روی اثرات تنش شوری در گیاه بابونه شیرازی نشان داده است که با افزایش شوری میزان پرولین افزایش یافته و بیشترین میزان پرولین در تیمار ۹/۵ دسی‌زیمنس بر متر و کمترین میزان آن در تیمار شاهد مشاهده گردیده است (Nouri et al., 2013) که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

در تحقیق حاضر مشخص گردید که افزایش شوری موجب افزایش گلایسین بتائین گردید. گلایسین بتائین تنها از طریق فعال کردن آنتی‌اکسیدان-ها می‌تواند رادیکال‌های آزاد را از بین ببرد، اما پرولین علاوه بر فعال کردن آنتی‌اکسیدان‌ها، خود نیز به‌طور مستقیم می‌تواند سبب مهار رادیکال‌های آزاد شود (Kumar et al., 2010). گلایسین بتائین طی تنش شوری بالا با تنظیم تعادل اسمزی بین گیاه و محیط، حفاظت در برابر تنش اسمزی را فراهم می‌کند (Hassine et al., 2008). گلایسین بتایین با بحران تنش در گیاه ظاهر و به عنوان یک محلول تنظیم اسمزی مؤثر در گیاهان محسوب می‌شود و با رشد گیاهان در محیط‌های خشک و شور همبستگی بالایی دارد (Hanson et al., 2007). مطالعه بر روی لپه‌های گیاه *Jatropha* نشان داده است که افزایش شوری باعث افزایش در محتوای گلایسین بتائین این گیاه گردید. می‌گردد (Gao et al., 2013) که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طورکلی نتایج این تحقیق نشان داد که فاکتورهای از قبیل طول، وزن و رنگیزه‌های فتوسنتزی در شوری بیشتر کاهش می‌یابد و با عنایت به این تحقیق که مالون دی آلدهید و اسمولیت‌های سازگار، پرولین و گلایسین بتائین با افزایش سطوح شوری افزایش می یابند می‌توان نتیجه گیری کرد که تغیرات فاکتورهای مورد مطالعه درجهت ساز گار تر شدن گیاه *H.strobilaceum* به خاک‌های شور می‌باشد. لذا با توجه به سازگاری این گیاه به شوری بالای خاک‌های اطراف دریاچه ارومیه در مناطق خشک شده دریاچه، می‌توان با کشت این گیاه از ایجاد طوفان‌های نمک جلوگیری نمود.

تشکر و قدردانی

از خانم مینا محمدزاده مسئول آزمایشگاه فیزیولوژی و خانم ویدا کوه کلانی که در این تحقیق مساعدت‌های لازم را انجام داده‌اند تشکر می‌نمایم.

References

Asadi, M. (2011). Flora of Iran. Chenopodiaceae family. Research Insititute of Forests and Rangelands (RIFR), Iran. 508

Azari, A., Sanavi, S., Askari, H., Ghanati, F., Naji, A. and Alizadeh, B. (2012). Effect of salt stress on morphological and physiological traits of two species of rapeseed *Brassica* napus and *B. rapa*. Iranian Journal of Crop Sciences. 14(2): 121-135.

Bates, L., Waldren, R. and Teare, I. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil. 39(1): 205-207.

Ben-Asher, J., Tsuyuki, I., Bravdo, B.A. and Sagih, M. (2006). Irrigation of grapevines with saline water: I. Leaf area index, stomatal conductance, transpiration and photosynthesis. Agricultural Water Management. 83(1): 13-21.

Bybordi, A. (2012). Study effect of salinity on some physiologic and morphologic properties of two grape cultivars. Life Science Journal. 9(4): 105-417.

Chookhampaeng, S. (2011). The effect of salt stress on growth, chlorophyll content proline content and antioxidative enzymes of pepper. *Capsicum annuum* L. seedling. European Journal of Scientific Research. 49(1): 103-109.

Dehnavy-Movahhedy, M., Modarres-Sanavy, S.A.M. and Mokhtassi-Bidgoli, A. (2009). Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of safflower. *Carthamus tinctorius* L. grown under water deficit stress. Industrial Crops and Products. 30(1): 82-92.

El-Tayeb, M.A. (2005). Response of barely grains to the interactive effect of Salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation. (45): 215-225.

Eraslan, F., Inal, A., David, J. and Pilbeam, G.A. (2008). Interactive effects of salicylic asic and silicon on oxidative damage and antioxidant activity in spinach. *Spinacia oleracea* L.cv. *Matador*. grown under boron toxicity and salinity. Plant Growth Regulation. (55): 207-219.

Farkhondeh, R., Nabizadeh, E. and Jalilnezhad, N. (2012). Effect of salinity stress on proline content, membrane stability and water relations in two sugar beet cultivars. International Journal of Agricalture Science. 2(5): 385-392.

Gao, S., Liu, K.T., Chung, T.W. and Chen, F. (2013). The effects of NaCl stress on Jatropha cotyledon growth and nitrogen metabolism. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 13(1): 99-113.

Grieve, C. and Grattan, S. (1983). Rapid assay for determination of water soluble quaternary ammonium compounds. Plant and Soil. 70(2): 303-307.

Hanson, A.D., May, A.M., Grumet, R., Bode, J., Jamiesonand, G.C. and Rhodes, D. (2007). Betaine synthesis in chenopods: Localization in chloroplasts. Proceedings of the National Academy of Science, USA. 82:3678-3682.

Hassine, A.B., Ghanem, M.E., Bouzid, S. and Lutts, S. (2008). An inland and a coastal population of the Mediterranean xero-halophyte species *Atriplex halimus* L. differ in their ability to accumulate proline and glycinebetaine in response to salinity and water stress. Journal of Experimental Botany. 59(6): 1315-1326.

Heath, R.L. and Packer, L. (1968). Photoperoxidation in Isolated Chloroplasts. Archives Biochemistry Biophysics. 125: 850-857.

Heidari, A., Toorchi, M., Bandehagh, A. and Shakiba, M. R. (2011). Effect of NaCl stress on growth, water relations, organic and inorganic osmolytes accumulation in sunflower *Helianthus annuus* L. lines. Universal Journal of Environmental Research and Technology. 1(3): 351-362.

Kaya, C., Sönmez, O., Aydemir, S. and Dikilitaş, M. (2013). Mitigation effects of glycinebetaine on oxidative stress and some key growth parameters of maize exposed to salt stress. Turkish Journal Agricalture Forest. 37: 188-194.

Kumar, N., Pal, M., Singh, A., SaiRam, R.K. and Srivastava, G.C. (2010). Exogenous proline alleviates oxidative stress and increase vase life in rose. *Rosa hybrida* L.'Grand Gala'. Scientia Horticulturae. 127(1): 79-85.

Linchenthaler, H. and Wellburn, A. (1983). Determination of total carotenoides and clorophyll a and b of leaf extracts in diferent solventes. Biochemistry Society Trans. 11:1591-1592.

Mclean, EO. (1982). Soil pH and lime requirement. Pp. 199–223. *In:* Page AL, (ed). Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties, 2nd ed. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI.

Montoliu, A., López-Climent, M.F., Arbona, V., Pérez-Clemente, R.M. and Gómez-Cadenas, A. (2009). A novel in vitro tissue culture approach to study salt stress responses in citrus. Plant Growth Regulation. 59(2): 179-187.

Munns, R. and Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review Plant Biology. 59: 651-681.

Nouri, K., Omidi, H., Naghdi badi, H.A., Torabi, H. and Fotokian, M.H. (2013). Effects of soil and water salinity on flower yield, soluble compounds, content of saline elements and essential oil quality of German chamomile. *Shirazian Babooneh, Matricaria recutita* L. Journal Agricultural Water Management. 26(4): 367-379.

Pazira, E and Homaee, M. (2003). Salt affected resources in Iranian extension and reclamation. Water-Saving Agriculture and Sustainable Use of Water and Land Resources. 855-865.

Rhodes, J.D. (1996). Electrical conductivity and total dissolved solids. In: Sparks D.L. (ed.): Methods of Soil Analysis. Chemical methods. Soil Science Society American, Madison. 417-437.

Sadak, M.S and Mostafa, H.A. (2015). Physiological role of pre-sowing seed with proline on some growth, biochemical aspects, yield quantity and quality of two sunflower cultivars grown under seawater salinity stress. Scientia. 9(1): 60-69.

Saha, P., Chatterjee, P. and Biswas, A.K. (2010). NaCl pretreatment alleviates salt stress by enhancement of antioxidant defense system and osmolyte accumulation in mungbean. *Vigna radiata* L. Wilczek. Environmental and Experimental Botany. 48(6):593-600

Saied, M.S., Farahbakhsh, H. and Mude, A.M. (2007). Effects of Salt Stress on Germination, Vegetative Growth and some Physiological Characteristics of Canola. JWSS-Isfahan University of Technology. 11(41): 191-203.

Sevengor, S., Yasar, F., Kusvuran, S. and Ellialtioglu, S. (2011). The effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidative enzymes of pumpkin seedling. African Journal of Agricultural Research. 6(21): 4920-4924.

Tanou, G., Molassiotis, A. and Diamantidis, G. (2009). Induction of reactive oxygen species and necrotic death-like destruction in strawberry leaves by salinity. Environmental and Experimental Botany. 65(2): 270-281.

Tuna, A.L., Kaya, C., Ashraf, M., Altunlu, H., Yokas, I. and Yagmur, B. (2007). The effects of calcium sulphate on growth, membrane stability and nutrient uptake of *tomato* plants grown under salt stress. Environmental and Experimental Botany. 59(2): 173-178.

Xiong, L. and Zhu, J. K. (2002). Molecular and genetic aspects of plant responses to osmotic stress. Plant, Cell and Environment. 25(2): 131-139.

Yazici, I., Türkan, I., Sekmen, A. H. and Demiral, T. (2007). Salinity tolerance of purslane *Portulaca oleracea* L. is achieved by enhanced antioxidative system, lower level of lipid peroxidation and proline accumulation. Environmental and Experimental Botany. 61(1): 49-57.