

## تأثیر شوری بر محتوای یونی، رنگیزه‌های گیاهی و قندهای محلول و نشاسته گیاه

### هالوفیت آلوروپوس (*Aeluropus litoralis*)

فاطمه مهرینفر\*، کارشناس ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قائمشهر، گروه زراعت، قائمشهر، ایران  
قربانعلی نعمت‌زاده، استاد، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و

منابع طبیعی ساری، ایران

همت‌اله پیردشتی، دانشیار، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع

طبیعی ساری، ایران

حمیدرضا مبصر، استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قائمشهر، گروه زراعت، قائمشهر، ایران

### چکیده

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در شرایط گلخانه‌ای در پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در سال ۱۳۸۹، با ۵ سطح شوری (صفر، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ دسی‌زیمنس بر متر) و در سه تکرار اجرا و صفاتی مانند میزان رنگیزه‌های گیاهی، غلظت قندهای محلول و نشاسته و همچنین میزان عناصر سدیم و پتاسیم در سه بخش برگ، ساقه و ریشه به صورت مجزا محاسبه شدند. نتایج نشان دادند که با افزایش میزان شوری، کلروفیل *a*، *b*، کل و کاروتنوئیدها به طور معنی‌داری کاهش پیدا کردند. میزان نشاسته تا سطح ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر روندی افزایشی و پس از آن کاهش معنی‌داری یافت درحالی‌که غلظت قندهای محلول تا سطح ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر کاهش و پس از آن افزایش یافت. شوری بر محتوای یون‌های سدیم و پتاسیم در اندام‌های گیاه تأثیر معنی‌داری داشت، به طوری‌که با افزایش شوری، محتوای یون سدیم در تمامی اندام‌ها افزایش، ولی از میزان پتاسیم آنها کاسته شد که این کاهش در ساقه و ریشه معنی‌دار ولی در برگ معنی‌دار نبود. نتایج همچنین تجمع بیشتر عنصر سدیم را در شوری‌های بالا، در ریشه نشان دادند که شاید علت، برگشت این عنصر از طریق بافت آبکشی از اندام هوایی به ریشه تحت تنش شوری و یا به دلیل محدود کردن انتقال سدیم به ساقه و نگهداری آن در ریشه به عنوان یکی از سازوکارهای مقاومت به شوری باشد. این نتایج نشان می‌دهد که گیاه آلوروپوس یک هالوفیت تجمع‌کننده نمک می‌باشد که قادر است تا شوری حدود ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر را تحمل نموده و سپس با افزایش تنش شوری، با تجزیه نشاسته و تولید قندهای محلول، به تعدیل اسمزی کمک کرده و با شوری مقابله کند.

واژه های کلیدی: آلوروپوس لیتورالیس، پتاسیم، سدیم، شوری، قندهای محلول، نشاسته

\* نویسنده مسئول: E-mail: mehrinfar.f@yahoo.com

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۲/۳/۳۰

تاریخ دریافت مقاله: ۹۱/۶/۲۹

## مقدمه

تنش شوری یکی از مهمترین تنش های محدودکننده ی تولید محصولات زراعی است و بیش از حدود ۱۰۰ سال است که موضوع بسیاری از تحقیقات بوده است. از آنجا که تحمل به شوری در گیاهان یک فرآیند پیچیده است که در آن تغییرات مورفولوژیکی، فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی درگیر هستند، زنده ماندن و رشد در محیط های شور نیز نتیجه فرآیندهای سازگاری مانند انتقال یون و جایگزینی آنها، سنتز محلول های اسمزی و تجمع آنها در جهت تنظیم اسمزی و تغییر و تبدیل پروتئین ها برای ترمیم سلول ها است (۲۱). کره زمین یک سیاره شور است و وجود این خاک های شور در کره زمین پدیده ای طبیعی است زیرا نزدیک به ۷۵٪ سطح این سیاره خاکی را دریاهایی پوشانده اند که غلظت نمک های آنها زیاد بوده و حاوی بیش از ۳۰ گرم سدیم کلرید در هر لیتر می باشد. بنابراین وجود خاک های شور نباید پدیده ای غیرطبیعی تلقی شوند (۵). بر اساس برآوردهای انجام شده، ۷ درصد از اراضی جهان (حدود ۹۳۰ میلیون هکتار) شور و ۳ درصد بسیار شور می باشند (۸) و این برآورد به دلیل میزان کم بارندگی، تبخیر زیاد از سطح خاک و آبیاری با آب های با املاح زیاد همچنان در حال افزایش است و هر ساله بالغ بر ده میلیون هکتار بر سطح این اراضی افزوده می شود، به گونه ای که نیمی از کل ۳۰۰ میلیون هکتار زمین های کشاورزی، با مشکل شوری ثانویه، قلیائیت و ماندابی شدن روبرو هستند (۳۱).

ایران کشوری است که دارای مناطق وسیع شور کویری است و وسعت خاک های شور در آن حدود ۲۴ میلیون هکتار است که معادل ۱۵٪ از اراضی کشور می باشد (۴). البته آب و هوای خشک و نیمه خشک ایران در تشکیل خاک های شور مناطق مختلف سهم است (۱۹). قسمت بیشتر سطح کشور را به علت کمبود ذخایر آبی و نامساعد بودن شرایط آب و هوایی، اراضی شور و نیمه شور تشکیل می دهد (۸).

شوری خاک در اثر تبخیر آب از سطح خاک در حال افزایش است. بنابراین زمانی فرا خواهد رسید که کشت محصولات زراعی در آنها مقدور نیست و ناگزیر از کشت گیاهان هالوفیت استفاده خواهد شد (۱۰). از آنجائیکه روزبه روز بر جمعیت دنیا افزوده می شود تأکید بیشتر بر استفاده از منابع گیاهانی است که با شرایط تغییر محیط سازگار هستند. گیاهان سازگار با نمک در اکثر محیط های شور و خشک یافت می شوند. تحقیقات شوریست با تأکید بر استفاده از آب شور مطالعات را به طرف گیاهانی که در برابر شوری مقاوم باشند سوق داده است. محققان عقیده دارند که هالوفیت ها در خاک های بسیار شور رویش یافته و می توانند به عنوان غذای انسان، علوفه حیوانات یا مواد شیمیایی مورد استفاده قرار گیرند (۵). یکی از هالوفیت های بومی ایران، گیاه آلوروپوس می باشد که می تواند در خاکهای با هدایت الکتریکی ۱۷/۵ الی ۶۲ دسی زیمنس بر متر رشد کند (۱). محققان زیادی آلوروپوس را به عنوان یک گونه مقاوم به درجات بالای قلیایی خاک و از گیاهان شاخص خاک های شور و قلیا معرفی نمودند (۱۱، ۴۵ و ۴۶). این گیاه قادر به جذب نمک خاک می باشد و آنرا از میان سیستم سلولی خود به سمت بالا انتقال می دهد و

سرانجام از طریق برگ های خود که دارای غدد نمکی (۱۷) هستند، به بیرون از گیاه ترشح می کند (۱)، ۴ و ۲۸). گزارش شده است که در هر سانتی متر مربع برگ گیاه آلوروپوس ۴۸۰۰ غده نمکی وجود دارد (۳۹). گیاه آلوروپوس گیاهی است پایا متعلق به خانواده گندمیان و طایفه کلروبیده و دارای گونه های متفاوتی می باشد به نام های لیتورالیس، لگوپوئیدز که در اکوسیستم های طبیعی استان خراسان و گلستان و منطقه رودشت اصفهان گزارش شده اند (۳) و گونه لیتورالیس اغلب در حاشیه باتلاق ها، سواحل دریاها و قسمت های پست و آبرگیر گسترش دارد. به طور کلی این گیاه می تواند در مناطق ساحلی و خشک رشد کند و شوری را تا آستانه یک درصد تحمل نماید (۳۲ و ۴۴).

بنابراین با توجه به اینکه بخش های وسیعی از کشور به نحوی متأثر از تنش شوری هستند و با توجه به اینکه این گیاه در مناطق وسیعی از استان خراسان، گلستان و اصفهان انتشار دارد، لزوم شناسایی برخی از پاسخ های فیزیولوژیکی گیاه آلوروپوس و نیز نحوه جذب برخی از عناصر توسط این گیاه، جهت کشت هالوفیتها در این مناطق، اهداف این تحقیق را تشکیل می دهد.

## مواد و روش ها

در این پژوهش، ۵ سطح شوری در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی، در سه تکرار در شرایط گلخانه ای و در پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبهرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در سال ۱۳۸۹ به اجرا درآمد. سطوح مختلف شوری عبارت بودند از: ۰، ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰ و ۸۰۰ میلی مولار نمک های کلرور سدیم و کلرید کلسیم و منیزیم که به نسبت های ۱:۱:۲ تهیه شدند، به طوریکه هدایت الکتریکی محلول های تهیه شده، به ترتیب ۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ دسی زیمنس بر متر شده که برای جلوگیری از شوک اسمزی، تیمارهای شوری بصورت تدریجی (پاسازدهی) اعمال گردیدند. ابتدا قلمه هایی با شرایط مشابه از گیاهان یک ساله تهیه و پس از ریشه دار شدن، در گلدانهای پلاستیکی که به نسبت مساوی از ماسه و خاک باغچه پر شدند، کاشته شدند. دما و میزان رطوبت گلخانه بصورت روزانه کنترل شد به طوریکه دمای آن حدود ۲۸-۳۰ درجه سانتی گراد و میزان رطوبت آن حدود ۷۵٪ بود.

به منظور اندازه گیری صفات مورد نظر، ۲۵ روز پس از اعمال تیمارها، گیاهان را از منطقه یقه بریده و ریشه ها را به آرامی، بطوریکه ریشه های فرعی هیچ صدمه ای نبینند، همزمان با خالی کردن گلدان ها از خاک خارج کرده و سپس شسته و خشک شدند. اندام هوایی و ریشه ها، به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد آون قرار داده شده و سپس با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شدند. سپس میزان عناصر سدیم و پتاسیم بخش های هوایی و زیرزمینی گیاه آلوروپوس، با دستگاه فلیم فتومتر شعله ای مدل کورنینگ EEL اندازه گیری شدند. میزان نشاسته و قندهای محلول به روش آنترون (۲۷) و صفات کلروفیل a، b و کل و

همچنین کاروتنوئیدها با استفاده از روش دی متیل سولفوکساید (۳۳) اندازه گیری شدند. برای این منظور، به ۰/۰۲ گرم از بافت خشک برگگی ۲ سی سی محلول دی متیل سولفوکساید اضافه شده و سپس در انکوباتور در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت یک ساعت قرار داده شد. پس از خنک شدن نمونه ها جذب آنها در دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج های ۴۸۰ و ۶۶۵ و ۶۴۹ خوانده شده و سپس با استفاده از فرمول های زیر میزان آنها محاسبه شدند:

$$\text{Chl a} = 12.47(A_{665}) - 3.62(A_{649})$$

$$\text{Chl b} = 25.06(A_{649}) - 6.5(A_{665})$$

$$\text{Chl (a+b)} = [7.15(A_{665}) + 18.71(A_{649})]$$

$$\text{C(x+c)} = [1000(A_{480}) - 1.29(\text{Cl a}) - 53.78(\text{Cl b})] / 220$$

که در این فرمول ها،  $A_{665}$ ،  $A_{649}$  و  $A_{480}$  به ترتیب، میزان جذب محلول در طول موج های نامبرده می باشد. پس از جمع آوری داده ها، تجزیه و تحلیل آنها از طریق نرم افزار SAS و رسم نمودارها از طریق نرم افزار Excel و مقایسه میانگین ها از طریق آزمون چنددامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد بررسی شد.

## نتایج و بحث

### تأثیر شوری بر تجمع و جذب یونی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که شوری به صورت معنی داری، محتوای  $\text{Na}^+$  را در تمام اندام های گیاه تحت تأثیر قرار داد (جدول ۱)، به طوریکه میزان  $\text{Na}^+$  در برگ ها، ساقه و ریشه گیاه آلوروپوس در مقایسه با شاهد افزایش معنی داری یافت (جدول ۲) که البته این افزایش در ساقه گیاه، بین تیمارهای ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ معنی دار نبود ولی در برگ و ریشه در تمامی تیمارها، معنی دار بود.

نتایج این بررسی، همچنین کاهش محتوای  $\text{K}^+$  را در اندام های گیاه آلوروپوس نشان داد که این کاهش در برگ ها، معنی دار نبود ولی در ساقه و ریشه گیاه معنی دار بود. تجمع پتاسیم در ساقه بیشتر از برگ و ریشه بود ولی پراکندگی عنصر پتاسیم در برگ و ساقه در شوری های ۶۰۰ و ۸۰۰ تقریباً مشابه بودند (جدول ۲). یکی از اثرات بارز شوری بر گیاه، اختلالات تغذیه ای است. این نوع اختلالات بیشتر در اثر تراکم زیاد یک یون نسبت به بقیه یون ها در محلول خاک می باشد، به طوریکه رقابت یونی مانع جذب برخی از یون ها توسط گیاه می شود. افزایش غلظت سدیم در بافت های گیاهی، یکی از نتایج اولیه تنش شوری است. محققین اعتقاد دارند که سدیم و پتاسیم برای انتشار به درون سلول، رقابت دارند (۴۱). زیرا این کاتیون ها توسط پروتئین های مشترکی انتقال می یابند و چون پتاسیم یک کوفاکتور ضروری برای بسیاری از آنزیم ها می باشد، در شرایط شور که سدیم بر پتاسیم غلبه دارد، حتی با وجود ناقلین با تمایل بالا، باز هم در گیاه کمبود پتاسیم ایجاد می شود.

کاهش کمتر عنصر پتاسیم در برگها تحت تنش شوری، در مقایسه با سایر اندامها احتمالا به نقش این عنصر در فتوستتز مربوط می شود. زیرا عنصر پتاسیم در باز و بسته شدن روزنه ها نقش داشته و یکی از اثرات مخرب کاهش میزان این عنصر، کاهش تبادلات گازی و در نتیجه، کاهش میزان فتوستتز می باشد. بنابراین، اگر کاهش این عنصر بیش از این بود، فتوستتز گیاه به کلی مختل شده و گیاه از بین می رفت. درحالیکه گیاه تا شوری ۸۰۰ میلی مولار نمک نیز به حیات خود ادامه داد (اگرچه کاهش رشد مشهود بود).

تجمع عنصر سدیم در شوری های بالای ۶۰۰ در ریشه بیشتر از سایر اندامها بود که احتمالا به دلیل انتقال این عنصر از اندام هوایی به زیرزمینی تحت تنش زیاد بوده است و یا به دلیل محدود کردن انتقال سدیم به ساقه و نگهداری آن در ریشه به عنوان یکی از سازوکارهای مقاومت به شوری باشد (۲۳). اما در همین شوری، از نظر میزان تجمع عناصر در اندام هوایی، تجمع سدیم و پتاسیم در برگها بیشتر بود (شکل ۱ و ۲) که احتمالا به دلیل تجمع این عناصر در غدد نمکی (۱۷) موجود در برگها می باشد.

جدول ۱: نتایج تجزیه واریانس اثر شوری بر تجمع عناصر سدیم و پتاسیم در اندامهای مختلف گیاه آلروپوس

پتاسیم	سدیم	پتاسیم	سدیم	درجه آزادی	
				پتاسیم	سدیم
ریشه	ریشه	برگ	برگ	ساقه	ساقه
۰/۰۱۲۴۵	۰/۱۴۹۶	۰/۰۰۲۶	۰/۰۲۰۲	۰/۰۸۶۵	۰/۰۱۸۳
۰/۱۱۲۳**	۳۶/۵۰۴۸**	۰/۰۵۱۲ <sup>ns</sup>	۱۴/۵۹۰**	۱/۷۹۴۱**	۶/۷۴۴**
۰/۰۳۶۹	۰/۰۴۱۲۹	۰/۰۲۳۳	۰/۰۰۷۳	۰/۶۴۵۶	۰/۰۸۶۶
۵/۲۹	۴/۳۷	۷/۴۵	۳/۱۳	۹/۴۷	۷/۶۲
ضریب تغییرات (%)					

\*\*، \* و ns: به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی دار

جدول ۲: مقایسه میانگین اثر شوری بر تجمع عناصر سدیم و پتاسیم در اندامهای گیاه آلروپوس (mgg<sup>-1</sup>dw)

پتاسیم ریشه	سدیم ریشه	پتاسیم برگ	سدیم برگ	پتاسیم ساقه	سدیم ساقه	
۱/۰۰۲ a	۰/۸۲۴ e	۲/۲۰ a	۱/۱۲۵ e	۳/۵۸a	۱/۴۹۳c	صفر
۰/۸۴۵۳ b	۱/۹۵d	۲/۱۱ a	۱/۵۲۰ d	۲/۹۱b	۳/۷۵۶b	۲۰۰
۰/۷۷۰۰c	۴/۲۰۱c	۲/۰۴ a	۲/۸۰۲ c	۲/۷۴b	۳/۹۳۰b	۴۰۰
۰/۶۳۸۳ d	۶/۹۹۴b	۲/۰۳a	۴/۷۹۴ b	۱/۹۶c	۴/۵۷۱b	۶۰۰
۰/۴۹۶۳ e	۹/۲۴۱ a	۱/۸۴ a	۶/۳۱۳ a	۱/۶۵c	۵/۵۵۳a	۸۰۰

در هر ستون میانگین های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن دارای اختلاف معنی دار نمی باشند

کمترین میزان عنصر پتاسیم در ریشه مشاهده شد که احتمالا به دلیل رقابت سدیم با پتاسیم برای محل های اتصال درون سلول به دلیل فراوانی بیشتر سدیم نسبت به پتاسیم در محیط ریشه است و از آنجا

که یون های سدیم و کلر شایع ترین عناصر موجود در خاک می باشند، باعث عدم توازن در جذب سایر یون های مغذی از جمله پتاسیم می شوند (۲۳). در بررسی اثر شوری بر روی گیاه آلوروپوس، افزایش میزان یون سدیم و کاهش یون پتاسیم در اندام هوایی و زیرزمینی این گیاه، توسط بارحومی و همکاران (۲۰۰۷) گزارش شد. همچنین با بررسی اثر شوری بر گیاه هالوفیت *Atriplex halimus*، محققین دریافتند که با ازدیاد نمک در محیط ریشه، بر میزان تجمع عنصر سدیم در اندام هوایی و ریشه افزوده و از میزان پتاسیم آن ها کاسته می شود (۳۸). محققین همچنین افزایش غلظت یون سدیم و کاهش غلظت یون پتاسیم در گیاه هالوفیت *Aeluropus lagopoides* را تحت تنش شوری گزارش کردند (۴۲). نتایج مشابهی در گیاهان هالوفیت *Salicornia europaea* و *griffithii* نیز مشاهده شده است (۳۰ و ۴۳).

### تأثیر شوری بر رنگیزه های گیاهی

تأثیر تنش شوری بر میزان کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها کاملاً معنی دار بود (جدول ۳). کلروفیل a، b و کل و همچنین کاروتنوئیدها در شرایط بدون تنش دارای بیشترین میزان و تحت تنش شوری از میزان آنها کاسته شد. بین تمامی تیمارها از نظر میزان کلروفیل (a، b و کل) تفاوت ها معنی دار بود (جدول ۴). ولی بین میزان کاروتنوئید در شوری های ۲۰۰ و ۴۰۰ تفاوت معنی داری وجود نداشت (جدول ۴). یکی از اثرات شوری در گیاه کاهش فعالیت فتوسنتزی در آن است که موجب کاهش کلروفیل (۲۹) و کاهش جذب CO<sub>2</sub> و ظرفیت فتوسنتزی می گردد (۲۲). البته تردیدی نیست که افزایش غلظت یون های سمی از جمله سدیم در بافت برگ، در اثر افزایش شوری محیط موجب تخریب کلروفیل می شود (۱۳). بنابراین تخریب کلروفیل توسط یون سدیم، به تنهایی موجب کاهش غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ می شود. همانطور که قبلاً اشاره شد، از آنجا که عنصر پتاسیم در باز و بسته شدن روزنه ها نقش دارد، یکی از اثرات مخرب کاهش میزان این عنصر، کاهش تبادلات گازی و در نتیجه، کاهش میزان فتوسنتز می باشد.

کاهش میزان کلروفیل هم می تواند به دلیل فعالیت بیشتر کلروفیلاز باشد (۲۰) و یا به دلیل تغییر متابولیسم نیتروژن در رابطه با ساخت ترکیب هایی نظیر پرولین باشد که در تنظیم اسمزی به کار می رود (۳۴). زیرا افزایش تولید پرولین موجب می شود تا گلوتامات که پیش ماده ساخت کلروفیل و پرولین است، کمتر در مسیر بیوسنتز کلروفیل شرکت داشته باشد. همچنین اولین آنزیم بیوسنتز کلروفیل، گلوتامات لیگاز می باشد که نمک از فعالیت آن ممانعت به عمل می آورد. بنابراین در شرایط شور تولید کلروفیل به دلیل کاهش فعالیت آنزیم گلوتامات لیگاز کاهش می یابد.

کاهش میزان کلروفیل گیاه آلوروپوس تحت تنش شوری با نتایج حاصل از پژوهش بارحومی و همکاران (۲۰۰۷a) در مورد همین گیاه، رضائی و همکاران (۱۳۸۳) در مورد گیاه پنبه و حکیم و همکاران (۲۰۱۰) درباره گیاه برنج مطابقت دارد (۱۵، ۶ و ۲۵). در آزمایشی بر روی گیاه هالوفیت *Atriplex portulacoides*

و قرار دادن آن تحت تنش شوری، کاهش میزان فتوستتوز در این گیاه، با افزایش میزان شوری گزارش شد (۴۰). همچنین در بررسی اثر شوری بر دو گونه از گیاه هالوفیت سالیکورنیا *Salicornia persica* و *Salicornia europaea* محققین دریافتند که با افزایش شوری، از میزان کلروفیل و کاروتنوئیدها کاسته می شود (۱۲).

جدول ۳: نتایج تجزیه واریانس اثر شوری بر میزان رنگیزه های گیاهی، قند محلول و نشاسته گیاه آلوروپوس

منابع تغییرات	رتبه آزادی	میانگین مربعات				کلروفیل			ضریب تغییرات (%)
		نشاسته		قند محلول		کل	a	b	
		برگ	ساقه	برگ	ساقه	کل	a	b	
بلوک	۲	۳۳۴۸	۶۷۰۶۹۰	۹/۱۷۹۴۵	۶/۰۲۲۱۹	۰/۰۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۳۶	۰/۰۰۰۳۰	
تیمار	۴	۷۴۹۵۱/۴۹**	۱۱۷۲۵۸/۰۶**	۵۵۶۴/۵۴۹**	۵۶۲۲/۶۲۷**	۰/۰۲۹**	۰/۶۴۰۷**	۲/۲۸۰۴**	
خطا	۸	۱۰۸/۱۴۵	۶۷۹/۲۱	۱۹/۱۶۷۷	۷۰/۳۶۱	۰/۰۰۰۰۳۶	۰/۰۰۰۰۷۲	۰/۰۰۰۰۶۷	
ضریب تغییرات (%)		۲/۷	۶/۳	۶/۱	۱۲/۴	۱/۹	۳/۳	۱/۶	

\*\* تأثیر معنی دار در سطح احتمال یک درصد

جدول ۴: مقایسه میانگین اثر شوری بر میزان تجمع رنگیزه های گیاهی، نشاسته و قند محلول در اندام های گیاه

آلوروپوس ( $\text{mg g}^{-1} \text{dw}$ )

تیمار	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئیدها	نشاسته برگ	نشاسته ساقه	قند محلول برگ	قند محلول ساقه
صفر	۲۲/۹۰a	۱۳/۰۷a	۳۵/۹۷۸a	۴/۰۲۹a	۱۴۱/۳۱d	۷۷/۱۳d	۴۴/۳۳d	۴۷/۵۸۴b
۲۰۰	۲۱/۶۱۰b	۱۱/۱۱b	۳۲/۷۲۳b	۳/۶۴۴b	۵۵۴/۹۸۰a	۵۸۳/۸۹a	۱۶/۵۸e	۲۳/۰۷۳c
۴۰۰	۲۰/۲۲c	۹/۴۸c	۲۹/۷۱۱c	۳/۵۶۲b	۴۶۶/۵۲۳b	۵۱۲/۲۰b	۷۴/۴۳c	۶۰/۷۴b
۶۰۰	۱۵/۶۷d	۵/۵۵d	۲۱/۲۶۳d	۳/۲۸۵c	۴۳۸/۱۹۳b	۴۷۹/۸۲bc	۱۰۳/۰۹۴b	۶۷/۵۸b
۸۰۰	۱/۵۸e	۱/۵۱e	۳/۱۰۱e	۱/۵۰۷d	۳۳۷/۸۸۰c	۴۱۹/۱۱c	۱۲۳/۰۹۹a	۱۳۸/۷۷۹a

در هر ستون میانگین های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن دارای اختلاف معنی دار نمی باشند

کاروتنوئیدها نیز یکی از رنگیزه های کلیدی و مهم سیستم آنتی اکسیدانی در گیاهان هستند که به تنش اکسیداتیو ایجاد شده در اثر تنش شوری، بسیار حساس می باشند (۲۶). کاهش میزان کاروتنوئیدها تحت تنش شوری، در مورد گونه های مختلف اکالیپتوس، توسط عصاره و شریعت، (۱۳۸۷) و در گیاه سورگوم، توسط مینهاس و همکاران (۱۹۸۹) و در گیاه *Heritiera fomes* توسط میترا و بانرجی (۲۰۱۰) گزارش شد (۷، ۳۵ و ۳۶).

## تأثیر تنش شوری بر محلول‌های سازگار

تأثیر تنش شوری بر میزان قندهای محلول و نشاسته برگ و ساقه نیز در سطح احتمال یک درصد معنی-دار بود (جدول ۳). میزان نشاسته برگ و ساقه تا شوری ۲۰۰، افزایش و سپس با افزایش شوری، کاهش معنی‌داری پیدا کرد. کمترین میزان نشاسته در برگ و ساقه در تیمار شاهد و بیشترین آن در تیمار ۲۰۰ مشاهده شد و با افزایش تنش شوری تا ۸۰۰ میلی مولار از میزان آن کاسته شد که البته میزان نشاسته در برگ بین تیمارهای ۴۰۰ و ۶۰۰ معنی‌دار نبود و در ساقه نیز بین تیمارهای ۴۰۰ و ۶۰۰ و تیمارهای ۶۰۰ و ۸۰۰ تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۴).

میزان قندهای محلول در برگ و ساقه نیز با افزایش شوری محیط تا ۲۰۰، کاهش و سپس با افزایش شوری، افزایش معنی‌داری پیدا کرد. این میزان بین تمامی تیمارها در برگ معنی‌دار و در ساقه بین تیمارهای شاهد، ۴۰۰ و ۶۰۰ معنی‌دار نبود (جدول ۴). این نتایج با نتیجه پژوهش پوراسماعیل و همکاران (۱۳۸۴) در مورد گیاه هالوفیت *Suaeda fruticosa* و نیز با پژوهش کریمی و همکاران (۱۳۸۵) درباره گیاه هالوفیت *Atriplex verrucifera* مطابقت دارد (۲ و ۹). گزارش مشابهی از افزایش قندهای محلول و کاهش نشاسته در برنج وجود دارد (۱۴). همچنین در بررسی اثر شوری بر دو گونه از گیاه هالوفیت سالیکورنیا *Salicornia persica* و *Salicornia europaea* محققین دریافتند که قندهای محلول با افزایش شوری، افزایش می‌یابد و در عوض از میزان پلی‌ساکاریدها کاسته می‌شود (۱۲). همچنین در آزمایش دیگری، با قرار دادن ارقام مختلف گندم تحت تنش شوری، میزان قندهای محلول افزایش یافت (۲۴). در یک پژوهش دیگر، با اعمال تنش شوری بر گیاه *Sesbania grandiflora* میزان قندهای محلول بطور معنی‌داری افزایش یافت (۱۸). رضائی و همکاران (۱۳۸۳) نیز با اعمال تنش شوری بر گیاه پنبه، افزایش میزان قندهای محلول را گزارش کردند (۶).

یکی از معمول‌ترین واکنش‌هایی که گیاهان در برابر تنش‌های محیطی به‌خصوص تغییرات اسمزی محیط (تنش خشکی و شوری) از خود بروز می‌دهند، پدیده‌ای موسوم به تنظیم اسمزی است. تجمع یافتن قند در اندام‌های گیاه و کاهش نشاسته در آنها که با تخریب مولکول‌های درشت در سلول‌های گیاهان به منظور گریز از انجام پلاسمولیز و برقراری تورژسانس بر اثر تنش‌های محیطی تحقق می‌یابد و در نتیجه مولکول‌های درشت‌تری نظیر نشاسته به ساکارز و سپس به گلوکز و فروکتوز شکسته می‌شوند، موجب منفی‌تر شدن پتانسیل آب در سلولها و تنظیم اسمزی می‌شود. علاوه بر تبدیل نشاسته به قندهای محلول، کاهش مصرف قند نیز عامل دیگری بر افزایش غلظت قند در سلول می‌باشد (۲۸). پژوهشگران همچنین افزایش قند را در گیاهان تحت تنش شوری به دلیل تأثیر این تنش بر کاهش قدرت انتقال آوندهای آبکش و یا تقلیل در مصرف اندام‌های مصرف‌کننده گزارش نمودند (۳۷).



## نتیجه گیری کلی

به طور کلی کاهش میزان رنگیزه های گیاهی در گیاه آلوروپوس، نشان دهنده آن است که رشد گیاه تحت تنش کاهش می یابد. با توجه به افزایش غلظت قندهای محلول و کاهش نشاسته در شوری های بالا (۸۰ دسی زیمنس بر متر) به نظر می رسد که گیاه آلوروپوس با تجزیه نشاسته و تولید قندهای ساده تر، به تنظیم اسمزی در سلول های خود می پردازد تا پتانسیل اسمزی را حفظ و خطر دهیدراتاسیون را کاهش دهد. اما با توجه به افزایش نشاسته تا شوری ۲۰ دسی زیمنس بر متر، چنین به نظر می رسد که در این سطح شوری، گیاه تنش را احساس نمی کند و منابع کربن را صرف ساخت و ذخیره قند می کند تا در مواقع تنش، این مولکول های درشت و ذخیره ای را تجزیه و صرف رشد کند. اما با بیشتر شدن سطح شوری، گیاه تنش را احساس کرده و نسبت های یونی بهم خورده و کاهش شدید پتاسیم را به همراه خواهد داشت که بقای گیاه را تهدید می کند. بنابراین آلوروپوس با تجزیه نشاسته و تولید قندهای محلول، به عنوان نوعی مکانیسم مقاومت به شوری وارد عمل می شود تا طی تجزیه نشاسته و تولید انرژی، صدمه کمتری به گیاه وارد شود.

## منابع

- ۱- ابرسجی، ق. ۱۳۷۹. شناسایی و بررسی برخی از ویژگی های اکوفیزیولوژیک آلوروپوس در مراتع شور و قلیایی شمال گرگان. پژوهش و سازندگی. شماره ۴۶. صفحات: ۲۵-۲۱.
- ۲- پوراسماعیل، م.، ل. قربانلی، ر. خاوری نژاد. ۱۳۸۴. اثر شوری روی جوانه زنی، وزن تر و خشک، محتوای یونی، پرولین، قند محلول و نشاسته گیاه *Suaeda fruticosa*. مجله بیابان. شماره دوم. صفحات: ۲۵۷-۲۶۵.
- ۳- تربتی نژاد، ن. م. ح. مقصودلواراد و آ. م. قره باش. ۱۳۷۹. تعیین ارزش غذایی دو گونه گیاه شور مرغ مرتعی *Aeluropus littoralis* و *Aeluropus logopoides* در گوسفند. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. شماره دوم. صفحات: ۳۱-۴۵.
- ۴- جعفری، م. ۱۳۷۳. سیمای شوری و شورروی ها. موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع. تعداد صفحات: ۶۲.
- ۵- حیدری شریف آباد، ح. ۱۳۸۰. گیاه و شوری. انتشارات موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع. تعداد صفحات: ۱۹۹.
- ۶- رضائی، م. ع.، ر. ع. خاوری نژاد و ح. فهیمی. ۱۳۸۳. پاسخ فیزیولوژیک پنبه به شوری های مختلف خاک. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. شماره ۶۲. صفحات: ۸۹-۸۱.
- ۷- عصاره، م. ح.، آ. شریعت. ۱۳۸۷. بررسی مقاومت به شوری در مرحله جوانه زنی و رشد رویشی در چهار گونه از اکالیپتوس. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد پانزدهم. شماره ششم. تعداد صفحات: ۱۴.
- ۸- علوی پناه، س. ک. ۱۳۷۱. احیای مناطق شور. (ترجمه). انتشارات سازمان جنگل ها و مراتع.
- ۹- کریمی، ق.، م. ل. قربانلی، ح. حیدری شریف آباد، م. ح. عصاره. ۱۳۸۵. بررسی مکانیسم های مقاومت به شوری در گونه مرتعی *Atriplex verrucifera (M.B)*. پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی. شماره ۷۳. صفحات: ۴۲-۴۸.

۱۰- میرمحمدی میبدی، س. ع. م. ب. قره یاضی. ۱۳۸۱. جنبه های فیزیولوژیک و به نژادی تنش شوری گیاهان. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. تعداد صفحات: ۲۷۴.

۱۱- میرمحمدی میبدی، س. ع. م. ع. ر. امینی حاجی آبادی و ج. خواجه الدین. ۱۳۸۲. ارزیابی دو گونه علفی آلوروپوس در کاهش شوری خاک و احیای اراضی شور. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. شماره دوم. صفحات: ۲۴۹-۲۴۱.

12- Aghaleh, M., Niknam, V., Ebrahimzadeh, H. and Razavi, K. 2009. Salt stress effects on growth, pigments, proteins and lipid peroxidation in *Salicornia persica* and *S. europaea*. *Biologia plantarum*. Vol 53(2):243-248.

13- Asch, F., Dingkuhn, M. and Droffling, K. 2000. Salinity increases CO<sub>2</sub> assimilation but reduces growth in field growth irrigated rice. *Plant and soil*. Vol 218: 1-10

14- Amirjani, M. R. 2011. Effect of salinity stress on growth, sugar content, pigments and enzyme activity of rice. *International Journal of Botany*. Vol 7(1): 73-81.

15- Barhoumi, Z., Djebali, W., Chaibi, W., Abdelly, Ch. and Smaoui, A. 2007a. Salt impact on photosynthesis and leaf ultrastructure of *Aeluropus littoralis*. *Journal of Plant Research*. Vol 120: 529-537.

16- Barhoumi, Z., Djebali, W., Smaoui, A., Chaibi, W. and Abdelly, Ch. 2007b. Contribution of NaCl excretion to salt resistance of *Aeluropus littoralis* (Willd) Parl. *Journal of Plant Physiology*. Vol 164(7): 842-850.

17- Barhoumi, Z., Djebali, W., Abdelly, Ch., Chaibi, W. and Smaoui, A. 2010. Ultrastructure of *Aeluropus littoralis* leaf salt glands under NaCl stress. *Protoplasma*. Vol 233(3-4): 195-202.

18- Dhanapackiam, S. and Muhammad Ilyas, M. H. 2010. Effect of salinity on chlorophyll and carbohydrate contents of *Sesbania grandiflora* seedlings. *Indian Journal of Science and Technology*. Vol 3(1): 64-66.

19- Dewan, M. L. and Famouri, J. 1964. The soils of Iran. Soil and Water Research Institute of FAO, Rome. 319pp.

20- Drazkiewicz, M. 1994. Chlorophyllase: occurrence, functions, mechanism of action, effects of external and internal factors. *Photosynthetica*. Vol 30: 321-331.

21- Fougere, F., Rudulier, D. L. and Streeter, J. G. 1991. Effects of salt stress on amino acid, organic acid, and carbohydrate composition of roots bacteroids, and cytosol of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Plant Physiology*. Vol 96: 1228-1236.

22- Francis G., Jhon, L., Jifo, S., Micaela, C. and James, P. S. 2002. Gas exchange, Chlorophyll and nutrient contents in relation to NA and CL accumulation in "sunburst" mandarin grafted on different root stocks. *plant science*. Vol 35: 314-320.

23- Gratten, S. R. and Mass, E.V. 1984. Interactive effect of salinity and substrate phosphate on Soybean. *Agronomy Journal*. 76: 668-679.

24- Hamada, A. M. and Khulaef, E. M. 2010. Effect of salinity and heat-shock on wheat seedling and content of carbohydrates, proteins and amino acids. *Biologia Plantarum*. Vol 37(3): 399-404.

25- Hakim, M. A., Juraimi, A. S., Ismail, M. R., Hanafi, M. M. and Selamat, A. 2010. Effect of salinity on chlorophyll contents, yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.). IRRC28 Abstract Evaluation Results sorted by Topic. Sequence: 4696.

26- Havaux, M. 1998. Carotenoids as membrane stabilizers in chloroplasts. *Trends in Plant Science*. Vol 3: 147-151.

27- Hansen, W. P. and Moller, I. 1975. Percolation of Starch and Soluble carbohydrates from plant tissue for quantitative determination with anthrone. *Anal Biochem*. Vol 68(1): 87-94.

28- Islam UI Haq, M. and Khan, M. F. A. 1971. Reclamation of saline and alkaline soils by growing Kallar grass. *The Nucleus*. Vol 8: 139-144.

29- Irma T., Jolan, C., Gabriella, S., Ferenc, H., Attila, P., Gabriella, K., Agnes, S., Margit, S. and Laszlo, E. 2002. Acclimation of tomato plants to salinity stress after a salicylic acid pre-treatment. *Proceeding of the 7th Hungarian congress on plant physiol*. Vol 46: 55-56.

30- Khan M. A., Ungar, I. A. and Showalter, A. M. 2000. Effects of salinity on growth, water relations and ion accumulation of the subtropical perennial halophyte, *Atriplex griffithii* var. stocksii. *Annals of Botany*. Vol 85: 225-232.

31- Kalaji, M. H. and Pietkiewicz, S. 1993. Salinity effects on plant growth and other physiological processes. *Acta Physiologiae Plantarum*. Vol 15: 89-124.

32- Li, M. Y. and Liu, Y. J. 1994. Halophytes of Yellow River Delta in North Shandong Province of China. *Journal of Qvfu Normal University*. Pages: 125-133.

- 33- Lichtenthaler, H. K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembrances. Methods in Enzymology. Vol 148: 350-382.
- 34- Maiti, R. K., Rosa, M. De La, and Gutierrez, L. A. A. 1994. Evaluation of several sorghum genotypes for salinity tolerance. International Sorghum and Millets Newsletter. Vol 35:121.
- 35- Minhas, P. S., Sharma, D. R. and Khosla, B. K. 1989. Response to sorghum to the use of saline waters. Journal of Indian Society of Soil Science. Vol 37:140-146.
- 36- Mitra, A. and Banerjee, K. 2010. Pigments of *Heritiera fomes* seedlings under different salinity conditions: perspective sea level rise. Mesopotamian Journal of Marine Science. Vol 25(1): 1 – 10.
- 37- Nieman, R. H. and Clark, R. A. 1973. Interactive effects of salinity and phosphorous nutrition on the concentration of phosphate and phosphate esters in mature corn leaves. Plant Physiology. Vol 57: 157-161.
- 38- Nedjimi, B. and Daoud, Y. 2006. Effect of Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> on the growth, water relations, proline, total soluble sugars and ion content of *Atriplex halimus* subsp. *schweinfurthii* through *in vitro* culture. Anales de Biología. Vol 28: 35-43.
- 39- Oross, J. W. and Thomson, W. W. 1982. The ultrastructure of the salt glands of *Cynodon* and *Distichlis* (Poaceae). American Journal of Botany. Vol 69: 939-949.
- 40- Redondo-Gomez, S., Mateos-Naranjo, E., Davy, A. J., Fernandez-Munoz, F., Castellanos, E. M., Luque, T. and Figueroa, M. E. 2007. Growth and photosynthetic responses to salinity of the salt-marsh shrub *Atriplex portulacoides*. Annals of Botany. Vol 100(3): 555-563.
- 41- Schachtman, D. P. and Liu, W. 1999. Molecular pieces to the interaction between potassium and sodium uptake in plants. Trends Plant Science. Vol 4:281-287.
- 42- Sobhanian, H., N. Motamed., F. Rastgar Jazil., Razavi, K., Niknam, V. and Komatsu, S. 2010. Salt stress responses of a halophytic grass *Aeluropus lagopoides* and subsequent recovery. Russian Journal of Plant Physiology. Vol 57: 784-791.
- 43- Ushakova S. A., Kovaleva, N. P., Gribovskaya, I. V., Dolgushev, V. A. and Tikhomirova, N. A. 2005. Effect of NaCl concentration on productivity and mineral composition of *Salicornia europaea* as a potential crop for utilization NaCl in LSS. Advances in Space Research. Vol 36: 1349-1353.
- 44- Wei, Y., Guangmin, X., Daying, Z. and Huimin, C. 2001. Transfer of salt tolerance from *Aeluropus littoralis* to wheat (*Triticum aestivum* L.) via asymmetric somatic hybridization. Plant Science. Vol 161: 259-266.
- 45- Watson, L. and Dallwitz, M. J. 1992. The Grasses Genera of the World. CAB International, Wallingford, Canada. 1038 pp.
- 46- Yunfei, Y. and Jiandong, L. 1994. Analysis of the production of three perennial alkali-saline grass community in alkali meadows in the Songnen plain. Pratacultural science. Vol 11: 32-35.