یافته های نوین کشاورزی
سال هشتم- شماره۳- بهار ۱۳۹۳

تأثیر شوری بر محتوای یونی، رنگیزه‌های گیاهی و قندهای محلول و نشاسته گیاه هالوفیت آلوروپوس *(Aeluropus littoralis)*

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 علوم‌کشاورزی و منابع‌طبیعی ساری در سال ۱۳۸۹، با ۵ سطح شوری (صفر، ۲۰، ٤۰، ٦۰ 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 به‌صورت مجزا محاسبه شدند. نتایج نشان دادند که با افزایش میزان شوری، کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئیدها به‌طور 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، به‌طوریکه 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 به‌دلیل محدودکردن انتقال سدیم به ساقه و نگهداری آن در ریشه به‌عنوان یکی از سازوکارهای مقاومت به شوری باشد. این نتایج نشان می‌دهد که گیاه آلوروپوس یک هالوفیت تجمع کننده 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 دریافت مقاله: ۹۱/٦/۲۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۲/۳/۳۰

مقدمه

تنش شوری یکی از مهمترین تنش‌های محدودکننده‌ی تولید محصولات زراعی است و بیش ازحدود 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 محیط‌های شور نیز نتیجه فرآیندهای سازگاری مانند انتقال یون و جایگزینی آنها، سنتز محلول‌های اسمزی و تجمع آنها در جهت تنظیم اسمزی و تغییر و تبدیل پروتئین‌ها برای ترمیم سلول‌ها است (۲۱). کره زمین یک سیاره شور است و وجود این خاک‌های شور در کره زمین پدیده‌ای طبیعی است زیرا نزدیک به ۷۵٪ سطح این سیاره خاکی را دریاهایی پوشانده‌اند که غلظت نمکهای آنها زیاد بوده و حاوی بیش از ۳۰ گرم سدیم کلرید در هر لیتر می‌باشد. بنابراین وجود خاک‌های شور نباید پدیده‌ای غیرطبیعی تلقی شوند (۵). بر اساس برآوردهای انجام شده، ۷ درصد از اراضی جهان (حدود ۹۳۰ میلیون هکتار) شور و ۳ درصد بسیار شور می‌باشند (۸) و این برآورد به‌دلیل میزان کم بارندگی، تبخیر زیاد از سطح خاک و آبیاری با آب‌های با املاح زیاد همچنان در حال افزایش است و هر ساله بالغ بر ده میلیون هکتار بر سطح این اراضی افزوده می‌شود، به‌گونه‌ای که نیمی از کل ۳۰۰ میلیون هکتار زمین‌های کشاورزی، با مشکل شوری ثانویه، قلیائیت و ماندابی شدن روبرو هستند (۳۱).

ایران کشوری است که دارای مناطق وسیع شور کویری است و وسعت خاک‌های شور در آن حدود ۲٤ میلیون هکتار است که معادل ۱۵٪ از اراضی کشور می‌باشد (٤). البته آب و هوای خشک و نیمه‌خشک ایران در تشکیل خاک‌های شور مناطق مختلف سهیم است (۱۹). قسمت بیشتر سطح کشور را به علت کمبود ذخایر آبی و نامساعد بودن شرایط آب و هوایی، اراضی شور و نیمه‌شور تشکیل می‌دهد(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 روزبه‌روز بر جمعیت دنیا افزوده می‌شود تأکید بیشتر بر استفاده از منابع گیاهانی است که با شرایط تغییر محیط سازگار هستند. گیاهان سازگار با نمک در اکثر محیط‌های شور و خشک یافت می‌شوند. تحقیقات شورزیستی 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 هالوفیت‌ها در خاک‌های بسیار شور رویش یافته و می‌توانند به‌عنوان 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 ٦۲ دسی زیمنس بر متر رشد کند (۱). محققان زیادی آلوروپوس را به‌عنوان یک گونه مقاوم به درجات بالای قلیایی خاک و از گیاهان شاخص خاک‌های شور و قلیا معرفی نمودند (۱۱، ٤۵و ٤٦). این گیاه قادر به جذب نمک خاک می‌باشد و آنرا از میان سیستم سلولی خود به سمت بالا انتقال می‌دهد و

سرانجام از طریق برگ های خود که دارای غدد نمکی(۱۷) هستند، به بیرون از گیاه ترشح می‌کند (۱، ٤و ۲۸). گزارش شده است که در هر سانتی‌مترمربع برگ گیاه آلوروپوس ٤۸۰۰ غده نمکی وجود دارد (۳۹). گیاه آلوروپوس گیاهی است پایا متعلق به خانواده گندمیان و طایفه کلروبیده و دارای گونه های متفاوتی می‌باشد به نام‌های لیتورالیس، لگوپوئیدز که در اکوسیستم‌های طبیعی استان خراسان و گلستان و منطقه رودشت اصفهان گزارش شده‌اند (۳) و گونه لیتورالیس اغلب در حاشیه باتلاق ها، سواحل دریاها و قسمتهای پست و آبگیر گسترش دارد. به‌طورکلی این گیاه می‌تواند در مناطق ساحلی و خشک رشد کند و شوری را تا آستانه یک درصد تحمل نماید (۳۲ و٤٤).

بنابراین با توجه به اینکه بخش‌های 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 پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاه آلوروپوس و نیز نحوه جذب برخی از عناصر توسط این گیاه، جهت کشت هالوفیتها در این مناطق، اهداف این تحقیق را تشکیل می‌دهد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، ۵ سطح شوری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در سه تکرار در شرایط گلخانه‌ای و در پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در سال ۱۳۸۹ به اجرا درآمد. سطوح مختلف شوری عبارت بودند از: ۰، ۲۰۰، ٤۰۰، ٦۰۰ و ۸۰۰ میلی مولار نمکهای کلرور سدیم و کلرید کلسیم و منیزیم که به نسبت های ۲:۱:۱ تهیه شدند، به‌طوریکه هدایت الکتریکی محلول‌های تهیه شده، به ترتیب۰، ۲۰، ٤۰، ٦۰ و ۸۰ دسی‌زیمنس بر متر شده که برای جلوگیری از شوک اسمزی، تیمارهای شوری بصورت تدریجی (پاساژدهی) اعمال گردیدند. ابتدا قلمه‌هایی با شرایط مشابه از گیاهان یک‌ساله تهیه و پس از ریشه‌دار 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 به‌طوریکه دمای آن حدود ۳۰- ۲۸ درجه سانتی‌گراد و میزان رطوبت آن حدود ۷۵ ٪ بود.

به منظور اندازه‌گیری صفات مورد نظر، ۲۵ روز پس از اعمال تیمارها، گیاهان را از منطقه یقه بریده و ریشه‌ها را به‌آرامی، بطوریکه ریشه‌های فرعی هیچ صدمه‌ای نبینند، همزمان با خالی‌کردن گلدان‌ها از خاک خارج کرده و سپس شسته و خشک شدند. اندام هوایی و ریشه‌ها، به مدت ٤۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد آون قرارداده شده و سپس با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شدند. سپس میزان عناصر سدیم و پتاسیم بخش‌های هوایی و زیرزمینی گیاه آلوروپوس، با دستگاه فلیم‌فتومتر شعله‌ای مدل کورنینگ EEL اندازه‌گیری شدند. میزان نشاسته و قندهای محلول به روش آنترون(۲۷) و صفات کلروفیل a، b و کل و

همچنین کاروتنوئیدها با استفاده از روش دی‌متیل سولفوکساید(۳۳) اندازه‌گیری شدند. برای این منظور، به ۰/۰۲ گرم از بافت خشک برگی ۲ سی‌سی محلول دی‌متیل سولفوکساید اضافه شده و سپس در انکوباتور در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت قرار داده شد. پس از خنک شدن نمونه‌ها جذب آنها در دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج‌های ٤۸۰ و ٦٦٥ و ٦٤۹ خوانده شده و سپس با استفاده از فرمول‌های زیر میزان آنها محاسبه شدند:

$$Chl\ a=12.47(A_{665})-3.62(A_{649})$$
$$Chl\ b=25.06(A_{649})-6.5(A_{665})$$
$$Chl\ (a+b)=[7.15(A_{665})+18.71(A_{649})]$$
$$C(x+c)=[1000(A_{480})-1.29(Cl\ a)-53.78(Cl\ b)]\ /220$$

که در این فرمول‌ها، A_{665}، A_{649}و A_{480} به‌ترتیب، میزان جذب محلول در طول‌موج‌های نامبرده می‌باشد. پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل آنها از طریق نرم افزار SAS و رسم نمودارها از طریق نرم افزار Excel و مقایسه میانگین ها از طریق آزمون چنددامنه‌ای 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 به‌صورت معنی‌داری، محتوای Na^+ را در تمام اندام‌های گیاه تحت تأثیر قرار داد (جدول۱)، به‌طوریکه میزان Na^+ در برگ‌ها، ساقه و ریشه گیاه آلوروپوس در مقایسه با شاهد افزایش معنی‌داری یافت(جدول۲) که البته این افزایش در ساقه گیاه، بین تیمارهای ۲۰۰، ٤۰۰ و ٦۰۰ معنی‌دار نبود ولی در برگ و ریشه در تمامی تیمارها، معنی‌دار بود.

نتایج این بررسی، همچنین کاهش محتوای K^+ را در اندام‌های گیاه آلوروپوس نشان داد که این کاهش در برگ‌ها، معنی‌دار نبود ولی در ساقه و ریشه گیاه معنی‌دار بود. تجمع پتاسیم در ساقه بیشتر از برگ و ریشه بود ولی پراکندگی عنصر پتاسیم در برگ و ساقه در شوری‌های ٦۰۰ و ۸۰۰ تقریبا مشابه بودند (جدول ۲). یکی از اثرات بارز شوری بر گیاه، اختلالات تغذیه‌ای است. این نوع اختلالات بیشتر در اثر تراکم زیاد یک یون نسبت به بقیه یون‌ها در محلول خاک می‌باشد، به‌طوریکه رقابت یونی مانع جذب برخی از یون‌ها توسط گیاه می‌شود. افزایش غلظت سدیم در بافت‌های گیاهی، یکی از نتایج اولیه تنش شوری است. محققین اعتقاد دارند که سدیم و پتاسیم برای انتشار به‌درون سلول، رقابت دارند (٤۱). زیرا این کاتیون‌ها توسط پروتئین‌های مشترکی انتقال می‌یابند و چون پتاسیم یک کوفاکتور ضروری برای بسیاری از آنزیم‌ها می‌باشد، در شرایط شور که سدیم بر پتاسیم غلبه دارد، حتی با وجود ناقلین با تمایل بالا، باز هم در گیاه کمبود پتاسیم ایجاد می‌شود.

کاهش کمتر عنصر پتاسیم در برگ‌ها تحت تنش شوری، در مقایسه با سایر اندام‌ها احتمالا به نقش این عنصر در فتوسنتز مربوط می‌شود. زیرا عنصر پتاسیم در باز و بسته شدن روزنه‌ها نقش داشته و یکی از اثرات مخرب کاهش میزان این عنصر، کاهش تبادلات گازی و در نتیجه، کاهش میزان فتوسنتز می‌باشد. بنابراین، اگر کاهش این عنصر بیش از این بود، فتوسنتز گیاه به‌کلی مختل شده و گیاه از بین می‌رفت. درحالیکه گیاه تا شوری ۸۰۰ میلی‌مولار نمک نیز به حیات خود ادامه داد (اگرچه کاهش رشد مشهود بود).

تجمع عنصر سدیم در شوری‌های بالای ٦۰۰ در ریشه بیشتر از سایر اندام‌ها بود که احتمالا به‌دلیل انتقال این عنصر از اندام هوایی به زیرزمینی تحت تنش زیاد بوده است و یا به‌دلیل محدودکردن انتقال سدیم به ساقه و نگهداری آن در ریشه به‌عنوان 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 ۱و ۲) که احتمالا به‌دلیل تجمع این عناصر در غدد نمکی (۱۷) موجود در برگ‌ها می‌باشد.

جدول۱: نتایج تجزیه واریانس اثر شوری بر تجمع عناصر سدیم و پتاسیم در اندام‌های مختلف گیاه آلوروپوس

	درجه آزادی	ساقه		برگ		ریشه	
		سدیم	پتاسیم	سدیم	پتاسیم	سدیم	پتاسیم
بلوک	۲	۰/۰۱۸۳	۰/۰۸٦٥	۰/۰۲۰۲	۰/۰۰۲٦	۰/۱٤۹٦	۰/۰۱۲٤٥
تیمار	٤	٦/۷٤٤**	۱/۷۹٤۱**	۱٤/٥۹۰**	۰/۰٥۱۲^{ns}	۳٦/٥۰٤۸**	۰/۱۱۲۳**
خطا	۸	۰/۰۸٦٦	۰/٦٤٥٦	۰/۰۰۷۳	۰/۰۲۳۳	۰/۰٤۱۲۹	۰/۰۳٦۹
ضریب تغییرات (٪)		۷/٦۲	۹/٤۷	۳/۱۳	۷/٤٥	٤/۳۷	٥/۲۹

**، * و ns: به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ ، ٥٪ و غیر معنی‌دار

جدول ۲: مقایسه میانگین اثر شوری بر تجمع عناصر سدیم و پتاسیم در اندام‌های گیاه آلوروپوس($mgg^{-1}dw$)

	سدیم ساقه	پتاسیم ساقه	سدیم برگ	پتاسیم برگ	سدیم ریشه	پتاسیم ریشه
صفر	۱/٤۹۳c	۳/٥۸a	۱/۱۲٥ e	۲/۲۰ a	۰/۸۲٤ e	۱/۰۰۲ a
۲۰۰	۳/۷٥٦b	۲/۹۱b	۱/٥۲۰ d	۲/۱۱ a	۱/۹٥d	۰/۸٤٥۳ b
٤۰۰	۳/۹۳۰b	۲/۷٤b	۲/۸۰۲ c	۲/۰٤ a	٤/۲۰۱c	۰/۷۷۰۰c
٦۰۰	٤/٥۷۱b	۱/۹٦c	٤/۷۹٤ b	۲/۰۳a	٦/۹۹٤b	۰/٦۳۸۳ d
۸۰۰	٥/٥٥۳a	۱/٦٥c	٦/۳۱۳ a	۱/۸٤ a	۹/۲٤۱ a	۰/٤۹٦۳ e

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند

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

که یون‌های سدیم و کلر شایع‌ترین عناصر موجود در خاک می‌باشند، باعث عدم توازن در جذب سایر یون‌های مغذی از جمله پتاسیم می‌شوند(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 آن‌ها کاسته می‌شود (۳۸). محققین همچنین افزایش غلظت یون سدیم و کاهش غلظت یون پتاسیم در گیاه هالوفیت *Aeluropus lagopoides* را تحت تنش شوری گزارش کردند(٤۲). نتایج مشابهی در گیاهان هالوفیت *Salicornia europaea* و *griffithii* نیز مشاهده شده است (٤۳و۳۰).

تأثیر شوری بر رنگیزه‌های گیاهی

تأثیر تنش شوری بر میزان کلروفیل a، b، کلروفیل‌کل و کاروتنوئیدها کاملاً معنی‌دار 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 معنی‌دار بود (جدول٤). ولی بین میزان کاروتنوئید در شوری‌های۲۰۰ و ٤۰۰ تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول٤). یکی از اثرات شوری در گیاه کاهش فعالیت فتوسنتزی در آن است که موجب کاهش کلروفیل(۲۹) و کاهش جذب CO_2 و ظرفیت فتوسنتزی می‌گردد (۲۲). البته تردیدی نیست که افزایش غلظت یون‌های سمی از جمله سدیم در بافت برگ، در اثر افزایش شوری محیط موجب تخریب کلروفیل می‌شود(۱۳). بنابراین تخریب کلروفیل توسط یون سدیم، به‌تنهایی موجب کاهش غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ می‌شود. همانطور که قبلا 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 می‌باشد.

کاهش میزان کلروفیل هم می‌تواند به‌دلیل فعالیت بیشتر کلروفیلاز باشد (۲۰) و یا به‌دلیل تغییر متابولیسم نیتروژن در رابطه با ساخت ترکیب‌هایی نظیر پرولین باشد که در تنظیم اسمزی به‌کار می‌رود (۳٤). زیرا افزایش تولید پرولین موجب می‌شود تا گلوتامات که پیش‌ماده 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 به‌عمل می‌آورد. بنابراین در شرایط شور تولید کلروفیل به‌دلیل کاهش فعالیت آنزیم گلوتامات لیگاز کاهش می‌یابد.

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،٦ و ۲۵). در آزمایشی بر روی گیاه هالوفیت *Atriplex portulacoides*

و قرار دادن آن تحت تنش شوری، کاهش میزان فتوسنتز در این گیاه، با افزایش میزان شوری گزارش شد (٤٠). 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 می‌شود (١٢).

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

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		کلروفیل			کاروتنوئیدها	نشاسته		قند محلول	
		a	b	کل		برگ	ساقه	برگ	ساقه
بلوک	۲	۰/۰۰۰۳۰	۰/۰۰۰۳٦	۰/۰۰۱۱۸	۰/۰۰۰۰۰٦	۳۳٤۸	٦۷۰٦۹۰	۹/۱۷۹٤٥	٦/۰۲۲۱۹
تیمار	٤	۲/۲۸۰٤**	۰/٦٤۰۷**	۵/۲۱۲**	۰/۰۲۹**	۷٤۹۵۱/٤۹**	۱۱۷۲۵۸/۰٦**	۵٥٦٤/۵٤۹**	۵٦۲۲/٦۲۷**
خطا	۸	۰/۰۰۰٦۷	۰/۰۰۰۷۲	۰/۰۰۲۲٦	۰/۰۰۰۰۳٦	۱۰۸/۱٤٥	٦۷۹/۲۱	۱۹/۱٦۷۷	۷۰/۳٦۱
ضریب تغییرات (٪)		۱/٦	۳/۳	۱/۹	۱/۹	۲/۷	٦/۳	٦/۱	۱۲/٤

** تأثیر معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

جدول ٤: مقایسه میانگین اثر شوری بر میزان تجمع رنگیزه‌های گیاهی، نشاسته و قندمحلول در اندام‌های گیاه آلوروپوس($mgg^{-1}dw$)

تیمار	کلرفیل a	کلرفیل b	کلرفیل کل	کارتنوئیدها	نشاسته برگ	نشاسته ساقه	قند محلول برگ	قند محلول ساقه
صفر	۲۲/۹۰a	۱۳/۰۷a	۳۵/۹۷۸a	٤/۰۲۹a	۱٤۱/۳۱۰d	۷۷/۱۳d	٤٤/۳۳d	٤۷/۵۸٤b
۲۰۰	۲۱/٦۱۰b	۱۱/۱۱b	۳۲/۷۲۳b	۳/٦٤٤b	۵٥٤/۹۸۰a	۵۸۳/۸۹a	۱٦/۵۸e	۲۳/۰۷۳ c
٤۰۰	۲۰/۲۲c	۹/٤۸c	۲۹/۷۱۱c	۳/۵٦۲b	٤٦٦/۵۲۳b	۵۱۲/۲۰b	۷٤/٤۳c	٦۰/۷٤ b
٦۰۰	۱۵/٦۷d	۵/۵۸d	۲۱/۲٦۳d	۳/۲۸۵c	٤۳۸/۱۹۳b	٤۷۹/۸۲bc	۱۰۳/۰۹٤b	٦۷/۵۸ b
۸۰۰	۱/۵۸e	۱/۵۱e	۳/۱۰۱۰e	۱/۵۰۷d	۳۳۷/۸۸۰c	٤۱۹/۱۱c	۱۲۳/۰۹۹a	۱۳۸/۷۷۹a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند

کاروتنوئیدها نیز یکی از رنگیزه‌های کلیدی و مهم سیستم آنتی اکسیدانی در گیاهان هستند که به تنش اکسیداتیو ایجاد شده در اثر تنش شوری، بسیار حساس می‌باشند(٢٦). کاهش میزان کاروتنوئیدها تحت تنش شوری، در مورد گونه‌های 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، ۳۵و٣٦).

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 ٤۰۰ و ٦۰۰ معنی‌دار نبود و در ساقه نیز بین تیمارهای ٤۰۰ و٦۰۰ و تیمارهای ٦۰۰ و۸۰۰ تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ٤).

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، ٤۰۰ و ٦۰۰ معنی‌دار نبود (جدول ٤). این نتایج با نتیجه پژوهش پوراسماعیل و همکاران(۱۳۸٤) 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 (۱٤). 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(۲٤). 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 (٦).

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 تنش های 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 می باشد (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

به‌طورکلی کاهش میزان رنگیزه‌های گیاهی در گیاه آلوروپوس، نشان‌دهنده آن است که رشد گیاه تحت تنش کاهش می یابد. با توجه به افزایش غلظت قندهای محلول و کاهش نشاسته در شوری‌های بالا (۸۰ دسی‌زیمنس بر متر) به‌نظر می‌رسد که گیاه آلوروپوس با تجزیه نشاسته و تولید قندهای ساده‌تر، به تنظیم اسمزی در سلول‌های خود می‌پردازد تا پتانسیل اسمزی را حفظ و خطر دهیدراتاسیون را کاهش دهد. اما با توجه به افزایش نشاسته تا شوری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر، چنین به‌نظر می‌رسد که در این سطح شوری، گیاه تنش را احساس نمی‌کند و منابع کربن را صرف ساخت و ذخیره قند می‌کند تا در مواقع تنش، این مولکول‌های درشت و ذخیره‌ای را تجزیه و صرف رشد کند. اما با بیشتر شدن سطح شوری، گیاه تنش را احساس کرده و نسبت‌های یونی بهم خورده و کاهش شدید پتاسیم را به‌همراه خواهد داشت که بقای گیاه را تهدید می‌کند. بنابراین آلوروپوس با تجزیه نشاسته و تولید قندهای محلول، به‌عنوان نوعی مکانیسم مقاومت به شوری وارد عمل می‌شود تا طی تجزیه نشاسته و تولید انرژی، صدمه کمتری به گیاه وارد شود.

منابع

۱- ابرسجی، ق. ۱۳۷۹. شناسایی و بررسی برخی از ویژگی‌های اکوفیزیولوژیک آلوروپوس در مراتع شور و قلیایی شمال گرگان. پژوهش و سازندگی. شماره ٤٦. صفحات: ۲۵-۲۱.

۲- پوراسماعیل، م.، م. ل. قربانلی.، ر. خاوری‌نژاد. ۱۳۸٤. اثر شوری روی جوانه‌زنی، وزن‌تر و خشک، محتوای یونی، پرولین، قند محلول و نشاسته گیاه *Suaeda fruticosa*. مجله بیابان. شماره دوم. صفحات: ۲۵۷-۲٦۵.

۳- تربتی‌نژاد، ن، م، ح، مقصودلوارد و آ. م، قره‌باش. 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: ٤۵-۳۱.

٤- جعفری، م.۱۳۷۳. سیمای شوری و شورروی‌ها. موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع. تعداد صفحات: ٦۲.

۵- حیدری شریف‌آباد، ح.۱۳۸۰. گیاه و شوری. انتشارات موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع. تعداد صفحات: ۱۹۹.

٦- رضائی، م. ع.، ر. ع. خاوری‌نژاد و ح. فهیمی. ۱۳۸۳. پاسخ فیزیولوژیک پنبه به شوری‌های مختلف خاک. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. شماره ٦۲. صفحات: ۸۹-۸۱.

۷- عصاره، م. ح.، آ. شریعت. ۱۳۸۷. بررسی مقاومت به شوری در مرحله جوانه‌زنی و رشد رویشی در چهار گونه از اکالیپتوس. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد پانزدهم. شماره ششم. تعداد صفحات: ۱٤.

۸- علوی‌پناه، س. ک. ۱۳۷۱. احیای مناطق شور. (ترجمه). انتشارات سازمان جنگل‌ها و مراتع.

۹-کریمی، ق.، م. ل. قربانلی.، ح. حیدری شریف‌آباد.، م. ح. عصاره. ۱۳۸۵. بررسی مکانیسم‌های مقاومت به شوری در گونه مرتعی *Atriplex verrucifera (M.B)* . پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی. شماره ۷۳. صفحات: ٤۲-٤۸.

۱۰- میرمحمدی میبدی، س. ع. م.، ب. قره‌یاضی. ۱۳۸۱. جنبه‌های فیزیولوژیک و به‌نژادی تنش شوری گیاهان. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. تعداد صفحات: ۲۷٤ .

۱۱- میرمحمدی میبدی، س. ع. م.، ع. ر. امینی‌حاجی‌آبادی و ج. خواجه‌الدین. 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:۲٤۹-۲٤۱.

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 CO2 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. Photosythetica. 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 ganotypes for salinity tolerance. International Sorghumand 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 Clarc, 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 Na2SO4 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 responces 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 siensis 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 producton of three perennial alkali-saline grass community in alkali meadows in the Songnen plain. Pratacultural science. Vol 11: 32-35.