

## اثر تنش شوری بر پارامترهای مورفولوژی و فیزیولوژی سه گونه اکالیپتوس

عاتکه توکلی نیا<sup>۱</sup>، محمد حسن عصاره<sup>۲</sup>، آناهیتا شریعت<sup>۳\*</sup> و غلامرضا بخشی خانیکی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه پیام نور، مرکز تهران

۲- استاد، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران

۳- نویسنده مسئول مکاتبات، پژوهشگر مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران

پست الکترونیک: shariat@rifr-ac.ir

۴- استاد، گروه بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۴/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۶/۲۹

### چکیده

تنش شوری یکی از مهمترین موانع رشد گیاهان عالی در خاک‌های نواحی خشک و ساحلی می‌باشد. این تحقیق به منظور بررسی و مقایسه مقاومت به شوری در سه گونه اکالیپتوس *E. wandoo*, *E. largiflorense*, *Eucalyptus sideroxylon* در برابر تیمارهای تنش شوری (شامل غلظت‌های مختلف نمک طعام: صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار) در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. بعد از گذشت سه ماه، اعمال تیمارهای مختلف نمک آغاز شد و به مدت سه هفته به طول انجامید. نمونه برداری از برگ‌های انتهایی نهال‌ها انجام گرفت و صفات مختلف از جمله رنگیزه‌های گیاهی، قند، پرولین، بتاین، گلیسین و غلظت عناصر موجود در ریشه و برگ، پارامترهای رشد از جمله زیتوده، سطح برگ، تعداد روزنه‌های هر دو سطح برگ، نسبت ریشه به اندام هوای، درصد رطوبت نسبی برگ، میزان کمبود آب نسبت به حالت اشباع، آماس برگ، موجودی هر واحد سطح برگ، سطح ویژه برگ و صفات ظاهری از جمله پژمردگی، خشکیدگی و ریزش برگ‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که افزایش تنش شوری منجر به افزایش میزان پرولین، قندهای محلول، بتاین، گلیسین و نیز افزایش پژمردگی، ریزش و خشکیدگی برگ‌ها و کاهش رنگیزه‌های گیاهی و پارامترهای رشد در هر سه گونه شد و گونه *E. largiflorense* به عنوان مقاومترین گونه با داشتن بیشترین مقادیر پرولین، قندهای محلول، گلیسین بتاین، رنگیزه‌های گیاهی، عناصر موجود در برگ و کمترین مقادیر صفات ظاهری پژمردگی، خشکیدگی، افتادگی انتخاب شد.

واژه‌های کلیدی: اکالیپتوس، بتاین، گلیسین، پرولین، تنش شوری، قندهای محلول، کلروفیل.

### مقدمه

(1994). گونه‌ها و واریته‌های یک جنس توانایی بسیار گسترده‌ای در تحمل نمک را دارند و از آنجائی که تنوع بسیار زیادی در گونه‌های مختلف اکالیپتوس وجود دارد، بررسی تحمل شوری در گونه‌های مختلف می‌تواند ما را به انتخاب

شوری مشکلات متعددی را بر رشد و توسعه گیاه خصوصاً در گلیکوفیت‌ها از طریق تاثیرات منفی بر خصوصیات فیزیولوژیک گیاه دارد (Shannon et al.,

خشک و فتوسنتز برگ نهال‌های *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh و *Dalbergiasissoo* Roxb. در چهار سطح ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌مولار در کشت گلدانی بررسی شد (Rawat & Banerjee, 1998). تمام سطوح مختلف شوری تاثیر بر زنده‌مانی نهال‌ها نداشت ولی رشد گیاه و تولید وزن خشک آن بنابر نوع گونه و غلظت نمک تحت تاثیر قرار گرفت شوری باعث کاهش تعداد برگ‌ها و وزن خشک گیاه شد ولی در گونه *E. camaldulensis* در تمام سطوح شوری و در *D. sissoo* فقط در تیمار ۴۰ میلی‌مولار باعث تحریک ماده خشک شد. این بررسی نشان داد که سطوح پایین نمک معمولاً باعث افزایش رشد، تولید زیتوده و سرعت فتوسنتز در دو گونه شد و *E. camaldulensis* مقاومت به شوری بالاتری را نسبت به *D. sissoo* نشان داد. در تحقیقی تحمل نمک در سه گونه *E. alba*، *E. camaldulensis*، *E. microtheca* مورد بررسی قرار گرفت (Prat and Fathi-Ettai, 1989). نهال‌های سه ماهه در گلخانه توسط محلول‌هایی تا شوری ۷۰۰ میلی‌مولار آبیاری شدند. محتوای مواد معدنی و قندهای محلول تحت تاثیر شوری قرار گرفت به‌خصوص میزان پتاسیم و کلسیم و میزان پروتئین‌های محلول اسیدهای آمینه قندهای محلول افزایش یافت. از دلایل بررسی تحمل گونه‌های اکالیپتوس نسبت به شوری این است که این گیاه دارای پتانسیل عمده در احیای زمین‌های بی‌حاصل و حتی زمین‌های غرقابی و در درجه بعدی به‌طور وسیعی برای تولید ماده خام صنایع چوبی، سوخت چوبی و به‌عنوان علوفه استفاده می‌شود. در این تحقیق هدف تشخیص تحمل شوری و معرفی مناسب‌ترین گونه برای احداث و یا احیای جنگل در زمین‌های متاثر از نمک بود.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور انجام شد. متوسط دمای روزانه ۲۵ درجه سانتی‌گراد و متوسط دمای شبانه ۱۵ درجه سانتی‌گراد بود. سه گونه *E. wandoo*، *E. largiflorens*، *E. sideroxylon*

متحمل‌ترین گونه کمک کند. شوری زیاد ناشی از کلرید سدیم حداقل سه نوع اشکال در گیاهان ایجاد می‌کند: ۱- فشار اسمزی محلول بیرونی از فشار اسمزی سلولهای گیاهی فزونی می‌گیرد، که این خود مستلزم تنظیم اسمزی توسط سلولهای گیاهی به‌منظور اجتناب از پساایدگی (توانایی نگهداری آب در بافت) می‌باشد. ۲- برداشت و انتقال یون‌های پتاسیم و کلسیم توسط سدیم اضافی دچار اختلال می‌شود. ۳- سطوح بالای سدیم و کلر اثرات سمی مستقیمی بر سیستم‌های غشایی و آنزیمی ایجاد می‌کند. مشکل اسمزی در گیاهان تحت تنش خشکی نیز ایجاد می‌شود و از حدود ۱۰۰ سال پیش این اصطلاح وجود دارد که تنش شوری خود شکلی از خشکی فیزیولوژیک می‌باشد (Basra, 2002). گیاهان عالی همانند جلبک‌ها، تنظیم اسمزی سیتوپلاسمی را از طریق تجمع مواد آلی مختلف مثل گلیسین بتائین، پرولین، قندها و سایر مواد ایجادکننده اسمز انجام می‌دهند که فشار اسمزی سیتوپلاسمی را بالا می‌برند (Yeo & Flowers, 1984). گیاهان عالی با یک چالش جدی دیگر در رابطه با تنظیم اسمزی مواجه هستند و آن واکوئل مرکزی بزرگ سلول گیاهی است که تنظیم‌کننده آماس و گسترش سلولی بوده و حداقل مقدار حجم مایع آن ۲۰ برابر سیتوپلاسم است (Jeschke, 1984). تنوع ژنتیکی بین گونه‌ای برای تحمل شوری و همچنین تنوع ژنتیکی درون گونه‌ای برای تحمل شوری و غرقابی در جنس اکالیپتوس گزارش شده است (Marcar et al., 2002). در تحقیق ذکر شده، دو گونه *E. grandis* و *E. globulus* Labill. subsp. *globulus* که از نظر چوب اهمیت تجاری دارند ولی از نظر تحمل نمک و غرقاب متفاوتند را مورد بررسی قرار دادند. آنها آزمایشاتی را در میان پرووانانس‌های گونه‌های فوق انجام دادند. در تمامی آزمایش‌ها از مخلوطی از کلریدهای سدیم، منیزیم، کلسیم، و سولفات منیزیم و با نسبت مولی ۱:۲:۱۲ از سدیم، منیزیم، کلسیم و ۸:۱ از سولفات کلرا استفاده شد. در هر دو گونه وزن خشک ساقه و بلندی با ترکیب نمک و غرقاب، کاهش بیشتری نسبت به هر کدام از تیمارها به تنهایی نشان داد. در تحقیق دیگری اثر شوری کلرید سدیم بر رشد، تولید وزن

تعیین میزان درصد رطوبت نسبی برگ (RWC): مقدار رطوبت نسبی برگ‌ها با استفاده از رابطه زیر به دست آمد (Beadle et al., 1993).

$$RWC = \frac{(WF - WD)}{(WT - WD)} \times 100$$

که در این رابطه WF = وزن تر برگ‌ها، WD = وزن خشک برگ‌ها، WT = وزن آماس برگ‌ها. تعیین میزان کمبود آب نسبت به حالت اشباع (WSD): برای محاسبه این پارامتر از رابطه  $RWC = 100 - WSD$  استفاده می‌شود (Beadle et al., 1993).

در اینجا میزان کمبود آب نسبت به ۱۰۰٪ رطوبت برگ در نظر گرفته می‌شود. داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات فیزیولوژی و مورفولوژی در نرم‌افزار (SPSS) آنالیز شدند.

### نتایج

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف شوری بر سه گونه اکالیپتوس که شامل صفاتی چون پژمردگی، خشکیدگی، افتادگی، درصد افزایش طول ساقه، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی، میزان سطح برگ، تعداد روزنه‌ی دو سطح برگ، وزن آماس برگ، (RWC، SLA، LWCA)، نسبت وزن ریشه به اندام هوای (R/S)، میزان عناصر موجود در ریشه (سدیم، پتاسیم، منیزیم، کلسیم) میزان قندهای محلول، میزان رنگدانه‌های گیاهی (کلروفیل‌های a و b، کلروفیل کل، کاروتن)، میزان پرولین و گلیسین بتائین موجود در برگ در جدول ۱ آمده است. همانطور که ملاحظه می‌شود اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف تیمارهای شوری در تمامی صفات وجود داشت و در بین گونه‌های ذکر شده و اثر متقابل بین گونه و تیمار نیز در تمامی موارد به‌جز صفت درصد افزایش طول ساقه اختلاف معنی‌داری وجود داشت. می‌توان این‌طور تعبیر کرد که تیمارهای مختلف اثر مشابه در گونه‌های مختلف از خود نشان دادند و این اثرات از گونه‌ای به گونه دیگر متفاوت است. جدول ۲ میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس اثر شوری بر سه گونه اکالیپتوس و در جدول ۳ مقایسه میانگین صفات مختلف سه گونه اکالیپتوس به‌روش دانکن نشان داده است.

برای این مطالعه انتخاب شدند. بذرها در درون سیلیس با ابعاد (۲-۱) میلی‌متر کاشته شدند. سیلیس‌ها از قبل کاملاً شسته و در درون آون استریل شدند. علت استفاده از سیلیس عاری بودن از هر گونه مواد غذایی و نمک می‌باشد، در نتیجه اثر متقابل مربوط به خاک حذف گردیده و تمام شرایط کاملاً کنترل شد. گلدها نیز با استفاده از وایتکس ضد عفونی شدند. بعد از شروع جوانه‌زنی برای آبیاری گلدها از محلول غذایی استفاده شد (Heidari sharifabad, 1994). بعد از گذشت سه ماه تیمارهای مختلف شوری شامل صفر (شاهد)، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار نمک طعام (کلرید سدیم) و سه گونه اکالیپتوس و با سه تکرار در قالب طرح فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. بعد از گذشت ۲۰ روز از اعمال تیمارها گیاهان به‌منظور اندازه‌گیری صفات زیست‌ده، وزن تر ریشه و ساقه، سطح برگ، میزان درصد رطوبت نسبی برگ (RWC) موجودی هر واحد برگ (LWCA)، سطح ویژه برگ (SLA)، اندازه‌گیری کلروفیل (a, b)، کل، کاروتنوئیدها، قند و پرولین برداشت شدند و صفات ظاهری از جمله صفات پژمردگی، ریزش و خشکیدگی برگ‌ها اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری میزان کل قندهای محلول از روش آترومن استفاده شد (Irigoyen et al., 1992). محتوی پرولین نیز بر اساس وزن تر با استفاده از روش (Bates et al., 1973) انجام شد. رنگدانه‌های گیاهی نیز با استفاده از روش استون استخراج شدند (Wintermans & Motes, 1965) و برای اندازه‌گیری گلیسین بتائین از روش Grattan و Greive (۱۹۸۳) استفاده شد.

سطح ویژه برگ (SLA): این معیار با استفاده از رابطه زیر تعیین شد (Ashriyeh, 2000):

$$= \text{سطح ویژه برگ} / \text{SLA}$$

(وزن ماده خشک برگ / سطح برگ در گیاه)

موجودی آب هر واحد سطح برگ (LWCA): این معیار از طریق رابطه زیر در هر زمان محاسبه شد (Ashriyeh, 2000).

$$\text{سطح برگ} / (\text{وزن خشک برگ} - \text{وزن تر برگ}) = LWCA$$

جدول ۱- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس اثر شوری (NaCl) بر سه گونه اکالیپتوس *E. wandoo* *E. sideroxylon* *E. largiflorens* در آزمایش فاکتوریل

R/S	LWCA	SLA	RWC	آماس برگ	تعداد روزنه زیرین	تعداد روزنه رویی	سطح برگ	وزن خشک اندام هوایی	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک ریشه	وزن تر ریشه	افزایش طول ساقه	صفات منابع تغییرات			
													پژمردگی خشکیدگی	افتادگی	گانه	
۱۰۹**	.**	۴۰۹**	۷۷**	۰/۰۸**	۱۱۷۴۹۵۰۰**	۱۲۵۵۸۱۴۸**	۱۶۱**	۳/۷**	۳۰۰**	۴/۶**	۸۳/۵**	۲۵ <sup>n.s.</sup>	۳۸۶**	۲۹۱۸**	۸۱۲**	گونه
۱/۰**	۲E-۰۶**	۷۹۰**	۲۱۹۴**	۰/۰۲**	۷۲۱۶۱۱**	۵۵۱۹۱۵**	۵۸**	۱/۰۸**	۱۵**	۰/۴۸**	۵/۲**	۲۳۳۲**	۱۳۰۳**	۱۲۲**	۱۰۱**	تیمار شوری
۰/۴۱**	۲E-۰۷**	۷۵**	۴۰۴**	۰/۰۰۲**	۱۰۸۹۴۴**	۳۰۲۳۸۲**	۱۹**	۱/۰۶**	۶/۶**	۰/۱۷**	۱/۰**	۳۷ <sup>n.s.</sup>	۱۵۶**	۶۷۳**	۲۶۵**	اثر متقابل گونه×تیمار
۰/۰۱	۲E-۰۹	۶/۱	۲/۱	.	۷۰۰۰	۱۲۰۰۰	۰/۲۱	۰/۰۰۲	۰/۳۷	۰/۰۰۳	۱/۱۲	۵۰/۸	۸/۸۴	۴۰/۰	۱۸/۹	خطا

\*\* معنی دار در سطح ۱ درصد \* معنی دار در سطح ۵ درصد n.s معنی دار نمی باشد.

ادامه جدول ۱-۱

گلیسین بتائین	پرولین	کاروتن	کلروفیل کل		قند	LAR	WSD	کلسیم ریشه	منیزیم ریشه	پتاسیم ریشه	سدیم ریشه	کلسیم برگ	منیزیم برگ	پتاسیم برگ	سدیم برگ	صفات منابع تغییرات	
			a	b												گانه	تیمار شوری
۱۶۶۶۲۹۰**	۳۶**	۱/۱۷**	۱۹/۱**	۲/۷**	۳۲**	۴۵۰۱۳۴**	۲/۱**	۱۲۹۰**	۷۵۸**	۱۰/۷**	۱۲/۷**	۴۷۵**	۱/۲*	۱/۳۵**	۷۳/۳۳**	۱۹/۷۴**	گونه
۲۶۰۸۳۱**	۸**	۰/۴۰**	۶/۳**	۱/۰۵**	۳/۲**	۳۸۰۱۷۷**	۶/۴**	۱۴۵۶**	۲۳۳**	۱۱/۰۲**	۲۶/۶**	۷۷۷**	۱۸/۳**	۰/۹۲**	۱/۴۸**	۵۸۸/۶۵**	تیمار شوری
۲۱۱۶۳**	۳/۹**	۰/۰۳**	۰/۷**	۰/۳۷**	۱/۱**	۴۰۶۴۸**	۰/۰۹**	۲۲**	۳۹**	۱/۷۴**	۲/۴**	۱۳**	۵/۴**	۰/۰۲**	۷/۲۸**	۳۶/۷۲**	اثر متقابل گونه×تیمار
۲۷۷	۰/۰۰۵	.	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۳۴۰	۰/۰۰۴	۱/۶	۱/۱۶	۰/۰۳	۰/۰۸	۲/۰	۰/۱۷	۰/۰۰۵	۰/۵۱	۰/۷۲	خطا

\*\* معنی دار در سطح ۱ درصد \* معنی دار در سطح ۵ درصد n.s معنی دار نمی باشد.

اثر تنش شوری بر پارامترهای مورفولوژی و ...

جدول ۲- جدول مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف شوری (NaCl) بر صفات مختلف بروی سه گونه اکالیپتوس *E. sideroxylon*, *E. wandoo*, *E. largiflorens*

صفات سطوح مختلف شوری	پژ مردگی (%)	خشکیدگی (%)	افتادگی (%)	افزایش طول ساقه (cm)	وزن تر ریشه (g)	وزن خشک ریشه (g)	وزن تر اندام هوایی (g)	وزن خشک اندام هوایی (g)	سطح برگ (cm <sup>2</sup> )	تعداد روزنه رویی
شاهد (۰)	۰±۰e	۰±۰e	۰±۰e	۴۵/۶±۲/۴a	۴/۲±۰/۹a	۰/۹۳±۰/۳A	۵/۸±۱/۷a	۰/۴۴±۰/۲a	۸/۲±۱/۹a	۷۶۱±۲۱۴e
۵۰ mM NaCl	۴/۲±۰/۷d	۶/۱±۱/۰d	۵/۲±/۴۹d	۲۰/۷±۲/۹b	۳/۶±۰/۷b	۰/۷۲±۰/۲B	۵/۱±۱/۶b	۰/۳۹±۰/۲B	۶/۱±۱/۳b	۹۳۹±۲۳۶d
۱۰۰ mM NaCl	۱۱/۳±۲/۱c	۲۴/۵۵±۳/۹c	۱۱/۶±/۹۱c	۱۳/۶±۳/۱c	۳/۲±۰/۶c	۰/۶۰±۰/۱c	۴/۳±۱/۳c	۰/۳۴±۰/۱c	۴/۳±۰/۹c	۱۰۵۰±۲۶۰c
۱۵۰ mM NaCl	۱۹±۳/۳b	۴۱/۶۶±۷/۶b	۱۸/۳±۲/۵b	۷/۹±۱cd	۲/۷±۰/۵d	۰/۴۸±۰/۱d	۳/۳±۱/۰d	۰/۲۵±۰/۱d	۲/۸±۰/۳d	۱۲۰۶±۲۹۷b
۲۰۰ mM NaCl	۳۷/۱±۶/۶a	۵۶±۹/۹a	۳۰/۸±۴/۹a	۵/۸± /۷d	۲/۳±۰/۵e	۰/۳۲±۰/۱E	۲/۵±۰/۷e	۰/۲۱±۰/۱d	۱/۹±۰/۲d	۱۴۰۷±۳۵۸a

ادامه جدول ۲-

صفات سطوح مختلف شوری	تعداد روزنه زیرین	آماس برگ (g)	RWC (%)	SLA (m <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup> )	LWCA (kg m <sup>-2</sup> )	(R/S) (g)	سدیم برگ (mg g <sup>-1</sup> )	پتاسیم برگ (mg g <sup>-1</sup> )	منیزیم برگ (mg g <sup>-1</sup> )	کلسیم برگ (mg g <sup>-1</sup> )
شاهد (۰)	۱۳۲۲±۲۱۲e	۰/۲۰±۰/۰۱e	۸۱±۲/۴a	۴۶±۵/۴a	۰/۰۰۵۹e	۲/۳±۰/۶d	۲۵±۱/۳e	۱۷±۰/۴b	۱/۹±۰/۱A	۶/۷±۰/۴B
۵۰ mM NaCl	۱۴۵۵±۲۲۶d	۰/۲۵±۰/۰۱d	۷۷±۳/۰b	۴۰±۶/۲b	۰/۰۰۶۸d	۲/۴±۰/۷C	۳۴±۰/۸d	۱۸±۰/۶a	۱/۸±۰/۱B	۷/۱±۰/۴a
۱۰۰ mM NaCl	۱۵۸۳±۲۵۲c	۰/۲۷±۰/۰۲c	۷۱±۲/۹c	۳۲±۵/۳c	۰/۰۰۷۸c	۲/۸±۰/۸b	۳۷±۱/۰c	۱۷±۰/۵b	۱/۶±۰/۱C	۵/۲±۰/۲c
۱۵۰ mM NaCl	۱۷۷۷±۲۶۶b	۰/۳۰±۰/۰۲b	۶۳±۴/۸d	۲۹±۴/۳d	۰/۰۰۸۹b	۲/۹±۰/۸b	۴۲±۰/۵b	۱۷±۰/۸b	۱/۳±۰/۱d	۴/۷±۰/۳d
۲۰۰ mM NaCl	۲۰۴۴±۳۳۲a	۰/۳۵±۰/۰۳a	۴۳±۸/۱e	۲۲±۲/۷e	۰/۰۰۹۸a	۳/۱۶±۰/۹a	۴۶±۱/۰a	۱۸±۱/۲ab	۱/۴±۰/۱e	۳/۷±۰/۴e

ادامه جدول ۲-

صفات سطوح مختلف شوری	سدیم ریشه (mg g <sup>-1</sup> )	پتاسیم ریشه (mg g <sup>-1</sup> )	LAR (m <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup> )	قند برگ (mg g <sup>-1</sup> )	کلروفیل a (mg g <sup>-1</sup> )	کلروفیل b (mg g <sup>-1</sup> )	کلروفیل کل (mg g <sup>-1</sup> )	کاروتن (mg g <sup>-1</sup> )	پروئین (mg g <sup>-1</sup> )	گلیسین بتائین برگ (mg g <sup>-1</sup> )
شاهد (۰)	۱۶/۹±۰/۸e	۳/۷±۰/۲e	۳/۷±۰/۱a	۵۷۹±۱۵e	۲/۶۶±۰/۶a	۱/۵±۰/۳a	۲/۹±۰/۴a	۱/۰±۰/۱a	۰/۸±۰/۲d	۶۶۷±۶۴e
۵۰ mM NaCl	۲۳/۵±۱/۷d	۴/۸±۰/۱d	۲/۶±۰/۲b	۶۵۴±۲۲d	۲/۳۰±۰/۵b	۱/۱±۰/۲b	۲/۵±۰/۴b	۰/۹±۰/۱b	۰/۷±۰/۲d	۷۸۹±۸۸d
۱۰۰ mM NaCl	۲۹/۹±۲/۰c	۵/۷±۰/۲c	۲/۴±۰/۱c	۷۵۲±۴۵c	۱/۶۹±۰/۴c	۰/۹±۰/۱c	۱/۶±۰/۳c	۰/۷±۰/۱c	۱/۱±۰/۳c	۹۱۴±۱۰۲c
۱۵۰ mM NaCl	۳۵/۰±۱/۶b	۶/۶±۰/۴b	۱/۵±۰/۱d	۹۱۸±۷۳b	۱/۴±۰/۳d	۰/۸±۰/۱d	۱/۳±۰/۲d	۰/۶±۰/۱d	۱/۹±۰/۶b	۱۰۰۰±۱۱۲b
۲۰۰ mM NaCl	۴۰/۶±۲/۲a	۸/۲±۰/۶a	۱/۲±۰/۱e	۱۰۸۷±۹۴a	۱/۲±۰/۲e	۰/۷±۰/۰e	۰/۹±۰/۲e	۰/۵±۰/۰e	۲/۹±۰/۹a	۱۰۹۸±۱۱a

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حداقل یک حرف مشابه هستند بر اساس آزمون دانکن دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد نمی‌باشد.

جدول ۳- جدول مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف شوری (NaCl) بر صفات مختلف بروی سه گونه اکالیپتوس *E. sideroxylon*, *E. wandoo*, *E. largiflorens*

صفات	پژ مردگی (%)	خشکیدگی (%)	افتادگی (%)	افزایش طول ساقه (cm)	وزن تر ریشه (g)	وزن خشک ریشه (g)	وزن تر اندام هوایی (g)	وزن خشک اندام هوایی (g)	سطح برگ (cm <sup>2</sup> )	تعداد روزنه رویی
<i>E. largiflorens</i>	۸/۷±۱/۶b	۱۰±۱/۷c	۷/۶±۱/۲c	۲۰±۴۰/۷a	۵/۵±۰/۳a	۱/۰۹±۰/۱۱a	۹/۳±۰/۷a	۰/۹۰±۰/۱a	۲/۹±۰/۲b	۱۵۳۳±۱۴۸/۵b
<i>E. sideroxylon</i>	۱۱/۶±۳/۴b	۳۰±۷/۳b	۱۴/۶±۳/۳b	۱۸±۴/۲a	۳/۳±۰/۱b	۰/۷۴±۰/۰۵b	۲/۳±۰/۱b	۰/۰۷±۰/۰b	۲/۶±۰/۳b	۱۶۶۶±۳۹/۸a
<i>E. wandoo</i>	۲۲/۶±۵/۹a	۳۶±۸/۳a	۱۷/۴±۴/۴a	۱۷±۳/۵a	۰/۸±۰/۱c	۰/۰۰۸±۰/۰c	۱/۰±۰/۱c	۰/۰۹۰±۰/۰c	۸/۵۰±۱/۳a	۱۹±۰/۵c

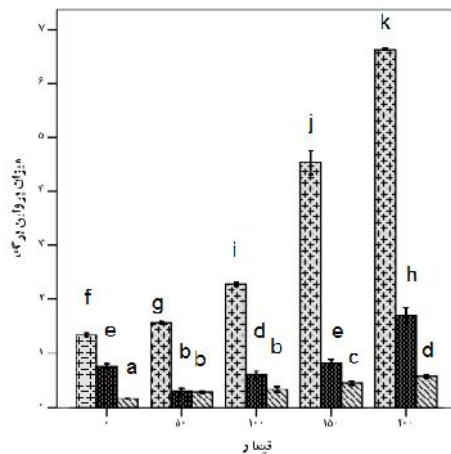
ادامه جدول ۳-

صفات	تعداد روزنه زیرین	آماس برگ (g)	RWC (%)	SLA (m <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup> )	LWCA (kg m <sup>-2</sup> )	(R/S) (g)	سدیم برگ (mg g <sup>-1</sup> )	پتاسیم برگ (mg g <sup>-1</sup> )	منیزیم برگ (mg g <sup>-1</sup> )	کلسیم برگ (mg g <sup>-1</sup> )
<i>E. largiflorens</i>	۲۶۴۶±۱۱۶a	۲۳±۰/۰۲c	۸۰±۲/۳a	۲۳±۰/۰۲c	۰/۰۱۲a	۵/۸±۰/۱۸a	۳۷±۱/۸b	۱۹±۰/۳a	۱/۸±۰/۰۵a	۵/۷۹±۰/۲a
<i>E. sideroxylon</i>	۱۲۶۶±۳۴b	۳/۵۱±۰/۳۸b	۶۲±۲/۱b	۳/۵۱±۰/۳۸b	۰/۰۰۷b	۱/۴±۰/۰۳b	۳۸±۱/۳a	۱۹±۰/۳a	۱/۶۹±۰/۰۷b	۵/۲۲±۰/۴b
<i>E. wandoo</i>	۹۹۶±۶۴c	۱/۵±۰/۰۲a	۵۵±۶/۸c	۱/۵±۰/۰۲a	۰/۰۰۴c	۰/۹±۰/۰۴c	۳۶±۲/۷c	۱۵±۰/۴B	۱/۲۳±۰/۰۹c	۵/۵۲±۰/۶ab

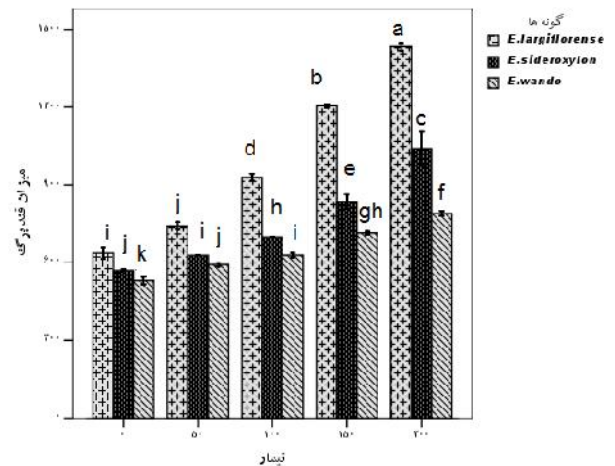
ادامه جدول ۳-

صفات	سدیم ریشه (mg g <sup>-1</sup> )	پتاسیم ریشه (mg g <sup>-1</sup> )	منیزیم ریشه (mg g <sup>-1</sup> )	کلسیم ریشه (mg g <sup>-1</sup> )	WSD (%)	LAR (m <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup> )	کلروفیل a (mg g <sup>-1</sup> )	کلروفیل b (mg g <sup>-1</sup> )	کلروفیل کل (mg g <sup>-1</sup> )	کاروتن (mg g <sup>-1</sup> )
<i>E. largiflorens</i>	۳۱±۲/۴a	۶/۸±۰/۶a	۴/۵±۰/۳b	۴۲±۲/۵a	۲۶±۳/۵c	۱/۸±۰/۲c	۳/۵±۰/۳a	۱/۵±۰/۲A	۲/۷±۰/۳A	۱/۰۱±۰/۰۷a
<i>E. sideroxylon</i>	۳۳±۲/۵a	۵/۶±۰/۳b	۴/۶±۰/۳a	۲۸±۰/۵c	۴۱±۲/۷b	۲/۳±۰/۲b	۱/۲±۰/۱b	۰/۹±۰/۱b	۲/۴±۰/۲b	۰/۷۹±۰/۰۵b
<i>E. wandoo</i>	۲۲±۱/۸b	۵/۰±۰/۲c	۳/۱۰±۰/۱c	۳۱±۱/۱B	۴۳±۲/۹a	۲/۵±۰/۲a	۰/۷±۰/۰c	۰/۷±۰/۰c	۰/۶±۰/۱c	۰/۴۶±۰/۰۲c

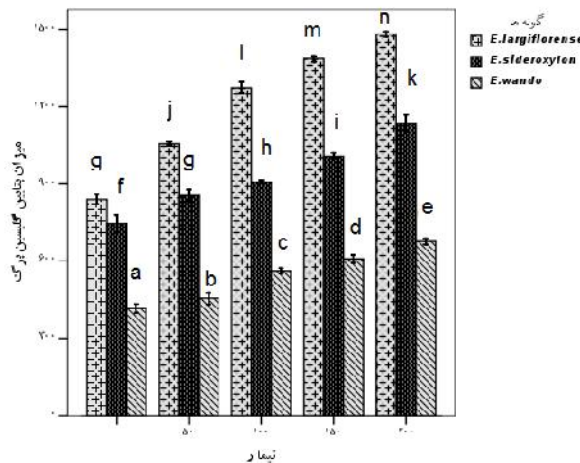
میانگین هایی که در هر ستون دارای حداقل یک حرف مشابه هستند بر اساس آزمون دانکن دارای تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد نمی باشد.



شکل ۲- اثر تیمارهای مختلف تنش شوری بر پرولین در سه گونه اکالیپتوس



شکل ۱- اثر تیمارهای مختلف تنش شوری بر مقدار قندهای محلول در سه گونه اکالیپتوس



شکل ۳- اثر تیمارهای مختلف تنش شوری بر مقدار گلیسین بتائین در سه گونه اکالیپتوس

با افزایش میزان شوری کاهش در میزان رنگدانه‌های گیاهی مشاهده شد.

اثر تنش شوری بر میزان پرولین، بتاین گلیسین و قندهای محلول: شکل‌های بالا نشان‌دهنده‌ی این مطلب است که افزایش میزان شوری سبب افزایش میزان قند، پرولین و بتاین گلیسین شده است.

اثر تنش شوری به‌روی (LAR, LWCA, RWC) و آماس برگ: جدول مقایسه میانگین گونه‌های

میانگین خطای استاندارد در بالای میله‌ها به‌صورت (I) نشان داده شده است.

حروف مشابه در بالای میله‌های تیمارهای هر گونه بیانگر آن است که بر اساس آزمون دانکن ۵٪ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

اثر تنش شوری بر رنگی‌های گیاهی: جدول مقایسه میانگین سه گونه از نظر کلروفیل کل و کلروفیل (a, b) و کاروتن در سه گروه مجزا قرار داده شد. با توجه به جدول ۲

گونه‌های دیگر از نظر کلروفیل کل، کلروفیل a، کلروفیل b دارای بیشترین مقادیر و گونه *E. wandoo* دارای کمترین مقادیر بود. به نظر می‌رسد که کاهش غلظت کلروفیل به واسطه اثر کلروفیل‌لاز، پراکسیداز و ترکیبات فنلی و در نتیجه تجزیه کلروفیل باشد (Bates et al., 1973). تفاوت‌های مشاهده شده در سنتز کلروفیل گیاهان مختلف به‌هنگام شوری نتیجه عمل مسیرهای مختلف سنتزی می‌باشد که با آنزیم‌های متفاوت همراه بوده و این آنزیم‌ها پاسخ‌های متفاوت به شوری نشان می‌دهند (Iyengar & Reddy, 1996). تاثیر معنی‌دار تنش شوری بر غلظت کلروفیل در مرحله ابتدایی رشد گیاه به معنی کاهش پتانسیل تولید و کاهش ظرفیت ذخیره‌سازی می‌باشد که در مورد گیاهی مانند اکالیپتوس که از چوب آن استفاده صنعتی و از برگ‌های آن اسانس گرفته می‌شود، می‌تواند راندمان تولید را کاهش دهد. تنش شوری باعث افزایش غلظت پرولین در هر سه گونه شد. بیشترین مقدار پرولین در گونه *E. largiflorens* در تیمار شوری ۲۰۰ میلی‌مولار مشاهده شد. البته با توجه به جدول مقایسه میانگین به‌روش دانکن میزان پرولین در تیمارهای مختلف در گونه *E. largiflorens* دارای بیشترین مقدار بود. افزایش پرولین نشان‌دهنده نقش این اسید آمینه در تنظیم اسمزی می‌باشد. تنظیم اسمزی در گیاهان مکانیسم عمده اجتناب از تنش‌های آبی در محیط‌های خشک و شور است و به‌طور کلی به کاهش پتانسیل اسمزی در اثر تجمع مواد محلول در شرایط تنش‌های خشکی و شوری اطلاق می‌گردد شدت انجام آن به‌سرعت و میزان توسعه تنش، نوع و سن اندام و تنوع ژنتیکی درون و بین گونه‌ای بستگی دارد (Bajji et al., 2001). علاوه بر تنظیم اسمزی، پرولین به‌عنوان یک محافظ در برابر تنش عمل می‌کند بدین ترتیب که به‌طور مستقیم با ماکرومولکول‌ها اثر متقابل داشته و از این طریق به حفظ شکل و ساختار آنها کمک می‌کند. در تحقیقی مقایسه کلن‌های مقاوم و حساس *Eucalyptus camaldulensis* بیانگر افزایش مقدار پرولین در کلن‌های مقاوم بود، در حالیکه در کلن‌های حساس هیچ افزایشی نسبت به شاهد در

مختلف (جدول ۳)، از نظر صفات آماس، (SLA, RWC, LWCA, LAR) گونه‌ها را به سه گروه تقسیم بندی کرد. با توجه به جدول ۲ با افزایش میزان شوری تیمارهای مختلف، آماس برگ نیز افزایش یافت ولی دیگر صفات نام برده کاهش یافتند.

اثر تنش شوری بر عناصر موجود در برگ: بر اساس دسته‌بندی دانکن (جدول ۳) سدیم و منیزیم موجود در برگ به سه گروه و پتاسیم و کلسیم برگ به دو گروه تقسیم شد و در مورد ریشه تمامی عناصر موجود همگی در سه گروه و سدیم در دو گروه طبقه‌بندی شد و با افزایش میزان شوری در تیمارهای مختلف افزایش در میزان سدیم برگ و ریشه مشاهده شد. منیزیم برگ و ریشه کاهش، کلسیم برگ و منیزیم ریشه کاهش، کلسیم ریشه افزایش از خود نشان داد. در مورد پتاسیم برگ هم اندکی افزایش مشاهده شد.

اثر تنش شوری بروی صفات ظاهری: (پژمردگی، خشکیدگی، ریختگی، درصد افزایش طول ساقه، تعداد روزنه‌های هر دو سطح، میزان سطح برگ، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوای): با توجه به جدول ۳ صفت درصد افزایش طول ساقه در یک گروه و صفاتی چون پژمردگی، میزان سطح برگ در دو گروه و صفات خشکیدگی، افتادگی، طول ساقه بعد از تیمار، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوای، میزان (R/S) را می‌توان در سه گروه تقسیم کرد. با توجه به جدول ۲ با افزایش میزان شوری در تیمارهای مختلف افزایش در صفات پژمردگی، خشکیدگی، افتادگی و میزان (R/S) مشاهده شد و با افزایش میزان شوری در تیمارهای مختلف کاهش در صفات درصد افزایش طول ساقه، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوای، سطح برگ مشاهده شد.

## بحث

یکی از اثرات شوری در گیاه کاهش فعالیت فتوسنتزی در آن است که موجب کاهش مقدار کلروفیل و کاهش جذب دی‌اکسید کربن و ظرفیت فتوسنتزی می‌شود (Francisco et al., 2002). تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار کلروفیل در هر سه گونه شد. گونه *E. largiflorens* در مقایسه با



برگ‌های آن‌ها مشاهده شد در حالی که در مقدار کلین و پرولین این افزایش صادق نبود. گیاهانی که تحت تنش ۳۰۰ میلی‌مولار قرار داشتند کلروپلاست آن‌ها حاوی گلیسین بتائین بود و گیاهان شاهد با غلظت ۲۶ میلی‌مولار فاقد این ماده بودند. همچنین مشخص شد که حداقل ۳۰-۴۰ درصد از کل گلیسین بتائین موجود در برگ‌ها در کلروپلاست آن‌ها قرار دارد (Schroppel-Meier & Kaiser, 1988). با توجه به این تحقیق می‌توان دریافت که گلیسین بتائین یک محلول سازگارکننده است و محل استقرار آن ترجیحاً سیتوپلاسم سلول‌ها می‌باشد. غلظت گلیسین بتائین در گونه‌هایی که برای تنظیم اسمزی از گلیسین بتائین استفاده می‌کنند متفاوت است. سطح گلیسین بتائین مشاهده شده در سورگوم بیش از ده برابر آن در ذرت می‌باشد (Yang et al., 2003). در طی این تحقیق گونه *E. largiflorens* دارای بیشترین میزان گلیسین بتائین بوده هر چند با افزایش میزان شوری افزایش قابل توجهی در میزان گلیسین بتائین تمامی گونه‌ها مشاهده شد. قندهای محلول دسته دیگری از محافظت‌کننده‌های اسمزی هستند. تجمع کربوهیدرات‌ها محلول در پاسخ به تنش‌های محیطی در ارتباط با تنظیم اسمزی و یا حفاظت غشاهای سلولی می‌باشد. محتوای قندهای محلول ممکن است روشی مفید در انتخاب گونه‌های مقاوم به شوری و خشکی باشد (Kerepesi, 1998). قندهای الکلی (مانند گلیسرول، اینوزیتول و پینیتول) و قندهای ساده (اساساً فروکتوز، گلوکز) و قندهای مرکب (مانند ترهالوز، رافینوز فروکتانها) به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های سازشی تولید می‌شوند (Bohnert & Jensen, 1996). تنظیم اسمزی می‌تواند به‌وسیله تبدیل پلی‌ساکاریدها (نشاسته، فروکتانها) به یکدیگر و الیگوساکاریدها (ساکارز، گلوکز) به یکدیگر کنترل شود، زیرا پتانسیل اسمزی بستگی به تعداد مولکول‌های ماده دارد (Hendry, 1993). عمل فیزیولوژیک این قندها ممانعت از اتصال بین غشاهای مجاور هم در طول دوره تنش از نگهداری لیپیدها و پایداری پروتئین‌ها از طریق ایجاد پیوندهای هیدروژنی با دنباله‌های خطی پروتئین‌ها، تنظیم ژن

مقابل تنش شوری مشاهده نشد (Woodward & Bennet, 2005). در تحقیقی Larher و همکاران (۱۹۹۶) در یک تقسیم‌بندی، روش‌های مقاومت گیاهان تحت تنش شوری را به سه دسته با از طریق تجمع پرولین یا گلیسین بتائین و یا هر دو تقسیم کردند. بررسی میزان تجمع پرولین در آزمایش‌ها نشان داده است که گونه‌های مقاومتر پرولین را به‌عنوان محلول سازشی در تنظیم و حفظ نیروی اسمزی استفاده می‌کنند. با توجه به تجمع بالای پرولین در گونه *E. largiflorens* می‌توان به این نتیجه اذعان داشت که این گیاه از استراتژی تجمع پرولین در مقاومت به تنش شوری پیروی می‌کند. گلیسین بتائین از ترکیبات اسمولیتی معروفی است که تحت تنش اسمزی در گیاهان انباشته می‌شود. در شکل ۳ اثر تیمارهای مختلف شوری بر مقدار گلیسین بتائین در سه گونه اکالیپتوس بررسی شد. بالاترین میزان گلیسین بتائین مربوط به گونه *E. largiflorens* و کم‌ترین میزان آن مربوط به گونه *E. wandoo* بود. در تحقیقی Rezaee و همکاران (۲۰۰۳) اثر شوری خاک را در دو رقم مقاوم پنبه بنام سای‌اکرا و نیمه مقاوم ساحل تحت چهار سطح شوری خاک با هدایت الکتریکی ۰/۶ (شاهد)، ۶/۳، ۱۲/۳ و ۱۶ (دسی‌زیمنس بر متر) بررسی کردند. تنش شوری منجر به کاهش طول ساقه‌چه، ریشه‌چه، مقدار کلروفیل (a, b و کل) در هر دو رقم شد. افزایش القا شده در مقدار پرولین، قندهای محلول، پروتئین‌های محلول در رقم سای‌اکرا به‌طور معنی‌داری بالاتر بود (Rezaee et al., 2003). گلیسین بتائین یکی از ترکیبات مهم در سیتوپلاسم بوده و از دهیدراته شدن و پلاسمولیز سلول‌ها در شرایط بالای اسمزی ممانعت به‌عمل می‌آورد. محیط‌های دارای اسمولیت‌ها بسیار زیاد موجب افزایش جریان آب به خارج از سلول‌های گیاهی می‌شود که این امر سبب کاهش آب درون سلولی می‌گردد. در تحقیقی که بر روی گیاه اسفناج *Spinacia oleracea* انجام گرفته نشان داده شده است که پتانسیل اسمزی برگ‌ها در گیاهان تحت تنش ۹/۲- مگاپاسگال بوده‌اند درحالی‌که در گیاهان شاهد که تحت تنش نبوده‌اند (۹/۱-) و یک افزایش شش برابری در مقدار گلیسین بتائین

- Bates, L. S., Waldren, R. P., and Teare, I. D., 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and soil*, 39:205-207.
  - Beadle, C.L., 1993. Growth analysis. In: Hall, D.O., Scurelock, J.M.O., Bolhar-Nordenkamp, H.R., Leegood, R.C. and Long, S.P., *Photosynthesis and production in a changing environment: a field and laboratory manual*, Chapman and Hall, London, 36-46.
  - Bohnert, H.J. and Jensen, R.G., 1996. Strategies for engineering water stress tolerance in plants. *Trends in Biotechnology*. Elsevier Science, 14: 89-97.
  - Francisco, G., Jhon, L., Jifon, 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 stock. *Plant Science*, 35: 314-320.
  - Greive, C. and Grattan, S., 1983. Rapid assay for determination of water soluble quaternary-amino compounds, *Plants and Soil*, 70:303-307.
  - Heidari Sharifabad, H., 1994. Variation in the sensitivity of nodulation and nitrogen fixation to nitrate in annual *Medicago* species. Ph.D. thesis in physiology, Waite Agricultural Research Institute. Glen Osmond, South Australia, 179p.
  - Hendry, G., 1993. Evolutionary origins and natural functions of fructans. *New Phytologist*, 123:3-14.
  - Ho, S., Chao, Y., Tong, W. and Yu, S., 2001. Sugar coordinately and differentially regulates growth and stress-related gene expression via a complex signal transduction network and multiple control mechanisms. *Plant Physiology*, 46:281-285.
  - Irigoyen, J.J., Einerich, D.W. and Sanchez-Diaz, M., 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiologia Plantarum*, 84:58-60.
  - Iyengar, E.R. and Reddy, M.P., 1996. Photosynthesis in highly salt tolerant plants. *Handbook of photosynthesis*. Marshal Dekar, Baten Rose, USA, 909.
  - Jeschke, W.D., 1984. K<sup>+</sup>-Na<sup>+</sup>exchanges in cellular membranes, intra cellular compartmentation of cations, and salt tolerance. In Staples, R.C. and Toenniessen, G.H. eds, *Salinity Tolerance in Plants. Strategies for Crop Improvement*. John Wiley & Sons, New York, pp:37-66.
  - Kaiser, W.M., 1987. Effects of water deficit on photosynthetic capacity. *Physiologia Plantarum*, 71, 142-149.
  - Kerepesi, I., Galiba, G. and Bányai, É., 1998. Osmotic and salt stresses induced differential alteration in water-soluble carbohydrate content in wheat and تنظیم اسمزی می‌باشد (Ho *et al.*, 2001). در تحقیقی اثرات احتمالی افزایش تنش خشکی به سه گروه تقسیم‌بندی شد (Kaiser, 1987): ۱- در صورتیکه مقدار RWC بین ۷۰-۱۰۰ درصد باشد: کاهش فتوسنتز به علت بسته شدن روزنه که به سرعت قابل برگشت است. ۲- در صورتیکه مقدار RWC بین ۳۵-۷۰ درصد باشد: در شدت نور بالا، ظرفیت فتوسنتزی کاهش می‌یابد و فقط آبیگری مجدد، به‌کندی بهبود می‌یابد. علت اصلی می‌تواند ممانعت نوری باشد، از آنجای که کربوکسیلاسیون، چرخه کالوین و تنفس نوری همگی کاهش می‌یابند، انتقال الکترون ظاهرا عامل محدودکننده تری است. ۳- در صورتیکه مقدار RWC کمتر از ۳۵ درصد باشد: کاهش غیر قابل برگشت در ظرفیت به‌علت صدمه غشایی در کلروپلاست که منجر به مرگ می‌شود. در گونه‌های مورد بررسی مقدار RWC بین ۵۵ تا ۸۷ درصد متغیر بود و اختلاف معنی‌داری بین گونه‌ها مشاهده شد. با توجه به این که تنش شوری به دلیل کاهش پتانسیل اسمزی خود نوعی تنش خشکی محسوب می‌شود در صورتیکه گونه‌ها آب شیرین دریافت کنند به سرعت به شادابی اولیه باز می‌گردند. در کل با توجه به صفات مختلف بررسی شده می‌توان این‌طور نتیجه‌گیری کرد که در میان گونه‌های مورد مطالعه *E. largeflorens* نسبت به تیمارهای مختلف شوری متحمل تر بود.
- منابع مورد استفاده**
- Ashriyeh, H., 2000. Residence of *Agropyron cristatum* L & *Cynodon dactylon* to salinity, A thesis for the degree of master of philosophy, Azad University, North branch, Tehran, 283p.
  - Bajji, M., Lutts, S. and Kinet, J.M., 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Science*, 160:669-681.
  - Basra, A. and Basra, R., 2002. Resistance Mechanism in Environmental Stress of Plants, Ferdosi University, Mashhad, 466 p.

- chloroplasts and extrachloroplastic space under excess or deficiency of sulfate, phosphate, or magnesium. *Plant Physiology*, 87, 828-832.
- Shannon, M.C., Grieve, C.M. and Francois, L.E., 1994. Whole-plant response to salinity. Plant-environment interactions. Marcel Dekker Inc., New York, NY, 199-244.
  - Wintermans, J.F.G.M. and Motes, A.D., 1965. Spectrophotometric characteristics of chlorophyll a and b and their pheophitin in ethanol. *Biochem. Biophys. Acta*, 109: 440-452.
  - Woodward, A.J. and Bennett, I.J., 2005. The effect of salt stress and abscisic acid on prolin production, chlorophyll content and growth of in vitro propagated shoots of *Eucalyptus camaldulensis*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 82:189-200.
  - 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 Science*, 43:162-169.
  - Yeo, A.R. and Flowers, T.J., 1984. Mechanisms of salinity resistance in rice and their role as physiological criteria in plant breeding. In salinity tolerance in plants: Strategies for crop improvement, edited by Staples, R.C. and Toenniessen, G.H., New York, John Wiley, pp.151-170.
  - seedlings. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 5347-5354.
  - Larher, F., Rival-Garnier, N., Lemesle, P., Plasman, M. and Bouchereau, A., 1996. The glycinebetaine inhibitory effect on the osmo induced prolin response of rape leaf discs. *Plant Science*, 113: 21-31.
  - Marcar, N., 2002. Farm forestry options for saline environments. In: Prospects for Saline Agriculture . (Eds.): Ahmad, R. and Malik, K.A., Kluwer Academic Publishers, Netherlands. p. 261-268.
  - Prat, D. and Fathi-Ettai, R.A., 1989. Variation in organic and mineral components in young *Eucalyptus* seedling under salin stress. *Physiologia Plantarum*, 75: 3-399.
  - Rawat, J.S. and Banerjee, S.P., 1998. The influence of salinity on growth, biomass production and photosynthesis of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. and *Dalbergia sissoo* Roxb. seedling. *Plant and Soil*, 205: 163-169.
  - Rezaee, M., Khavarinejad, R. and Fahimim, H., 2003, Physiologic respond of cotton plant to difference salinity of soil, *Research & Construction in Gardening and Agriculture*, 62: 81-89.
  - Schröppel-Meier, G. and Kaiser, W.M., 1988. Ion homeostasis in chloroplasts under salinity and mineral deficiency: II. solute distribution between

## Effects of salinity stress on morphological and physiological parameters in three *Eucalyptus* species

A. Tavakoli-Nia<sup>1</sup>, M.H. Assareh<sup>2</sup> and A. Shariat<sup>\*3</sup> and G.R. Bakhshi Khaniki<sup>4</sup>

1- M.Sc. student at Payame Noor University, Tehran, I.R.Iran

2- Prof. Seed and Plant Certification and Registration Institute, Karaj, I.R.Iran

3\*- Corresponding author, Ph.D., Research, Institute of Forests and Rangelands, Tehran, I.R.Iran

Email: shariat@rifr-ac.ir

4- Prof., Biotechnology Department of Payame Noor University, Tehran, I.R. Iran.

Received: 30.06.2012 Accepted: 20.09.2014

### Abstract

Most salinity problems causes by NaCl distribution in dry lands, beaches and water resources. This research was carried out to estimate salinity resistance of three *Eucalyptus* species: *Eucalyptus largiflorens*, *E. sideroxylon* and *E. wandoo*. Five NaCl levels (0, 50, 100, 150 and 200 mM) of salinity were used in three replications by a factorial experiment model based on a completely randomized design. Sampling were made from terminal leaves of the selected trees. Different characteristics such as pigments, total chlorophyle, chlorophyle a and b, carotene, soluble sugar and prolin, glycine betaine, growth parameters such as biomass, leaf area, relative water content, water saturation difference, specific leaf area and leaf water content per unit leaf area were recorded. Increased salt stress lead to increment of prolin level, soluble sugar, withering, falling, dried leaves and decrement of pigments and growth parameters in the species. Between the studied species, *E. largiflorens* showed the most salt stress tolerance, although for prolin, soluble sugar, pigments, glycine betaine, R/S, RWC, wet and dry root and shoot weight, had the highest values and for the withering, falling and dried leaves had the lowest values.

**Keywords:** *Eucalyptus*, pigments, prolin, salt stress, soluble sugar.