دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیستم، شماره سوم، ۱۳۹۲
http://jwfst.gau.ac.ir

ارزیابی مقاومت به شوری ۳ گونه اکالیپتوس در مراحل اولیه رشد

***سیده‌سامره هاشمی[۱]، وحیده پیام‌نور[۲]، علیرضا علی‌عرب[۲] و سیدعلی جعفری‌مفیدآبادی[۳]**
[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۲]استادیار دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۳]دانشیار مؤسسه تحقیقات پنبه کشور
تاریخ دریافت: ۹۱/۵/۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۹/۱۲

چکیده

تنش شوری یکی از تنش‌های غیرزنده محسوب می‌شود که با توجه به اثرات منفی روی رشد گیاهان، پتانسیل تولید اراضی را کاهش می‌دهد. جوانه‌زنی بذر اولین مرحله‌ای است که گیاه با شوری خاک مواجه می‌شود، بنابراین بررسی پاسخ گیاه در این مرحله به تنش شوری می‌تواند نقش اساسی در تعیین میزان مقاومت آن داشته باشد. با شناسایی رفتار گیاه در این مرحله می‌توان با صرف زمان اندک مقاوم‌ترین گونه را مشخص کرد. در این پژوهش میزان مقاومت به شوری به‌دست آمده از نمک *NaCl* در بذرهای ۳ گونه *Eucalyptus microtheca*، *Eucalyptus camaldulensis* و *Eucalyptus saligna*، در مرحله جوانه‌زنی و رشد اولیه در شرایط درون شیشه‌ای با استفاده از محیط کشت *MS* بررسی شد. تیمارهای پژوهش که شامل شوری به‌دست آمده از نمک *NaCl* در ٦ سطح ۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی‌مولار بوده است در آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار بررسی شد. صفات مختلف (درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، وزن تر ساقه‌چه و ریشه‌چه، نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه، بیوماس کل) اندازه‌گیری و به‌عنوان معیارهای تحمل به شوری در این گونه‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان داد که گونه‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری از نظر پاسخ به شوری در غلظت‌های مختلف با یکدیگر دارند. گونه *E. microtheca* بیش‌ترین مقاومت را از خود نشان داد و دو گونه *E. camaldulensis* و *E. saligna* در رتبه بعدی قرار گرفتند. برای اطمینان از نتایج پژوهش، بذرهای ۳ گونه بالا در خاک طبیعی با شوری‌های متفاوت کاشته شده و ضمن مقایسه مشخص گردید نتایج کاملاً مطابقت دارند.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، اکالیپتوس، جوانه‌زنی بذر

* مسئول مکاتبه: hashemi.samere@yahoo.com

مقدمه

شوری پس از خشکی از مهم‌ترین و متداول‌ترین تنش‌های محیطی در سطح جهان و از جمله ایران است که به‌طور معمول باعث تاخیر در جوانه‌زنی، کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر و همچنین کاهش محتوی کلروفیل در گیاهان حساس به شوری و افزایش محتوی کلروفیل در گیاهان مقاوم به شوری می‌شود (سودهیر و مورتی، ۲۰۰٤). تنش شوری از طریق مکانیسم اسمزی به‌دلیل افزایش پتانسیل اسمزی محلول خاک، باعث اختلال در تعرق و فتوسنتز نیز می‌گردد، همچنین از طریق کاهش پتانسیل آب و سمیت یون‌های خاص مانند سدیم و کلر و کاهش یون‌های غذایی مورد نیاز مثل کلسیم و پتاسیم، بر جوانه زدن بذرها و رشد آن‌ها تأثیر می‌گذارد (لیدی و همکاران، ۱۹۹۱). با توجه به وسعت پراکنش خاک‌های شور و همچنین به‌علت بهره‌وری گسترده از منابع آب و خاک مسأله شوری به‌طور جدی مطرح می‌شود بنابراین به موازات انتخاب روش‌های اصلاحی برای احیای خاک‌های شور معرفی گونه‌ها و ارقام متحمل به شوری و اصلاح گیاهان برای تحمل به شوری می‌تواند یک روش اقتصادی و مفید برای غلبه بر مشکل شوری باشد (لویت، ۱۹۸۰). از جمله درختانی که به‌طور وسیع در این زمینه استفاده می‌شود گونه‌های مختلف جنس اکالیپتوس می‌باشد. اکالیپتوس در ایران یکی از گونه‌های وارداتی بوده و از نظر صنعتی از اهمیت فراوانی برخوردار است (اساره و شریعت، ۲۰۰۹). گونه‌های مختلف اکالیپتوس در مقابل شوری واکنش‌های متفاوتی از خود بروز می‌دهند و آستانه تحمل هر یک در مقابل شوری متفاوت است؛ در این خصوص پژوهش‌هایی نیز صورت گرفته است که به برخی اشاره می‌شود.

واندر موزل و همکاران (۱۹۹۱) میزان تحمل به شوری ٤۰ گونه اکالیپتوس را در استرالیا مورد بررسی قرار دادند. افزایش سطوح شوری، کاهش رشد و زنده‌مانی را در تمام گونه‌ها به‌دنبال داشت و در بین گونه‌های مورد مطالعه گونه‌های *E. occidentalis* و *E. sargentii* با تحمل شوری به‌دست آمده از کلرید سدیم تا سطح ۳۰۰ میلی‌مولار به‌عنوان مقاوم‌ترین گونه‌ها معرفی شدند. مورابیتو و همکاران (۱۹۹۳) برای ارزیابی تحمل به شوری سه کلون از گونه *E. microtheca* جوانه‌هایی از این سه کلون را در محیط کشت MS[1] شامل ۱٤۰-۰ میلی‌مول NaCl کشت دادند. حضور NaCl تا ۷۰ میلی‌مول در دو کلون قدرت ریشه‌زایی را تحریک کرد و به‌عبارت دیگر رشد ریشه در این غلظت در این دو کلون افزایش یافت؛ همچنین طول ساقه و میزان تولید بیوماس نیز در این غلظت با افزایش

1- Murashig and Skoog

همراه بوده است اما رشد و زنده‌مانی کلون‌ها بعد از اعمال شوری بیش‌تر از ۷۰ میلی‌مول با کاهش روبرو شد. در کلون سوم افزایش شوری از ابتدا به‌تدریج سبب کاهش رشد و زنده‌مانی گیاهچه‌ها گردید. در بررسی‌های دیگری کورنی و همکاران (۲۰۰۳) گونه و هیبرید *E. camaldulensis* و *E. urophylla× grandis*، مارک و همکاران (۲۰۰۵) ٤ گونه اکالیپتوس شامل *E. raveretiana*، *E. spathulata*، *E. sargentii* و *E. loxophleloa* را در معرض تیمارهای مختلف شوری به‌دست آمده از نمک Nacl قرار دادند. در هر دو پژوهش افزایش شوری باعث کاهش رشد و درصد زنده‌مانی و کاهش بیوماس کل شد. بیش‌ترین تحمل را گونه‌های *E. camaldulensis* (تا غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار نمک NaCl) و گونه *E. sargentii* (تا غلظت ۳۰۰ میلی‌مولار نمک NaCl) از خود نشان دادند. در یک بررسی آزمایشگاهی که توسط چاوم و کیدمنی (۲۰۰۸) برای ارزیابی واکنش گیاهان به تنش شوری روی گونه‌های *E. camaldulensis*، *Azadirachta siamensis* و *Samanea saman (merr)* انجام شد میزان رشد گونه‌ها و محتوی کلروفیل با افزایش شوری در هر ۳ گونه کاهش پیدا کرد و گونه *E. camaldulensis* نسبت به سایر گونه‌ها تحمل بیش‌تری به شوری داشت. عصاره و شریعت (۲۰۰٦) به بررسی اثرات شوری بر خصوصیات رویشی و جوانه‌زنی ۳ گونه اکالیپتوس *E. salubris*، *E. camaldulensis* و *E. tetragona* در شرایط درون شیشه‌ای پرداختند که در این آزمایش اختلاف معنی‌داری بین ۳ گونه از نظر درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و رشد گیاهچه‌ها وجود داشت؛ به‌طوری‌که *E. salubris* مقاوم‌ترین (تحمل تا غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار (نمک NaCl) و *E. tetragana* و *E. camaldulensis* به‌ترتیب در رتبه‌های بعدی از نظر مقاومت قرار گرفتند. این پژوهش به‌منظور بررسی و مقایسه مقاومت به شوری ۳ گونه اکالیپتوس شامل *E. camldulensis*، *E. microtheca* و *E. saligna* در مرحله جوانه‌زنی و رشد رویشی اولیه گیاهچه در شرایط درون شیشه‌ای و سپس برای کنترل نتایج در خاک طبیعی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش برای ۳ گونه درختی اکالیپتوس شامل *E. camldulensis*، *E. microtheca* و *E. saligna* در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی و در شرایط آزمایشگاهی و خاکی انجام شد. بذرها *E. saligna* از منطقه چمستان واقع در شهرستان نور و بذرهای *E. camaldulenis* و *E. microtheca* از اداره منابع طبیعی کرج تهیه شد.

آزمایش اول (شرایط درون شیشه‌ای): ابتدا همه بذرهای تهیه شده، به‌مدت ۲ ساعت در آب روان قرار گرفتند. روش‌های مختلف سترون برای بذرهای بالا اعمال و بهترین نتیجه از تیمارهای ذکر شده در جدول ۱ به‌دست آمده و در نتیجه در ادامه استفاده شد.

جدول ۱- روش‌های سترون‌سازی اعمال شده بر روی گونه‌های مورد آزمایش.

گونه	روش سترون‌سازی اعمال شده
E.microtheca	بذرها در هیپوکلریت سدیم ۲ درصد به‌مدت ۲۰ دقیقه قرار داده شده و سپس ۳ بار با آب مقطر شستشو گردیدند
E.camaldulensis	بذرها بعد از قرارگیری در اتانول ۷۰ درصد به‌مدت ۲۰ ثانیه، با آب مقطر شستشو داده شده و سپس در بنومیل ۰/۱ درصد به‌مدت ۲۰ دقیقه قرار گرفته و در نهایت ۳ مرتبه با آب مقطر شستشو گردیدند.
E.saligna	بذرها در اتانول ۷۰ درصد به‌مدت ٦۰ ثانیه و سپس در هیپوکلریت سدیم ۱/۵ درصد به‌مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفته و در نهایت ۳ بار با آب مقطر شستشو گردیدند.

از محیط کشت MS به‌عنوان بستر کشت استفاده و تیمارهای شوری با ٦ سطح غلظتی ۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی‌مول در لیتر با استفاده از نمک NaCl به محیط کشت اعمال گردید. همه وسایل از جمله پتری‌دیش‌ها، پنس و همچنین محیط‌های کشت در اتوکلاو در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد ضدعفونی شدند. ۳ تکرار ۳۰ تایی بذر برای هر تیمار در نظر گرفته شد. بذرها بعد از کشت در محیط MS در اتاقک رشد با دمای روزانه ٢٤ درجه (۱۲ ساعت) و شبانه ۱۹ درجه (۱۲ ساعت) قرار داده شدند. فاکتورهای جوانه‌زنی شامل، درصد و سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر و فاکتورهای رویشی اولیه شامل طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه (با قرار دادن در آون با دمای ۷۰ درجه به‌مدت ٢٤ ساعت)، بیوماس کل و نسبت وزن خشک ریشه به ساقه اندازه‌گیری و محاسبه شدند. رابطه‌های استفاده شده در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- رابطه‌های آماری استفاده شده در تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش.

درصد جوانه‌زنی	$Gp = \frac{n_i}{N} \times ۱۰۰$	n_i: تعداد بذرها جوانه زده در پایان آزمایش N: برابر با تعداد کل بذرها مورد آزمایش
سرعت جوانه‌زنی	$Gs = \sum_{i=۱} \frac{S_i}{D_i}$	S_i: تعداد بذرها جوانه زده در هر شمارش Di: تعداد روز تا شمارش n ام
شاخص بنیه بذر	$VI = \frac{\overline{(sl + rl)} \times ۱۰۰}{Gp}$	Sl: طول ساقه‌چه rl: طول ریشه‌چه
بیوماس کل	$Tb=$ وزن خشک ساقه‌چه + وزن خشک ریشه‌چه	

آزمایش دوم (بررسی خاکی): برای تکمیل و اطمینان از نتایج پژوهش در شرایط آزمایشگاهی کاشت گونه‌های بالا در گلدان با خاک طبیعی با استفاده از بذرهای مورد استفاده در آزمایش اول با سه دامنه متفاوت شوری انجام گرفت. با توجه به تقسیم‌بندی خاک‌های شور براساس EC (جدول ۳، برزگر، ۱۳۸۷) خاک منطقه چات (واقع در شرق گلستان) با EC=۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به‌عنوان خاک شور، خاک کردکوی واقع در غرب استان گلستان با EC=٦ دسی‌زیمنس بر متر به‌عنوان خاک با شوری متوسط و خاک منطقه ساری با EC=۳/۷ دسی‌زیمنس بر متر به‌عنوان خاک با شوری ضعیف برای انجام آزمایش انتخاب و ضدعفونی شدند. بذرهای ۳ گونه مورد بررسی در ۳ تکرار ۲۰ تایی در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلدان‌های پلاستیکی و در گلخانه با شرایط یکسان برای نمونه‌ها کشت و پس از طی دوره جوانه‌زنی، فاکتورهای ذکر شده اندازه‌گیری و محاسبه گردید.

جدول ۳- طبقه‌بندی خاک براساس میزان هدایت الکتریکی (برزگر، ۱۳۸۷).

مقدار EC بر حسب میلی‌موس بر سانتی‌متر	درجه شوری	اثر شوری بر رشد و نمو گیاه
۰-۲	خیلی	تاثیری ندارد
۲-٤	کم	اثر کمی روی گیاهان حساس دارد
٤-۸	متوسط	اثر قابل ملاحظه‌ای دارد
۸-۱٦	زیاد	فقط تعداد محدودی گیاه رشد می‌کنند
۱٦ به بالا	خیلی زیاد	گیاهان مقاوم کمی رشد می‌کنند

نتایج

الف- اثر تیمارهای مختلف شوری بر صفات جوانه‌زنی و رویشی در شرایط درون شیشه‌ای: نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف شوری بر صفات جوانه‌زنی و رشد رویشی اولیه گیاهچه ۳ گونه اکالیپتوس شامل درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، بیوماس کل و نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه در جدول ٤ ارایه گردیده است. همان‌طورکه ملاحظه می‌شود اختلاف معناداری بین گونه‌های مختلف در هر ۷ صفت مورد محاسبه در سطح ۹۹ درصد دیده شد؛ همچنین اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف شوری و نیز در اثر متقابل بین گونه و تیمار در تمام موارد مشاهده می‌شود که نشان می‌دهد تیمارهای مختلف اثرات متفاوتی بر گونه‌های مختلف داشتند.

جدول ٤- میانگین مربعات به‌دست آمده از نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف شوری در ۳ گونه مورد مطالعه.

منابع تغییرات / صفات	Gp	Gv	Vi	Sl	Rl	Tb	rsr
گونه	٥٢١/٢٩**	١٠/٠٩**	٣/٣٣**	١/٤٧**	١/٢١**	٠/٠٠٠٠٣**	٠/١٥٣**
تیمار	٣٤٣١/٣**	٣١/٦٩**	٣/٢٨**	٤/٢٨**	٣/٠٤**	٠/٠٠٠٠٣**	٠/٠٧٥**
گونه × تیمار	٨٢/٨٤*	١/١٩**	٠/٣٩**	٠/٢١**	٠/٢١**	٠/٠٠٠٠٤**	٠/٠٠٨**
خطا	٦/٣	٠/٠٤	٠/٠٠٦	٠/٠١١	٠/٠٠٢	٠/٠٠٠٠١	٠/٠٠٠

** معنی‌داری در سطح احتمال ۹۹ درصد.

Gp: درصد جوانه‌زنی، Gv: سرعت جوانه‌زنی، Vi: شاخص بنیه بذر،Sl: طول ساقه‌چه، Rl: طول ریشه‌چه،Tb: بیوماس کل و rsr: نسبت وزن خشک ریشه به ساقه.

مقایسه میانگین اثرات اصلی گونه بر صفات جوانه‌زنی و رشد رویشی اولیه به روش دانکن در جدول ۵ ارایه شده است. *E. microtheca* بیش‌ترین مقادیر را به خود اختصاص داده است. *E. camldulensis* و *E. saligna* به‌ترتیب در ردیف‌های بعدی قرار دارند.

جدول ۵- مقایسه میانگین و اشتباه معیار اثرات اصلی گونه بر صفات جوانه‌زنی و رویشی ۳ گونه مورد مطالعه.

گونه / منابع تغییرات	*E.microtheca*	*E.camldulensis*	*E.saligna*
Gp	٤٠ ± ١٥[a]	٣٣/١ ± ٢١[b]	٢٨ ± ١/٩[c]
Gv	٣/٥٢ ± ١/٦٩[a]	٢/٨ ± ٢[b]	٢/٠٢ ± ١/٧[c]
Vi	١/٢ ± ٠/٧[a]	٠/٦٤ ± ٠/٦٨[b]	٠/٣٤ ± ٠/٤٥[c]
Sl	١/٤٥ ± ٠/٥[a]	١/٢ ± ٠/٨[b]	٠/٨٨ ± ٠/٧١[c]
Rl	١/٠٨ ± ٠/٥٢[a]	٠/٨٦ ± ٠/٦٥[b]	٠/٥٧ ± ٥/٦[c]
Tb	٠/٠٠٧ ± ٠/٠٠٢[a]	٠/٠٠٦ ± ٠/٠٠٣[b]	٠/٠٠٥ ± ٠/٠٠٣[c]
rsr	٠/٣ ± ٠/٠٧[a]	٠/١٧ ± ٠/١[b]	٠/١١ ± ٠/٠١[c]

مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای شوری اعمال شده بر صفات جوانه‌زنی و رشد رویشی اولیه در جدول ٦ درج گردیده و نشان‌دهنده روند کاهشی بر صفات جوانه‌زنی و رویشی در گیاهان مورد بررسی با افزایش سطوح مختلف شوری می‌باشد.

جدول ٦- مقایسه میانگین و اشتباه معیار اثرات اصلی تیمارهای شوری (بر حسب میلی‌مول) بر صفات جوانه‌زنی و رویشی ۳ گونه مورد مطالعه.

شوری / تغییرات	NaCl 0	NaCl 50	NaCl 100	NaCl 150	NaCl 200	NaCl 250
Gp	٥٤/٠٣±٣/٢[a]	٥٢/٥٨±٨/٩٣[a]	٤١/٤٧±٦/٦٨[b]	٢٨/١٤±٦/٢٥[c]	١٧/٧٧±٥/٧٧[d]	٥/٥٥±٨/٤٠[e]
Gv	٥/٢±٠/٢[a]	٤/٦±١/٣٤[b]	٢/٩١±١/٠٧[c]	٢/١٩±٠/٨[d]	١/٣٦±٠/٤٧[e]	٠/٣٦±٠/٥٥[f]
Vi	١/٤٢±٠/١٧[a]	١/٤٥±٠/٨[a]	٠/٨٢±٧[b]	٠/٤٢±٠/٣٦[c]	٠/١٧±٠/٢[d]	٠/٠٨٦±٠/١٣[e]
Sl	٢/٠٣±٠/١٧[a]	١/٨±٠/٤٣[b]	١/٣٥±٠/٣٦[c]	١/٠٦±٠/٣٨[d]	٠/٦١±٠/٢٥[f]	٠/٢٢±٠/٣٤[h]
Rl	١/٥٦±٠/١٤[a]	١/٤٩±٠/٥٦[b]	٠/٨٢ ±٠/٢٣[c]	٠/٦٤±٠/٢٨[d]	٠/٣٥±٠/٢١[e]	٠/١٦±٠/٢٤[f]
Tb	٠/٠٠٠٨±٠/٠٠[a]	٠/٠١٠٩±٠/٠٠٠٦[a]	٠/٠١٠٦±٠/٠٠٠٦[b]	٠/٠٠٧٤±٠/٠٠٠٢[c]	٠/٠٠٤٣±٠/٠٠٠٣[d]	٠/٠٠٣٧±٠/٠٠٠١[e]
rsr	٠/٣١±٠/٠٢[a]	٠/٣٨٦±٠/٠٢٣[a]	٠/٣٩٣±٠/٠٠٥[b]	٠/٢٥٦±٠/٠٢[c]	٠/٢٤±٠/٠١١[d]	٠/٢٠±٠/٠٠٥[e]

همان‌طورکه مشاهده می‌شود در بیش‌تر موارد بدون در نظر گرفتن گونه بهترین نتایج در محیط بدون شوری و تیمار ۵۰ میلی‌مولی به‌دست آمده و شاخص‌های درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و همچنین طول ساقه‌چه و ریشه‌چه در این تیمارها بالاترین میزان بوده و در عین‌حال کم‌ترین مقادیر از اعمال تنش در سطح ۲۵۰ میلی‌مول به‌دست آمده است.

اثرات متقابل گونه و تیمار شوری بر روی صفات مورد مطالعه در جدول ۷ نشان داده شده است. حداقل میزان درصد و سرعت جوانه‌زنی در غلظت‌های ۲۵۰ میلی‌مولار در گونه *E. microtheca* و ۲۰۰ میلی‌مولار در گونه‌های *E. camaldulensis* و *E. saligna* مشاهده شد. در بین ۳ گونه مورد مطالعه

گونه *E. microtheca* بیش‌ترین میزان درصد و سرعت جوانه‌زنی را به خود اختصاص داد و در تیمار ۵۰ میلی‌مولار پتانسیل اسمزی در مقایسه با سایر تیمارها نیز دارای بیش‌ترین مقدار از این نظر بود اما بعد از این غلظت با افزایش سطوح شوری درصد و سرعت جوانه‌زنی هر ۳ گونه کاهش یافت (جدول ۷).

بنیه بذر گونه‌ها نیز با افزایش غلظت نمک به‌تدریج کاهش یافته است. این کاهش در گونه‌های *E. microtheca* و *E. camaldulensis* بعد از غلظت ۵۰ میلی‌مولار رخ داد به‌طوری‌که بنیه بذر این دو گونه از تیمار ۵۰-۰ میلی‌مولار افزایش و بعد از آن با کاهش شدید همراه بود و به‌ترتیب در غلظت ۲۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار به حداقل بنیه بذر رسیدند اما گونه *E. saligna* از همان ابتدا با افزایش اولین سطح غلظتی نمک با کاهش بنیه بذر همراه بود و در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار به‌تدریج بنیه بذر خود را از دست داد. با توجه به مقایسه میانگین‌ها بیش‌ترین بنیه بذر را گونه *E. microtheca* داشت (جدول ۷).

همان‌طورکه جدول مقایسه میانگین نشان می‌دهد اختلاف کاملاً معنی‌داری بین گونه‌ها و همچنین بین تیمارهای مختلف شوری از نظر طول ساقه‌چه و ریشه‌چه وجود دارد. افزایش شوری سبب کاهش تدریجی طول ساقه‌چه و ریشه‌چه شده است (جدول ٦) اما روند کاهش بین گونه‌ها متفاوت بود به این صورت که گونه *E. microtheca* در غلظت ۵۰ میلی‌مولار بیش‌ترین مقدار طول ریشه‌چه و ساقه‌چه را دارا بود و در غلظت ۲۵۰ میلی‌مولار به حداقل میزان خود رسید. در گونه *E. camaldulensis* اختلاف معنی‌داری بین تیمار شاهد (تیمار صفر) و تیمار ۵۰ میلی‌مولار از نظر این دو فاکتور مشاهده نشد اما بعد از این غلظت میزان رویش در ساقه‌چه و ریشه‌چه آن کاهش و در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار به حداقل طول ساقه‌چه و ریشه‌چه دست یافت اما گونه *E. saligna* از همان ابتدا با افزایش شوری روال کاهشی منظمی را در طول ساقه‌چه و ریشه‌چه طی نمود و در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار به حداقل میزان خود رسید. اثر تنش شوری بر بیوماس کل برای هر ۳ گونه اثری کاهنده بود اما روند کاهش در گونه‌ها یکسان نبود به‌طوری‌که بیش‌ترین اثر کاهشی بیوماس کل در گونه *E. saligna* و کم‌ترین اثر کاهشی در گونه *E. microtheca* مشاهده شد. بیوماس کل گونه *E. microtheca* در تیمار ۵۰ میلی‌مولار بیش‌تر از تیمار شاهد بوده است اما بعد از آن کاهش یافت و در غلظت ۲۵۰ میلی‌مولار به حداقل رسید اما دو گونه دیگر از همان ابتدا با افزایش سطوح شوری شاهد کاهش تدریجی در بیوماس کل بودند و در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار نیز کم‌ترین میزان را از این نظر کسب نمودند. نسبت وزن خشک ریشه به ساقه نیز در گونه‌های *E. microtheca* و *E. camaldulensis* با افزایش سطوح شوری تا غلظت ۵۰ میلی‌مولار نسبت به تیمار شاهد با افزایش و در سطوح بالاتر از ۵۰ میلی‌مولار با کاهش همراه بودند اما میزان این کاهش در دو گونه متفاوت بود. گونه سوم با افزایش اولین سطح غلظت نمک با افت شدید در وزن خشک خود مواجه بود و در نتیجه این نسبت در گونه *E. saligna* با افزایش سطوح شوری با کاهش شدید و منظمی همراه بود.

جدول ۷- اثرات متقابل گونه و شوری بر صفات جوانه‌زنی و رویشی سه گونه اکالیپتوس.

گونه / شوری- صفات		Gp	Gv	Vi	Sl	Rl	Tb	rsr
۱	۰	۵۱/۰۰ ± ۱/۷۳^{bc}	۵/۱۹ ± ۰/۲^{a}	۱/٦٤ ± ۰/۰۳^{b}	۲/۹ ± ۰/۰۵^{b}	۱/۳۷ ± ۰/۰۲^{c}	۰/۳۱ ± ۰/۰۲^{d}	۰/۰۰۸ ± ۰/۰۱۱^{b}
	۵۰	۵۸/۸۸ ± ۳/۸۵^{a}	۵/۵٦ ± ۰/۲^{a}	۲/۱۹ ± ۰/۰۵^{a}	۱/۹٦ ± ۰/۰۳^{ab}	۲/۰۱ ± ۰/۰۸^{a}	۰/۰۱ ± ۰/۰۲^{a}	۰/۳۸ ± ۰/۰۲^{a}
	۱۰۰	٤۸/۸۸ ± ۳/۸۵^{c}	٤/۲۲ ± ۰/۳۸^{b}	۱/۷٤ ± ۰/۲^{b}	۱/۷۲ ± ۰/۰٤^{c}	۱/۱ ± ۰/۰۸^{d}	۰/۱۰ ± ۰/۰۰۵^{a}	۰/۳۹ ± ۰/۰۰۵^{ab}
	۱۵۰	۳٤/٤٤ ± ۱/۹۲^{e}	۳/۱۳ ± ۰/۰۳^{c}	۰/۹ ± ۰/۰۵^{d}	۱/۵۳ ± ۰/۱^{d}	۰/۹۷ ± ۰/۱۱^{c}	۰/۰۰۷ ± ۰/۰۲^{bc}	۰/۲۵ ± ۰/۰۲^{e}
	۲۰۰	۲٤/۲٤ ± ۱/۹۲^{g}	۱/۹۲ ± ۰/۱۳^{e}	۰/٤۵ ± ۰/۰۷^{f}	۰/۹۲ ± ۰/۰٤^{f}	۰/۵۸ ± ۰/۰۲^{g}	۰/۰۰٤ ± ۰/۰۰۵^{c}	۰/۲٤ ± ۰/۰۱^{g}
	۲۵۰	۱٦/٦٦ ± ۳/۳۳^{hi}	۱/۱ ± ۰/۰۸^{fg}	۰/۲٦ ± ۰/۰۲^{g}	۰/٦۸ ± ۰/۰۲^{g}	۰/٤۸ ± ۰/۰۲^{h}	۰/۰۰۳ ± ۰/۰۱^{d}	۰/۲ ± ۰/۰۰۵^{h}
۲	۰	۵٤/٤٤ ± ۱/۹۲^{ab}	۵/۲۳ ± ۰/۲^{a}	۱/۳۳ ± ۰/۰۲^{c}	۲/۰٦ ± ۰/۱۲^{ab}	۱/٦۷ ± ۰/۰۲^{b}	۰/۰۱ ± ۰/۱۵^{b}	۰/۳ ± ۰/۰۰۳^{a}
	۵۰	۵۷/۷۷ ± ۱/۹۲^{a}	۵/٤ ± ۰/۱^{a}	۱/۷٤ ± ۰/۲^{b}	۲/۱٦ ± ۰/۲^{a}	۱/۷۱ ± ۰/۰۳^{b}	۰/۲۸ ± ۰/۰۰^{b}	۰/۰۰۹ ± ۰/۰۰۲^{c}
	۱۰۰	٤۱/۱۱ ± ۱/۹^{d}	۲/۷ ± ۰/۲٦^{d}	۰/٤۸ ± ۰/۰۱^{f}	۱/٤٤ ± ۰/۰۵^{d}	۰/۷۹ ± ۰/۰۲^{f}	۰/۰۰۷ ± ۰/۰۰^{d}	۰/۱۹ ± ۰/۰۰۲^{e}
	۱۵۰	۲۸/۸۸ ± ۳/۸۵^{f}	۱/۲ ± ۰/۱۵^{e}	۰/۱٦ ± ۰/۰۰۵^{g}	۰/۹۸ ± ۰/۰۲^{f}	۰/٦۱ ± ۰/۰۳^{g}	۰/۰۰٦ ± ۰/۰۰۲^{e}	۰/۱٦ ± ۰/۰۰۰۲^{f}
	۲۰۰	۱٦/٦٦ ± ۰/۰۰۳^{hi}	۱/۳ ± ۰/۲^{f}	۰/۰٦ ± ۰/۰۰۱^{h}	۰/۵۹ ± ۰/۰۳^{g}	۰/۳۸ ± ۰/۰۳^{i}	۰/۰۰۳ ± ۰/۰۰^{f}	۰/۱۱ ± ۰/۰۰^{h}
۳	۰	۵٦/٦٦ ± ۳/۳۳^{a}	۵۵/۳۳ ± ۰/۲^{a}	۱/۲۸ ± ۰/۰۲^{c}	۲/۱۳ ± ۰/۲۵^{a}	۱/٦۵ ± ۰/۰۵^{b}	۰/۰۰۱ ± ۰/۰۰^{b}	۰/۳ ± ۰/۰۱۵^{c}
	۵۰	٤۱/۱۱ ± ۱/۹۲^{d}	۲/۸۳ ± ۰/۳۲^{cd}	۰/٤۳ ± ۰/۰۵^{f}	۱/۲٦ ± ۰/۲^{e}	۰/۷٦ ± ۰/۰۳^{f}	۰/۰۰۷ ± ۰/۰۰^{d}	۰/۲ ± ۰/۰۱^{e}
	۱۰۰	۳٤/٤٤ ± ۱/۹۲^{e}	۱/۸۳ ± ۰/۱۵^{e}	۰/۲۵ ± ۰/۲^{g}	۰/۹ ± ۰/۰۲^{f}	۰/۵۷ ± ۰/۰۲^{g}	۰/۰٦ ± ۰/۰۵^{g}	۰/۰۰۵ ± ۰/۰۰^{f}
	۱۵۰	۲۱/۱۱ ± ۱/۹۲^{gh}	۱/۳ ± ۰/۱۷^{f}	۰/۱ ± ۰/۰۱^{gh}	۰/٦۷ ± ۰/۰۳^{g}	۰/۳۳ ± ۰/۰۱^{i}	۰/۰۰٤ ± ۰/۰۰^{g}	۰/۰۸ ± ۰/۰۰۵^{g}
	۲۰۰	۱۲/۲۲ ± ۳/۸٤^{i}	۰/۸۵ ± ۰/۰٤^{g}	۰/۰۲ ± ۰/۰۰٤^{h}	۰/۳۳ ± ۰/۰۵^{h}	۰/۰۹ ± ۰/۰۱^{g}	۰/۰۰۲ ± ۰/۰۰^{g}	۰/۰٦ ± ۰/۰۰۲^{h}

۱) نشان‌دهنده *E. microtheca*، ۲) نشان‌دهنده *E. camaldulensis* و ۳) نشان‌دهنده *E. saligna* است.

ب- اثر تیمارهای مختلف شوری بر صفات جوانه‌زنی و رویشی در شرایط خاکی: نتایج تجزیه واریانس اثر شوری خاک‌های مختلف بر صفات رویشی و جوانه‌زنی گونه‌های اکالیپتوس در جدول ۸ مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین گونه‌ها و میزان شوری خاک می‌باشد. با بررسی اثرات اصلی گونه و اثرات اصلی شوری خاک بر صفات جوانه‌زنی و رویشی گونه‌های مورد مطالعه که در جدول‌های ۹ و ۱۰ نشان داده شده است می‌توان به این نتیجه رسید که گونه ***E. microtheca*** تقریباً در تمام فاکتورهای بالا بیش‌ترین مقدار و ***E. saligna*** کم‌ترین مقدار را به خود اختصاص دادند و خاک منطقه ساری و چات نیز به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین درصد زنده‌مانی و رشد در گیاهچه‌های هر ۳ گونه را داشتند.

جدول ۸- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس اثر شوری بر ۳ گونه *E. microtheca*، *E. camaldulensis* و *E. saligna* در آزمایش فاکتوریل.

منابع تغییرات/ صفات	Gp	Gv	Vi	Sl	Rl	Tb	rsr
گونه	۱۱۹۸/۹۷**	۱۲/۶۱**	۰/۰۲۸**	٤/۲۹**	۳/۱٦**	۲۲٤/۳۸**	۰/۰۱۱**
خاک	۲۷۲٦/۸۵**	۲۵/۰۷**	۰/۰۱۱*	۷/٤۸**	۳/٦۷**	۱۱۸۰/۵**	۰/۰۲۳**
گونه × خاک	۳٤٤/۹**	۰/٤۸**	۰/۰۳۷**	۰/۸۷**	۰/۲٦*	۰/۰۰۰ns	۹/۳۸**
خطا	۸/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۲۹	۰/۰۵	۰/۰٦	۲/۳۳	۰/۰۱

** اختلاف در سطح ۹۹ درصد، * اختلاف در سطح ۹۵ درصد و ns نبود اختلاف معنی‌دار بین فاکتورها می‌باشد.

از جدول ۱۱ نیز که نشان‌دهنده اثرات متقابل گونه و شوری خاک است چنین استنباط می‌شود که افزایش شوری خاک به‌تدریج سبب کاهش ۷ صفات مورد بررسی گردید تا حدی که در خاک منطقه چات که بالاترین میزان شوری را داشت تنها گونه‌ای که توانست تا حدی بنیه بذر خود را حفظ کند و با سرعت اندک جوانه‌زنی کند ***E. microtheca*** بود و دو گونه دیگر در این منطقه قادر به جوانه‌زنی نبودند. اما در خاک منطقه کردکوی که شرایط شوری خاک بهبود یافته بود این دو گونه شروع و جوانه‌زنی و رشد کردند و در خاک منطقه ساری که شوری خاک به حداقل رسید هر ۳ گونه به حداکثر درصد و سرعت جوانه‌زنی رسیدند.

جدول ۹- مقایسه میانگین اثرات اصلی گونه بر صفات جوانه‌زنی و رویشی سه گونه اکالیپتوس به روش دانکن.

گونه/ صفات	Gp	Gv	Vi	Sl	Rl	Tb	rsr
E.microtheca	٤٧/٧ ± ٧/٥^{b}	٤/٠٤ ± ٠/٧^{a}	٠/١٦ ± ٠/٠١^{b}	٢/٩ ± ٠/٤^{a}	١/٦ ± ٠/٣^{a}	٠/٠٠٩ ± ٠/٠٠١^{a}	٠/٢٦ ± ٠/٠٢^{a}
E.camaldulensis	٥٨/٥٥ ± ٢/٢^{a}	٤/٨ ± ٠/٣٧^{a}	٠/٢٥ ± ٠/١٢^{a}	٢/٧ ± ٠/٠٨^{b}	١/٣ ± ٠/١^{b}	٠/٠٠٨ ± ٠/٠٠١^{b}	٠/٢٥ ± ٠/٠١^{a}
E.saligna	٣٦/١ ± ٨/٢^{c}	٢/٦ ± ٠/٦١^{b}	٠/١٢ ± ٠/٠٠٦^{b}	١/٨ ± ٠/٤^{b}	٠/٨ ± ٠/٩^{c}	٠/٠٠٧ ± ٠/٠٠١^{c}	٠/٢٣ ± ٠/٠١^{b}

جدول ١٠- مقایسه میانگین اثرات اصلی شوری مختلف خاک بر صفات جوانه‌زنی و رویشی گونه‌های اکالیپتوس به روش دانکن.

خاک/ صفات	Gp	Gv	Vi	Sl	Rl	Tb	rsr
چات	١٨/٩ ± ١/٣^{c}	١/٥ ± ٠/١٦^{c}	٠/١٣ ± ٠/٠٠٨^{c}	١/٠٦ ± ٠/٠٦^{c}	٠/٤ ± ٠/٠٥^{c}	٠/٠٠١ ± ٠/٠^{c}	٠/١٧ ± ٠/٠٢^{c}
کردکوی	٤٢/٩ ± ٦/٢^{b}	٣/٢٥ ± ٠/٥^{b}	٠/٢١ ± ٠/٠٨^{b}	٢/٢٣ ± ٠/٣٤^{b}	١/٣ ± ٠/٢٦^{b}	٠/٠٠٣ ± ٠/٠٠^{b}	٠/٢٤ ± ٠/٠١^{b}
ساری	٦٢ ± ٢/٣^{a}	٥/٣٥ ± ٠/٣٧^{a}	٠/١٥ ± ٠/٠١^{a}	٣/١٦ ± ٠/١٨^{a}	١/٦٣ ± ٠/١٩^{a}	٠/٠٤٢ ± ٠/٠٠١^{a}	٠/٢٨ ± ٠/٠١^{a}

جدول ۱۱- اثرات متقابل گونه و شوری خاک بر صفات جوانه‌زنی و رویشی سه گونه اکالیپتوس (۱ نشاندهنده *E. microtheca* ۲ نشان‌دهنده *E. camaldulensis* و ۳ نشان‌دهنده *E. saligna* است).

گونه- خاک/ صفات		Gp	Gv	Vi	Sl	Rl	Tb	rsr
	چات	۱۸/۸٦ ± ۱/۱^{c}	۱/۵۳ ± ۰/۱^{c}	۰/۱۳ ± ۰/۰۰۸^{c}	۱/۰٦ ± ۰/۰٦^{c}	۰/٤ ± ۰/۰۵^{c}	۰/۰۰۳ ± ۰/۱۷^{c}	۰/۱۷ ± ۰/۰۲^{c}
۱	کردکوی	۵۵/۵۵ ± ۱/۱^{b}	٤/۱٤ ± ۰/۱^{b}	۰/۱٤ ± ۰/۰۰۳^{b}	۳/۱ ± ۰/۱^{b}	۲/۱ ± ۰/۱٦^{b}	۰/۰۰۹ ± ۰/۱^{b}	۰/۳ ± ۰/۰۰٦^{b}
	ساری	٦۸/۸ ± ۱/۱^{a}	٦/٦ ± ۰/۲^{a}	۰/۲۱ ± ۰/۰۰۵^{a}	۳/۸ ± ۰/۱٦^{a}	٤/۳ ± ۰/۱٦^{a}	۰/۰۱ ± ۰/۰۱^{a}	۰/۳۲ ± ۰/۰۰٦^{a}
	چات	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲	کردکوی	۵٤/٤٤ ± ۲/۲^{b}	٤ ± ۰/۱^{b}	۰/۳۷ ± ۰/۲^{b}	۲/۸ ± ۰/۱٦^{b}	۱/۳ ± ۰/۱^{b}	۰/۰۰۷ ± ۰/۰۰۱^{b}	۰/۲۳ ± ۰/۰۱^{b}
	ساری	٦٦/٦٦ ± ۲^{a}	۵/٦ ± ۱^{a}	۰/۱۳ ± ۱^{a}	۳ ± ۰/۰۰^{a}	۱/۳ ± ۰/۰۱^{a}	۰/۰۰۹ ± ۰/۰۰۱^{a}	۰/۲۷ ± ۰/۰۰۵^{a}
	چات	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۳	کردکوی	۱۷/۷۷ ± ۱/۱^{a}	۱/۲ ± ۰/۱^{a}	۰/۱۳ ± ۰/۰۰٦^{a}	۱ ± ۰/۱^{a}	۰/٤ ± ۰/۰۵^{a}	۰/۰۰٤ ± /۰۰۱^{a}	۰/۲۷ ± ۰/۰۰۵^{a}
	ساری	۵٤/٤٤ ± ۲/۲^{b}	٤ ± ۰/۱^{b}	۰/۱۱ ± ۰/۰۰۵^{b}	۲/٦ ± ۰/۱٦^{b}	۱/۲ ± ۱^{b}	۰/۰۰۷ ± ۰/۰۰۲^{b}	۰/۲٦ ± ۰/ ۰۰۳^{b}

بحث

عکس‌العمل گیاهان در مراحل مختلف رشد گیاه شامل جوانه‌زنی، بلوغ، رسیدگی میوه و پیری مختلفی در پاسخ به شرایط تنش شوری متفاوت است (فرانکوئیس و همکاران، ١٩٩٤). مرحله جوانه‌زنی به‌دلیل تأثیر در تعیین تراکم نهایی گیاه در واحد سطح اهمیت زیادی دارد چرا که تراکم کافی در واحد سطح زمانی به‌دست می‌آید که بذرهای کاشته شده به‌طور کامل و با سرعت کافی جوانه بزنند (باقری و همکاران، ١٩٩٦). شوری به دو روش بر جوانه‌زنی بذر تأثیر می‌گذارد یا باعث تاخیر در فرایند جوانه‌زنی می‌شود و یا موجب بازدارندگی کامل فرایندهای جوانه‌زنی در شوری بالاتر از حد تحمل گیاه می‌شود، در هر صورت پاسخ جوانه‌زنی بذرها به شوری بسیار متنوع و مخصوص گونه است. تنش شوری به‌عنوان عامل محیطی مؤثر بر سرعت جوانه‌زنی علاوه‌بر مسمومیتی که می‌تواند ایجاد کند باعث منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی نیز می‌شود بنابراین جذب آب توسط بذر را با اشکال جدی روبرو می‌کند. افزایش شوری منجر به کند شدن جذب آب توسط بذر و در نتیجه مانع جوانه‌زنی و حتی بلند شدن طول ریشه‌چه می‌شود (اساره و شریعت، ٢٠٠٩). مطلب بالا با نتایج این پژوهش در مورد گونه‌های مورد بررسی مطابقت دارد. افزایش شوری کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی را در گونه‌های بالا به‌دنبال داشت. بیش‌ترین میزان کاهش نیز مربوط به گونه *E. saligna* بود و این در حالی است که گونه‌های *E. microtheca* و *E. camaldulensis* به مراتب از کاهش کم‌تری در این فاکتورها برخوردار بودند. در پژوهش‌هایی که توسط واندرموزل و همکاران (١٩٩٣)، کورنی و همکاران (٢٠٠٣)، مارک و همکاران (٢٠٠٥) و چام و کیدمنی (٢٠٠٨) برای بررسی اثر شوری بر گونه‌های مختلف اکالیپتوس انجام گرفت کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی با افزایش سطوح شوری کاملاً مشهود بوده است. گونه *E. microtheca* حتی در غلظت ٢٥٠ میلی‌مولار و دو گونه دیگر تا غلظت ٢٠٠ میلی‌مولار قادر به جوانه‌زنی بودند بنابراین حد تحمل این گونه‌ها را نیز می‌توان تا همین غلظت‌ها و گونه *E. microtheca* را نسبت به شوری متحمل‌تر دانست. این گونه در منطقه چات نیز که میزان شوری بالا است قادر به جوانه‌زنی بود در حالی‌که دو گونه دیگر توانایی جوانه‌زنی در این منطقه را نداشتند. در خاک کردکوی و ساری که به مراتب شوری خاک کم‌تر شده بود هر ٣ گونه از شرایط بهتری در جوانه‌زنی و رویش داشتند. گونه *E. microtheca* بیش‌ترین میزان جوانه‌زنی را با بالاترین سرعت و گونه *E. saligna* کم‌ترین درصد جوانه‌زنی را با پایین‌ترین سرعت دارا بودند. در خاک ساری هر ٣ گونه از بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی با بالاترین سرعت برخوردار بودند. این نتیجه

کاملاً با نتایج آزمایشگاهی مطابقت داشته است. در میان صفات مورد بررسی در مرحله جوانه‌زنی به‌دلیل این‌که شاخص بنیه بذر از میانگین مجموع طول ریشه‌چه و ساقه‌چه ضرب در درصد جوانه‌زنی تقسیم بر ۱۰۰ حاصل می‌شود می‌توان گونه‌هایی را که از نظر این شاخص بالاتر هستند، به‌عنوان گیاهان متحمل تر به شوری معرفی نمود (اساره و شریعت، ۲۰۰۹). از نظر این شاخص نیز گونه *E. microtheca* بیش‌ترین و سپس به‌ترتیب گونه‌های *E. camaldulensis* و *E. saligna* قرار گرفتند. در این خصوص نیز آزمایش‌های انجام شده در بستر خاکی با نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌های درون شیشه‌ای مطابقت داشت. کاهش بنیه بذر برای جوانه‌زنی در اثر تنش اسمزی به کاهش رطوبت سلول و تأثیر آن بر ساختن پروتئین و ترشح هورمون‌ها نسبت داده می‌شود (کریشرامورتی و همکاران، ۱۹۹۸). از دیگر معیارهای مهم در انتخاب ارقام برای مقاومت به شوری اندازه‌گیری میزان رشد اندام هوایی و زمینی می‌باشد (مانز و شاچتمن، ۱۹۹۳). کاهش رشد گیاهان در اثر تنش شوری معمولاً به‌دلیل تأثیر بر فتوسنتز و فرآیندهای جانبی آن می‌باشد که بر حسب رقم و شرایط محیطی متفاوت است (بانرت و جسن، ۱۹۹٦). علاوه‌بر این یکی از شاخص‌های مؤثر در تحمل به شوری حفظ آماس سلولی و تنظیم اسمزی است که با ساختن مواد آلی این کار انجام می‌شود. در این شرایط گیاهان برای ساختن مواد آلی انرژی زیادی صرف می‌کنند که در این صورت رشد اندام هوایی کاهش می‌یابد (پنولاس و همکاران، ۱۹۹۷). از دیگر اثرات سوء تنش شوری بروی گیاهان بر هم زدن تعادل عناصر غذایی آن‌ها و تغییر کیفی پروتئین‌ها و در نهایت کاهش رشد ریشه و ساقه در گیاه می‌باشد (کاچورو و همکاران، ۱۹۹۳). کاهش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه در آزمایش‌هایی که توسط مارک و همکاران (۲۰۰۵)، چام و کیدمنی (۲۰۰۸) و عصاره و شریعت (۲۰۰٦) طی اعمال تنش شوری انجام شد نیز گزارش شده است. در این پژوهش نیز افزایش سطوح شوری سبب کاهش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه در هر ۳ گونه گردید. درصد و سرعت جوانه‌زنی در غلظت ۵۰ میلی‌مولار در دو گونه *E. camaldulensis* و *E. microtheca* بهتر بوده است. این بهبود را می‌توان به کاهش جزیی پتانسیل آب در این غلظت که در برخی موارد باعث افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی و همچنین یکنواختی رشد در گیاهچه‌ها می‌شود مرتبط دانست. مورابیتو و همکاران (۱۹۹۳) نیز چنین افزایشی را در گونه *E. microcorys* در غلظت ۷۰ میلی‌مولار گزارش نمودند. در غلظت ۵۰ میلی‌مولار از نمک کلرید سدیم مقداری افزایش در طول ساقه و ریشه در گونه‌های *E. microtheca* و *E. camaldulensis* مشاهده گردید که این افزایش را می‌توان ناشی از نیاز گیاه به مقادیر کم یون Na^+ برای رشد بهتر اندام هوایی و زمینی

دانست در واقع یون سدیم در این غلظت تحریک‌کننده رشد بهتر گیاه است (پوستینی و سلمانی، ۱۹۹٦). هم‌چنین عصاره و شریعت (۲۰۰۹) بیان نمودند که در شرایط شروع افزایش شوری جذب آب توسط ریشه کاهش می‌یابد و در نتیجه ریشه تا حدی بلند می‌شود که نتایج مشابه در پژوهش‌های مورابیتو و همکاران (۱۹۹۳) نیز مشاهده می‌شود. با افزایش شوری اندام زایی گیاه به‌شدت کاهش می‌یابد که این امر موجب کاهش بیوماس می‌گردد. به‌نظر می‌رسد که کاهش پتانسیل اسمزی و اثرات سمی یونی با افزایش سطوح شوری فرایند رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه را که دچار اختلال می‌کند، کاهش وزن خشک و در نتیجه بوماس کل را در آن‌ها نیز به دنبال دارد (رحمان و همکاران، ۱۹۹۷). از آن‌جا که در شرایط تنش اسمزی، دسترسی بذر به رطوبت کاهش می‌یابد بنابراین هیدرولیز مواد ذخیره‌ای برای تولید بافت‌های گیاه‌چه‌ای با مشکل مواجه شده و موجب کاهش وزن خشک گیاه‌چه و در نتیجه بیوماس و هم‌چنین نسبت وزن خشک ریشه به ساقه می‌گردد (پنولاس و همکاران، ۱۹۹۷). در مجموع می‌توان بیان نمود که تنش شوری منجر به کاهش مشخصه‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه هر ۳ گونه گردید که میزان این کاهش در گونه *E. microtheca* نسبت به دو گونه دیگر مورد مطالعه کم‌تر و این گونه تحمل بیش‌تری نسبت به تنش شوری در مقایسه با دو گونه دیگر داشته و برای خاک‌هایی که میزان شوری بالاتری دارند مناسب‌تر است بنابراین پیشنهاد می‌گردد در خصوص سازگاری این گونه در مناطق با درجه شوری بالاتر پژوهش و از آن برای جنگل‌کاری این مناطق استفاده گردد.

منابع

1. Asareh, M.H. and Sharat, A. 2006. Salinity resistance of 3 Eucalyptus species in germination stage and growth stage. J. Range. For. Plant Breed. Gen. Res. (In Persian)
2. Asareh, M.H. and Sharat, A. 2009. Salinity resistance in germination stage and growth stage in some Eucalyptus species. J. Agric. Resour. 15: 6. 385-391. (In Persian)
3. Bagheri, A., Sarmadnia, Gh. and Hajrasouliha, Sh. 1996. Response of sainfoin salt and drought stress in germination stage. J. Agric. Sci. 2: 2. 41-45. (In Persian)
4. Bohnert, H.J. and Jensen, R.G. 1996. Metabolic engineering for increased salt tolerance the next step. Australian Plant Physiology, 59: 661-667.
5. Cachorro, P., Otriz, A. and Cedra, A. 1993. Growth, water relation and solute composition of Phaseolus vulgar under saline condition. Plant Science, 95: 22-32.

6.Chaum, S. and Kirdmanee, C. 2008. Assessment of salt tolerance in Eucalyptus, rain tree and thai neem under laboratory and the field conditions. Pakistan J. Bot. 40: 5. 2041-2051.
7.Corney, H.J., Sasse, J.M. and Ades, P.K. 2003. Assessment of salt tolerance in eucalyptususing chlorophyll fluorescence attributes. New For. J. 26: 3. 233-246.
8.Francois, L., Grieve, E.C., Mass, E.V. and Lesch, S.M. 1994. Time of salt stress affected growth and yield components of irrigated wheat. Agron. J. 86: 100-107.
9.Foley, M.E. and Fennimore, S.A. 1998. Genetic basic for seed dormancy. Seed Science Research, 8: 173-179.
10.Krishramurthy, L., Johnsen, C. and Saxsena, N.P. 1998. Length to weight ratio of chickpea roots under progressively reduing siol moisture conditions in vertisol. Field Crops Research, 58: 177-185.
11.Leidi, E.O., Nogales, R. and Lips, S.H. 1991. Effect of salinity on cotton plants growth under nitrate and ammonium nutrition at different calcium levels. Field Crop Research, 26: 35-44.
12.Levit, J. 1980. Responses of plants to Environtmental Stresses, Vol 2, second edition. Academic Press, New York, 497p.
13.Mark, A.A., Andreas, R., Allan, K. and Timothy, C. 2005. Salt tolerance in eucalyptus spp: identity and response of putative. Plant, Cell and Environment, 28: 772-787.
14.Morabito, D., Mills, D., Prat, D. and Pierre, D. 1993. Response of clones of Eucalyptus microtheca to NaCl in vitro. Tree Physiol. J. 14: 2. 201-210.
15.Munns, R. and Schachtman, D.P. 1993. Plant responses to salinity significance in relation to time. Crop Science, 1: 741-745.
16.Penuelas, J.R., Isla, R., Fillela, I. and Araus, L.J. 1997. Visible and near-infrared reflectance assessment of salinity effects on barley. Crop science, 37: 198-203.
17.Pustini, K. and Zahtabi, S. 1996. The responses to salinity of dry matter production and remobilization of two wheat cultivars. Iran. J. Agric. Sci. 6: 15. 11-29. (In Persian)
18.Rehman, S.P., Harris, C., Bourne, W.F. and Wikin, J. 1997. The effect of sodium chloride on germination and the potassium contents of Acacia seeds. Seed Science and Technology, 25: 45-57.
19.Sudhir, P. and Murthy, S.D.S. 2004. Effect of salt stress on basic processes of photosynthesis. Photosynthetica. 42: 481-486.
20.Van der Mozel, P.G., Gladys, V.N., Pearce, P. and Bell, D.T. 1991. Screening for salt and water logging tolerance in *Eucalyptus* and *Melaleuca* species. Forest Ecology and Management, 40: 27-37.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 20 (3), 2013
http://jwfst.gau.ac.ir

Assessment of salt stress resistance of three Eucalypt species in first growth stages

***S.S. Hashemi[1], V. Payamnoor[2], A.R. Aliarab[2] and S.A. Jafari Mofidabadi[3]**
[1]M.Sc. Student, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Assistant Prof., Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]Associate Prof., Cotton Research Institute
Received: 07/23/2012; Accepted: 12/03/2013

Abstract

Salinity is one of the most important abiotic stresses that according to its negative effects on plant growth, reduces lands' potential productivity. Seed germination is the first stage of plant development, in which plant encounters salinity of soil. Thus, study of plant response to salinity in this stage can have an important role in determination of plant salinity resistance. The salinity resistance of plant can be determined in short time. In this study, in order to identify salinity resistance of three *Eucalyptus* species (*E. microtheca*, *E. camaldulensis*, *E. saligna*) in germination and initial growth stages, using MS media culture in vitro condition and using completely randomized factorial experiment with 3 replications their seeds were exposed to 6 salinity treatments, including 0, 50, 100, 150, 200 and 250 Mm NaCl in laboratory condition. Germination percent, germination speed, seed vigor, root and shoot length, root and shoot fresh weight, root and shoot dry mass and total biomass were measured and used as salinity tolerance index (STI). *E. microtheca* was more salinity tolerant than *E. camaldulensis* and *E. saligna*. In order to achieve more confident results seeds of these 3 species were planted in different salinity classes of natural soil. After comparison, it was determined that results were quite consistent.

Keywords: Salinity, *Eucalyptus*, Seed germination

* Corresponding Author; Email: hashemi.samere@yahoo.com