Morphological and physiological responses of root and leave in *Gleditschia caspica* to salinity stress

Asghar Mosleh Arani*, Azar Rafiei, Afagh Tabandeh, Hamidreza Azimzadeh
Environmental Department, Natural Resources and Desert Studies School, Yazd University, Yazd, Iran

Abstract
In this research morphological and physiological responses of root and leaves of *Gleditschia caspica* were studied under salinity stress (control, 4. 8 and 12 ds/m) based on a randomized split plot design with four replicates. The results showed that salinity (12 ds/m) decreased all morphological characteristics exept for root length, aerial biomass and number of leaflet. Root proline in 12 ds/m salinity was equal to 27 mg g^{-1}fw that were 5 times more than control. In contrast to root, leave proline decreased in all salinity treatments. Salinity significantly increased the amount of soluble sugar where in 12 ds/m salinity its amount was 4 times more than control. In contrast to leave, the amount of MDA in root (0.05 mol/g µfw) was 2.5 times more than control. Salinity decreased the amount of chlorophyll (a, b and total chlorophyll) and the lowest amount for total chlorophyll found in 12 ds/m and was equal to 10.6 mg g^{-1}fw. Salinity decreased root and leave potassium but increased the amount of sodium. The amount of sodium in 12 ds/m salinity was 4 times more than control. Salinity decreased root phosphor and its amounts in control were equal to 1055 mg/kg and in 12 ds/m salinity were equal to 833 mg/kg. Salinity increased leave phosphor in 8 ds/m. It is concluded that the responses of root and leaves to salinity stress were different. Root responsed to salinity by increasing the amounts of proline and leaves responsed by accumulation of sodium in cell vacuoles.
Keywords: proline, salinity, root, *Gleditschia caspica*

* Corresponding Author: amosleh@yazd.ac.ir

Copyright©2017, University of Isfahan. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/BY-NC-ND/4.0), which permits others to download this work and share it with others as long as they credit it, but they cannot change it in any way or use it commercially.

زیست‌شناسی گیاهی ایران، سال نهم، شمارهٔ سی و چهارم، زمستان ۱۳۹۶، صفحهٔ ۱۲-۱
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۵/۱۸
تاریخ بررسی مجدد: ۱۳۹۶/۰۴/۱۷
تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۶/۰۸/۱۳

بررسی پاسخ مورفولوژیک و فیزیولوژیک اندام هوایی و زیرزمینی گیاه لیلکی (*Gleditschia caspica*) در برابر تنش شوری

اصغر مصلح ارانی*، آذر رفیعی، آفاق تابنده، حمیدرضا عظیم‌زاده
گروه محیط‌زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

چکیده

برای بررسی پاسخ مورفولوژیک و فیزیولوژیک اندام هوایی و زیرزمینی گیاه لیلکی (*Gleditschia caspica*) دربرابر تنش شوری (شاهد، ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. نتایج نشان دادند شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر کاهش اندک همهٔ صفات مورفولوژیک را باعث شد که تنها تفاوت در طول ریشه، زیتودهٔ هوایی و تعداد برگچه‌ها نسبت به شاهد معنی‌دار بود. مقدار پرولین ریشه در غلظت ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، ۲۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود که این مقدار بیشتر از ۵ برابر شاهد بود. برخلاف ریشه، پرولین برگ‌ها در همهٔ تیمارهای شوری به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافت. بر اثر شوری، مقدار قند برگ به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش نشان داد و در غلظت ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، چهار برابر شاهد بود. برخلاف برگ، مقدار مالون‌دی‌آلدهید در ریشه (۰/۰۵ میکرومول بر گرم وزن تر) بیشتر از ۲/۵ برابر شاهد بود. مقدار کلروفیل a، b و کل با افزایش شوری نسبت به شاهد کاهش یافت. کلروفیل کل در غلظت ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، بیشترین کاهش را داشت و مقدار آن برابر با ۱۰/۶ میکرومول بر گرم وزن تر بود. شوری، مقدار پتاسیم را در برگ و ریشه کاهش ولی مقدار سدیم را افزایش داد؛ به‌طوری‌که سدیم برگ در غلظت ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بیشتر از چهار برابر شاهد بود. با افزایش شوری، مقدار فسفر در ریشه کاهش یافت؛ به‌طوری‌که مقدار آن در شاهد برابر با ۱۰۵۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک و در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر برابر با ۸۳۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک بود؛ درحالی‌که فسفر برگ در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافت. نتایج این آزمایش نشان دادند برگ و ریشهٔ گیاه لیلکی واکنش متفاوتی نسبت به شوری دارند. ریشه بیشتر با افزایش پرولین و برگ شاید با تجمع سدیم در واکوئل‌ها به شوری پاسخ می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، ریشه، شوری، لیلکی

* نگارندهٔ مسؤول: نشانی پست الکترونیک: amosleh@yazd.ac.ir، شمارهٔ تماس: ۰۳۵-۳۸۲۱۰۳۱۲

Copyright©2017, University of Isfahan. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/BY-NC-ND/4.0), which permits others to download this work and share it with others as long as they credit it, but they cannot change it in any way or use it commercially.

مقدمه

شوری پس از خشکی مهم‌ترین تنش محیطی است که به‌طور جدی با کاهش رشد و عملکرد گیاه همراه است و بیش از صد سال موضوع بسیاری از پژوهش‌های جهانی بوده است. نمک‌های محلول در محیط رشد، پتانسیل آب را کاهش می‌دهند و درنتیجه، جذب و انتقال آب و مواد غذایی در گیاه مختل می‌شوند. غلظت‌های زیاد سدیم کلرید در محلول خاک ممکن است کاهش فعالیت یونی عناصر و افزایش نسبت سدیم به کلسیم، سدیم به پتاسیم، کلسیم به منیزیم و کلرید به نیترات را سبب شود؛ درنتیجه گیاه به سمیت ویژهٔ عناصر و اختلالات تغذیه‌ای دچار می‌شود. این نبود تعادل ممکن است با کاهش دسترسی گیاهان به عناصر لازم، رقابت برای جذب عناصر، نحوهٔ انتقال یا کده‌بندی عناصر در گیاه یا نبود فعالیت فیزیولوژیک عنصر غذایی ویژه و افزایش نیاز گیاه به این عنصر ایجاد شود (Grattan and Grieve, 1999).

درعوض، گیاهان در مقابله با تنش شوری، سازوکارهای دفاعی زیادی بر می‌گزینند. یکی از راهکارهای مناسب گیاهان در پاسخ به تنش شوری افزایش اسمولیت‌های سازگار در اندام‌های مختلف گیاه است. این اسمولیت‌های سازگار (مانند آمینواسیدهای پرولین و گلیسین بتاین یا قندهای محلول) اعمالی مانند تنظیم اسمزی، حفاظت از ساختار درون‌سلولی و کاهش خسارت اکسیداتیو ناشی از تولید رادیکال‌های آزاد را در پاسخ به تنش خشکی و شوری میانجی‌گری می‌کنند (De Lacerda *et al*., 2005). بین مواد محلول سازگار شناخته شده احتمالا پرولین گسترده‌ترین نوع آنها است و به نظر می‌رسد تجمع آن در فرایند سازگاری به تنش شوری در بسیاری از شیرین‌پسندها (گلیکوفیت‌ها) دخالت دارد (Sudhakar *et al*., 1993).

سدیم، کاتیون حل‌شدنی در بسیاری از خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک است. بیشتر گیاهان به‌ویژه شیرین‌پسندها به غلظت زیاد سدیم حساس هستند؛ زیرا پایداری یون‌های داخل سلول را بر هم می‌زند و تضعیف واکنش‌های سوخت‌وساز درون‌سلولی را موجب می‌شود (Niakan and Ghorbanli, 2007; Wang *et al*., 2004). ازسوی‌دیگر در بسیاری از گیاهان شورپسند، سدیم با ورود به واکوئل‌ها نقش عمده‌ای در تنظیم تعادل اسمزی بر عهده دارد. بیشتر گیاهان، افزایش موقتی سدیم را در آپوپلاست با افزایش مقدار آب سلول‌های مزوفیل (مانند مقدار آب واکوئل) تحمل می‌کنند؛ بنابراین نمک‌ها در واکوئل رقیق‌تر می‌شوند و جذب نمک را از محلول آپوپلاست افزایش می‌دهند (Heidari-Sharifabad, 2001). پتاسیم عنصر غذایی پرمصرف و اصلی دیگری است که نقش اصلی آن در گیاهان، تنظیم اسمزی است (Barker *et al*., 1993). پتاسیم به‌علت نقش آن در تنظیم اسمزی و نیز اثر رقابتی آن با سدیم غالبا عنصری مهم در تنش شوری در نظر گرفته می‌شود؛ به‌همین‌دلیل تصور می‌شود غلظت اندک سدیم و به‌عبارت‌بهتر، نسبت کم سدیم به پتاسیم در برگ‌ها، رابطه‌ای نزدیک با مقاومت به شوری دارد (Schachtman *et al*., 1993).

لیلکی (*Gleditschia caspica*) گیاه درختی خاردار و متعلق به تیرهٔ نخود (Fabaceae) است و ارتفاع آن تا ۵ متر می‌رسد. تاج درخت، باز و پهن است؛ برگ‌های آن مرکب شانه‌ای و میوه‌های آن کشیده، عنابی‌رنگ و درشت هستند. این درخت در

نقاط پست و مرطوب جنگل‌های شمال ایران می‌روید و دامنهٔ انتشار آن محدود به جنگل‌های آستارا تا نور است؛ به جنگل‌های شرق و شمال شرقی البرز داخل نمی‌شود؛ معمولا در سواحل و میان‌بند انتشاریافته است و جامعه‌های فرعی آن گاهی جانشین جامعه‌های جنگلی می‌شود؛ ولی از ۵۰۰ متر ارتفاع در جنگل بالاتر نمی‌رود (Mozaffarian, 2005).

همهٔ اندام‌های گیاه ممکن است در تحمل یا اجتناب از شوری نقش و با یکدیگر همکاری داشته باشند. این همکاری در برخی موارد ثابت شده است (Brouwer, 1962)؛ برای نمونه اگر اندام هوایی گیاه به‌دلیل کاهش نور یا کربن دی اکسید، مواد غذایی بیشتری نیاز داشته باشد، انتقال و تخصیص مواد از اندام‌های دیگر به اندام هوایی انجام خواهد شد. این موضوع برای سایر اندام‌ها نیز انجام می‌شود. بررسی‌های فیزیولوژیک پاسخ گیاهان به شوری اغلب بر اندام هوایی انجام شده‌اند و کمتر به نقش مجزای ریشه و اندام هوایی یا همکاری آنها پرداخته شده است. پژوهش حاضر نقش متناظر اندام هوایی و سیستم ریشه‌ای را دربرابر تنش شوری در گیاه *G. caspica* بررسی می‌کند.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر، در بهار سال ۱۳۹۴ در آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. برای بررسی اثر تنش شوری بر ویژگی‌های رویشی و فیزیولوژیک درخت لیلکی ابتدا بذرهای هم‌اندازهٔ این درخت انتخاب شدند. بذرها ۵ دقیقه در سولفوریک اسید قرار گرفتند و سپس با آب مقطر شستشو داده شدند. پس از آن بذرها در عمق ۲ سانتی‌متر در گلدان حاوی ماسه‌بادی در شرایط گلخانه کاشته شدند. گلخانه در شرایط نوری طبیعی و دمای متوسط ۲۷ درجهٔ سانتی‌گراد و رطوبت ۵۰ درصد قرار داشت. آبیاری، از مرحلهٔ کاشت تا مرحلهٔ جوانه‌زنی با آب معمولی و هر سه روز یک‌بار انجام شد؛ سپس تا زمان استقرار کامل، گیاهچه‌ها با محلول هوگلند آبیاری شدند. پس از رشد گیاه و رسیدن به ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر (۴ ماهه) نهال‌های مد نظر در تیمارهای شاهد (آب شرب)، شوری ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به‌صورت تدریجی (۴ دسی‌زیمنس به‌ازای هربار آبیاری) تا رسیدن به سطح تنش مد نظر اعمال شدند. شوری‌های مد نظر با دستگاه EC متر دیجیتال (شرکت Jenway، انگلستان) و اضافه‌کردن تدریجی سدیم کلرید به آب دوبارتقطیر تهیه شد. آبیاری نهال‌ها به فاصلهٔ چهار روز در میان به میزان ۱۰۰ میلی‌لیتر با ظرف مدرج انجام شد. برای جلوگیری از انباشته‌شدن نمک در نهال‌های قرارگرفته در تیمار شوری پس از سه دوره آبیاری، یک دوره نیز آبشویی با آب معمولی انجام شد. پس از اعمال تیمارها به‌مدت یک ماه، صفات مورفولوژیک شامل قطر یقه با کولیس دیجیتال (شرکت Titan، چین)، ارتفاع ساقه و طول ریشه با خط‌کش، وزن تر و خشک ساقه و ریشه با ترازوی دیجیتالی (مدل Denver، شرکت Wagtech، آلمان)، فسفر اندام هوایی و زمینی با روش اولسن (Jones, 2001)، پتاسیم و سدیم اندام هوایی و زمینی با دستگاه فلیم فتومتر شعله‌ای (شرکت Jenway، انگلستان) و تعداد برگچه اندازه‌گیری شدند (Waling *et al*, 1989). کلروفیل‌های a و b، کلروفیل کل و کاروتنوئید با روش Lichtenthaler (۱۹۸۷)، مالون‌دی‌آلدهید اندام هوایی و زمینی با روش Heath و Packer (۱۹۶۸)، پرولین اندام

هوایی و زمینی با اندازه‌گیری جذب در طول موج ۵۲۰ نانومتر با روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) و قندهای محلول اندام هوایی نیز با اندازه‌گیری جذب در طول موج ۴۸۵ نانومتر با روش Kochert و همکاران (۱۹۷۸) با دستگاه اسپکتروفوتومتر (Analitik Jena 210) اندازه‌گیری شدند.

تحلیل آماری: برای بررسی اختلاف بین غلظت‌های مختلف تیمار، تجزیهٔ واریانس همهٔ صفات بررسی‌شده انجام شد و درنهایت میانگین‌ها با آزمون دانکن دسته‌بندی شدند. احتمال معنی‌داربودن تفاوت‌ها در سطح ۰/۰۵ محاسبه شد. همهٔ تحلیل‌ها با نرم‌افزار آماری SAS انجام شدند.

نتایج

نتایج تجزیهٔ واریانس دربارهٔ صفات مورفولوژیک نشان دادند تأثیر غلظت‌های مختلف شوری بر صفات تعداد برگچه، طول ریشه و زیتودهٔ هوایی معنی‌دار بود (جدول ۱). افزایش غلظت شوری، میانگین طول ریشه را کاهش داد. طول ریشه نسبت به تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نشان داد؛ اما بین دو غلظت ۴ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری برای این صفت مشاهده نشد، بیشترین مقدار طول ریشه در شاهد با طول ۳۲/۱۳ سانتی‌متر و کمترین آن در تیمار شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول ۲). تعداد برگچه‌ها در همهٔ تیمارهای شوری به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافت؛ به‌طوری‌که میزان آن در غلظت ۸ دسی‌زیمنس بر متر به کمتر از ۳۷ درصد شاهد رسید. با افزایش غلظت شوری، زیتودهٔ هوایی کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد. مقدار زیتودهٔ اندام هوایی در شاهد برابر با ۱/۵ گرم اندازه‌گیری شد که این مقدار حدود دو برابر سایر تیمارهای شوری بود. گرچه تفاوت معنی‌داری در میانگین میزان قطر یقه، ارتفاع اندام هوایی و زیتودهٔ زمینی بین تیمارهای مختلف شوری مشاهده نشد، نتایج نشان دادند میانگین این صفات در غلظت‌های ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به میانگین آن در شاهد کاهش یافت (جدول ۲).

جدول ۱- نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک در گونه لیلکی

صفات	منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	P
قطر یقه	غلظت شوری	۳	۰/۳۰۲	۰/۱۰۱	۰/۴۷۵	۰/۷۰۸
	خطا	۸	۱/۶۹۴	۰/۲۱۲		
ارتفاع ساقه	غلظت شوری	۳	۴۴/۱۷۵	۱۴/۷۳	۲/۱۹۵	۰/۱۶۶
	خطا	۸	۵۳/۶۷	۶/۷۱		
طول ریشه	غلظت شوری	۳	۱۹۷/۹۳	۶۵/۹۸	۲۲/۰۲۳	۰
	خطا	۸	۲۳/۹۷	۲/۹۹		
تعداد برگچه	غلظت شوری	۳	۲۸۳۳۹۴/۶۷	۹۴۴۶۴/۸۹	۱۴/۴۱	۰/۰۰۱
	خطا	۸	۵۲۴۵۳/۳۳	۶۵۵۶/۶۷		
زیتوده هوایی	غلظت شوری	۳	۱/۵۸	۰/۵۲۶	۱۸/۹۸	۰/۰۰۱
	خطا	۸	۰/۲۲۲	۰/۰۲۸		
زیتوده زمینی	غلظت شوری	۳	۰/۶۰۳	۰/۲۰۱	۱/۵۹۷	۰/۲۶۵
	خطا	۸	۱/۰۰۷	۰/۱۲۶		

جدول ۲: مقادیر میانگین صفات مورفولوژیک در گونه لیلکی تحت تنش شوری است. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون دانکن است.

فاکتورهای موردراندازه‌گیری	غلظت شوری (دسی زیمنس بر متر)			
	شاهد	۴	۸	۱۲
قطر یقه (میلی‌متر)	۲/۱۸[a]	۲/۲۷[a]	۱/۹۴[a]	۱/۸۹[a]
ارتفاع اندام هوایی(سانتی‌متر)	۲۰/۴۶[a]	۱۶/۵۷[a]	۱۷/۰۳[a]	۱۵/۲۶[a]
طول ریشه (سانتی‌متر)	۳۲/۱۳[a]	۲۲/۰۶[c]	۲۸/۵۳[b]	۲۳/۲۷[c]
تعداد برگچه	۶۴۰[a]	۳۵۵[b]	۲۳۶[b]	۳۰۴[b]
زیتوده هوایی (گرم)	۱/۵۴[a]	۰/۸[b]	۰/۶[b]	۰/۷۶[b]
زیتوده زمینی (گرم)	۰/۸۹[a]	۰/۶۱[a]	۱/۱[a]	۰/۵۳[a]

نتایج تجزیهٔ واریانس صفات فیزیولوژیک نشان دادند اثر تنش شوری بر همهٔ صفات بجز مالون‌دی‌آلدهید برگ و ریشه، کلروفیل b، کارتنوئید و پتاسیم برگ معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسهٔ میانگین‌ها نشان دادند با افزایش غلظت شوری، مقدار پرولین در ریشهٔ گیاه افزایش یافت؛ به‌طوری‌که در غلظت ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر برابر با ۲۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود که این مقدار بیشتر از ۵ برابر شاهد بود. برخلاف ریشه، پرولین برگ‌ها در همهٔ تیمارهای شوری به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافت؛ به‌طوری‌که مقدار آن در شاهد برابر با ۲۲ و در تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر برابر با ۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر اندازه‌گیری شد (جدول ۴). اثر غلظت‌های مختلف شوری بر میزان قندهای محلول برگ معنی‌دار بود. مقدار قند به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش نشان داد؛ به‌طوری‌که مقدار قند در غلظت ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر چهار برابر شاهد بود. تفاوت معنی‌داری در مفدار مالون‌دی‌آلدهید برگ بین تیمارهای شوری و شاهد مشاهده نشد، اما این ماده در ریشه در دو شوری ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس برابر با ۰/۰۵ mol g-1µfw بود که به‌طور معنی‌داری بیشتر از شاهد (۰/۰۲۱mol g-1µfw) بود. اثر تیمار شوری بر میزان کلروفیل a و کل در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر معنی‌دار بود؛ به‌طوری‌که با افزایش غلظت نمک، میزان کلروفیل گیاه کاهش یافت. مقدار کلروفیل a و کلروفیل کل با افزایش شوری نسبت به شاهد کاهش یافت که بیشترین کاهش در غلظت ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر (۱/۳ mg g-1fw) مشاهده شد. همچنین مقدار کلروفیل b در غلظت ۸ دسی زیمنس بر متر نسبت به شاهد کاهش یافت؛ به‌طوری‌که مقدار آن به کمتر از نصف رسید. مقدار پتاسیم در برگ و ریشه نسبت به شاهد کاهش یافت، و مقدار آن در غلظت ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به نصف مقدار شاهد رسید. مقدار سدیم برگ و ریشه با افزایش شوری نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری نشان داد و این افزایش برای سدیم برگ در غلظت ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بیشتر از چهار برابر بود. با افزایش شوری، مقدار فسفر در ریشه و برگ کاهش یافت و مقدار آن در شاهد برابر با ۱۰۵۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر برابر با ۸۳۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم اندازه‌گیری شد (جدول ۴).

جدول ۳: نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک در گونه لیلکی

صفات	منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	P
پرولین برگ	غلظت شوری	۳	۳۹۶/۱۰۲	۱۳۲/۰۳۴	۳۴/۶۷	۰
	خطا	۸	۳۰/۴۶۴	۳/۸۱		
پرولین ریشه	غلظت شوری	۳	۹۴۸/۵۵	۳۱۶/۱۸۳	۹۳/۸۳	۰
	خطا	۸	۲۶/۹۶	۳/۳۷۰		
برگ MDA	غلظت شوری	۳	۰/۰۰۱	۰	۱/۹۶۰	۰/۱۹۹
	خطا	۸	۰/۰۰۱	۰		
ریشه MDA	غلظت شوری	۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۲/۸۷	۰/۱۰۴
	خطا	۸	۰/۰۰۱	۰		
قند برگ	غلظت شوری	۳	۱/۸۹۵	۰/۶۳۲	۱۴/۷۳۰	۰/۰۰۱
	خطا	۸	۰/۳۴۳	۰/۰۴۳		
aکلروفیل	غلظت شوری	۳	۳۴۲/۵۷۰	۱۱۴/۱۹	۷/۲۹۶	۰/۰۱۱
	خطا	۸	۱۲۵/۲۱	۱۵/۶۵		
bکلروفیل	غلظت شوری	۳	۴۰/۶۸۶	۱۳/۵۶	۳/۴۲	۰/۰۷۳
	خطا	۸	۳۱/۷۳۸	۳/۹۷		
کارتنوئید	غلظت شوری	۳	۱/۷۱۳	۰/۵۷	۰/۳۴۰	۰/۷۹۷
	خطا	۸	۱۳/۴۳۸	۱/۶۸		
کلروفیل کل	غلظت شوری	۳	۶۱۷/۸۵۷	۲۰۵/۹۵	۶/۰۱۱	۰/۰۱۹
	خطا	۸	۲۷۴/۱۰۰	۳۴/۲۶۳		
سدیم برگ	غلظت شوری	۳	۱۷۹۸۲/۷	۵۹۹۴/۲	۷۸/۳۲	۰
	خطا	۸	۶۱۲/۲۶	۷۶/۵۳		
سدیم ریشه	غلظت شوری	۳	۲۳۶۰/۳۸	۷۸۶/۷۹	۸/۷۳	۰/۰۰۷
	خطا	۸	۷۲۰/۵۹	۹۰/۰۷		
پتاسیم برگ	غلظت شوری	۳	۳۲۵۵/۲۱	۱۰۸۵/۰۶۹	۳/۳۳	۰/۰۷۷
	خطا	۸	۲۶۰۴/۱۶۷	۳۲۵/۵۲۱		
پتاسیم ریشه	غلظت شوری	۳	۴۷۲۳	۱۵۷۴/۳۳	۴/۲۵	۰/۰۴۵
	خطا	۸	۲۹۶۳/۳	۳۷۰/۴۱		
فسفر برگ	غلظت شوری	۳	۱۲۱۳۱۶/۶۷	۴۰۴۳۸/۸۸۹	۷/۰۷۴	۰/۰۱۲
	خطا	۸	۴۵۷۳۳/۳۳	۵۷۱۶/۶۷		
فسفر ریشه	غلظت شوری	۳	۹۳۵۵۰/۱۲	۳۱۱۸۳/۳۷	۵/۹۱	۰/۰۲۰
	خطا	۸	۴۲۲۱۲/۸۹۹	۵۲۷۶/۶۱		

جدول ۴: مقادیر میانگین صفات فیزیولوژیک در گونه لیلکی تحت تنش شوری است. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون دانکن است.

فاکتورهای موردراندازه‌گیری	غلظت شوری(دسی‌زیمنس بر متر)			
	شاهد	۴	۸	۱۲
پرولین برگ (میلی‌گرم برگرم وزن تر)	۲۲/۳۷^{a}	۱۷/۸^{b}	۱۷/۳^{b}	۶/۷^{c}
پرولین ریشه (میلی‌گرم برگرم وزن تر)	۵/۰۱^{c}	۸/۰۳^{bc}	۹/۴^{b}	۲۷/۷^{a}
قند برگ (میلی‌گرم برگرم وزن خشک)	۰/۳۵^{c}	۰/۸۶^{b}	۱/۳۸^{a}	۱/۲۴^{ab}
MDA برگ (میکرومول بر گرم وزن تر)	۰/۰۴۵^{a}	۰/۰۳۸^{a}	۰/۰۲۶^{a}	۰/۰۲۷^{a}
MDAریشه (میکرومول بر گرم وزن تر)	۰/۰۲^{b}	۰/۰۳a^{b}	۰/۰۵^{a}	۰/۰۵^{a}
کلروفیل a (میلی‌گرم برگرم وزن تر)	۲۲/۰۴^{a}	۱۷/۵۵^{a}	۱۵^{a}	۷/۳۱^{b}
کلروفیل b (میلی‌گرم برگرم وزن تر))	۸/۴۸^{a}	۶/۴۱a^{b}	۳/۳۱^{b}	۵/۹a^{b}
کارتنوئید (میلی‌گرم برگرم وزن تر))	۷/۴^{a}	۷/۹۴^{a}	۸/۱۵^{a}	۸/۴^{a}
کلروفیل کل(میلی‌گرم برگرم وزن تر)	۳۰/۵^{a}	۲۰/۹۰^{ab}	۲۴^{a}	۱۰/۶^{b}
پتاسیم برگ (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۸۳/۳۳^{a}	۷۳a^{b}	۵۲/۱^{ab}	۴۱/۷^{b}
پتاسیم ریشه (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۱۷۸^{a}	۱۴۴^{ab}	۱۴۴^{ab}	۱۲۲^{b}
سدیم برگ (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۲۵/۲۵^{c}	۳۵^{c}	۹۶^{b}	۱۱۶^{a}
سدیم ریشه(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۸۸^{b}	۹۸^{b}	۱۱۸^{a}	۱۲۳^{a}
فسفر برگ (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۷۵۰^{b}	۸۴۵^{ab}	۶۴۱^{bc}	۵۸۳^{c}
فسفر ریشه (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۱۰۵۵^{a}	۹۵۵^{ab}	۸۵۵^{b}	۸۳۳^{b}

بحث

افزایش شوری، مقدار پرولین ریشه را افزایش داد. این موضوع به‌وضوح نشان می‌دهد پرولین در ریشه، یکی از مهم‌ترین عوامل دستگاه دفاعی گیاه لیلکی دربرابر شوری و بنابراین یکی از تنظیم‌کننده‌های اسمزی در ریشهٔ گیاه است. تغییر محتوای پرولین از رایج‌ترین پاسخ‌هایی است که تنش شوری در گیاهان القا می‌کند و در سازوکارهای بردباری به تنش دخالت دارد (Sudhakar *et al*., 1993). برخلاف ریشه، تنش شوری، مقدار پرولین برگ را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. به نظر می‌رسد نقش اسمزی و آنتی‌اکسیدانی پرولین در ریشه انجام می‌شود. پژوهش‌ها نشان می‌دهند پرولین به‌صورت محافظ

آنزیمی پایدارکنندهٔ ساختمان درشت‌مولکول‌ها و منبع انرژی و نیتروژن در مقابل شوری به کار می‌رود (Chaindler and Thorpe, 1987). پرولین با متابولیسم نیتروژن ساخته می‌شود. در گیاه نیترات به نیتریت تبدیل می‌شود و نیتریت خود به آمونیاک تبدیل و سپس با گلوتامین و گلوتامات به آمینواسیدها تبدیل می‌شود (Barraclough *et al.*, 1989). این مسیر بسته به گونه ممکن است در ریشه‌ها یا برگ‌ها انجام شود. به نظر می‌رسد این فرایند در گونهٔ لیلکی در ریشه انجام می‌شود؛ بنابراین ریشه در این گیاه ممکن است نقش مهم‌تری دربرابر تنش شوری ایفا کند. بررسی تأثیر شوری بر گونهٔ *G. caspica* انجام نشده است اما پژوهش‌های مشابه بر گونهٔ دیگر این جنس (*G. triacanthos*) نتایج مشابه را نشان می‌دهد. شوری باعث افزایش آمینواسید ریشه شد. شوری همچنین باعث کاهش تنفس، افزایش آسکوربیک اسید در ریشه و ساقه نیز شد (Ke-Fu, *et al* 1992).

برخلاف پرولین، افزایش مقدار شوری افزایش معنی‌دار قندهای محلول برگ را باعث شد. بعضی از گیاهان ممکن است تنها پرولین یا قندهای محلول را دربرابر تنش در خود تجمع دهند. این نتایج نشان دادند برگ گیاه لیلکی از اسمولیت سازگار پرولین استفاده نمی‌کند. افزایش قند در غلظت‌های ۸ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر نشان می‌دهد یکی از عوامل تنظیم‌کنندهٔ پتانسیل اسمزی در برگ گیاه، قندهای محلول هستند. افزایش قندهای محلول در سلول‌های گیاهی، کاهش پتانسیل اسمزی و متعاقبا پتانسیل آبی را سبب می‌شود و جذب آب را به سلول‌ها آسان می‌کند. افزایش قندهای محلول در پی افزایش غلظت شوری می‌تواند به‌دلیل افزایش فتوسنتز یا شکسته‌شدن قندهای بزرگ (نشاسته) به قندهای کوچک (گلوکز) باشد (Bohnert *et al.*, 1999). نتایج این آزمایش نشان دادند باوجود کاهش مقدار کلروفیل، مقدار قندهای محلول برگ افزایش یافت؛ بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد افزایش قندهای محلول از تجزیهٔ قندهای مرکب حاصل شده است؛ نه از متابولیسم فتوسنتز.

نتایج پرولین و قند به‌وضوح نشان دادند با افزایش شوری تا غلظت ۸ دسی زیمنس بر متر، گیاه لیلکی نیازی به تنظیم اسمزی با سنتز پرولین و قندهای محلول ندارد. احتمالا تا شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر تنظیم اسمزی با کاهش حجم سلول، غلیظ‌کردن محلول داخل سیتوپلاسم با از دست دادن آب و ... انجام می‌شود؛ اما در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و بیشتر، تنظیم اسمزی با سنتز پرولین و قندهای محلول و احتمالا دیگر اسمولیت‌ها انجام می‌شود. نتایج مشابه به‌دست‌آمده از آزمایش بر گیاه *G. triacanthos* نشان می‌دهند شوری ۱۴/۵ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر، عملکرد عادی ریشه را بر هم می‌زند؛ درحالی‌که در شوری ۳/۶ دسی‌زیمنس بر متر، جذب سدیم، اندک و پاسخ گیاه به شوری، افزایش قندهای محلول و کاهش پتانسیل اسمزی است (Ke-Fu, *et al* 1992).

مقدار مالون‌دی‌آلدهید ریشه بر اثر شوری به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش نشان داد؛ درحالی‌که مقدار این ماده در برگ تغییر معنی‌داری نشان نداد. یکی از معیارهای بررسی واکنش گیاهان به تنش‌های محیطی ازجمله شوری، تخریب غشاهای سلول و تولید مالون‌دی‌آلدهید ناشی از

تخریب غشاهای سلولی است (Munns, 2002). بررسی‌های مشابه بر *Gleditschia sinensis* نیز نشان دادند شوری مقدار مالون‌دی‌آلدهید را افزایش داد (Zhen-qun, *et al*. 2007).

نتایج نشان دادند شوری، کاهش کمّی همهٔ صفات مورفولوژیک را باعث شد که در این میان تفاوت در طول ریشه، زیتودهٔ هوایی و تعداد برگچه‌ها نسبت به شاهد معنی‌دار بود. دلیل آن می‌تواند مربوط به تأثیر شوری بر کاهش کلروفیل a و کلروفیل کل، اختلال در سیستم فتوسنتز گیاه و کاهش جذب عناصر مهمی مانند پتاسیم و فسفر باشد که کاهش رشد لیلکی را باعث می‌شوند. تنش شوری با روش‌های گوناگونی کاهش رشد گیاهان را سبب می‌شود؛ هرچند سهم هرکدام از این عوامل به‌درستی مشخص نیست. کاهش رشد ممکن است به‌دلیل کاهش تقسیم سلولی، نبود تعادل یونی، کاهش جذب آب، اختلال در جذب عناصر، آثار یون‌های سمی به‌ویژه سدیم، اختلال در جذب، احیاء و متابولیسم ازت و پروتئین، بسته‌شدن جزئی یا کلی روزنه‌ها و کاهش کارایی فتوسنتز باشد (Grattan and Grieve, 1999). Abdollahi و همکاران (۲۰۱۱) نیز در پژوهشی با بررسی مقاومت به شوری چهار گونهٔ درختی در پنج غلظت شوری صفر، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌مولار نیز کاهش وزن ساقه و ریشهٔ چهار گونهٔ درختی را در تیمارهای شوری گزارش کرده‌اند.

میزان فسفر در برگ لیلکی با افزایش شوری ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. همچنین مقدار فسفر در ریشه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. اثر متقابل شوری و فسفر در گیاهان پیچیده است. این اثر متقابل، به گونه یا رقم گیاه، مرحلهٔ نمو گیاه و ترکیب و غلظت شوری و فسفر در محیط رشد بستگی دارد؛ بنابراین باتوجه‌به نوع گیاه و شرایط آزمایش، می‌توان نتایج متفاوتی انتظار داشت (Grattan and Grieve,1999). افزایش جذب فسفر در برگ گیاه در تنش شوری، افزایش پایداری گیاه را در برابر تنش باعث می‌شود (Uygur., 2006). به‌طورکلی شوری، غلظت فسفر را در بافت‌های گیاهی کاهش می‌دهد. Oraei و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی تأثیر تنش شوری بر درخت بادام، کاهش فسفر را بر اثر افزایش غلظت نمک گزارش کردند. کاهش فسفر می‌تواند به رقابت بین فسفر و کلرید برای جذب‌شدن از ریشهٔ گیاه مربوط باشد.

نتایج نشان دادند با افزایش شوری مقدار سدیم در برگ و ریشه افزایش یافت؛ درحالی‌که مقدار پتاسیم برگ و ریشه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. نتایج مشابه در گیاه *G. triacanthos* نشان دادند شوری زیاد، مقدار سدیم ریشه را به مقدار زیاد افزایش داد و سپس به ساقه انتقال داد (Ke-Fu, *et al* 1992). مهم‌ترین اثر افزایش شوری بر محیط، افزایش غلظت سدیم در گیاه است. سدیم عنصری ضروری برای گیاه در نظر گرفته نمی‌شود و تجمع آن کاهش جذب پتاسیم و کاهش رشد و عملکرد را در گیاهان موجب می‌شود. غلظت سدیم در برگ ممکن است برای حفظ تورژسانس گیاه مفید باشد؛ ولی سدیم نمی‌تواند جانشین مناسبی برای پتاسیم به شمار رود؛ زیرا پتاسیم به‌طور اختصاصی برای سنتز پروتئین و فعالیت آنزیم‌ها ضروری است (Heidary-sharifabad and Mrzaie-Nodushan,

(2006. در بیشتر پژوهش‌ها گزارش‌شده است غلظت سدیم، تولید مادهٔ خشک و مقدار پتاسیم را کاهش داده است. بین مقاومت به شوری و غلظت پتاسیم در گیاهان رابطهٔ مثبت وجود دارد و بین میزان مقاومت به شوری و سدیم رابطهٔ منفی وجود دارد؛ به‌طوری‌که در شرایط شوری، افزایش سدیم و کاهش پتاسیم، میزان مقاومت گیاهان، رشد و عملکرد آنها را کاهش می‌دهد؛ البته این موضوع برای همهٔ گیاهان صادق نیست؛ برای نمونه جو سدیم بیشتری نسبت به گندم جذب می‌کند؛ ولی تحمل به شوری آن از گندم بیشتر است. در گیاه لیلکی مقدار سدیم برگ به‌مراتب بیشتر از ریشه است؛ به‌عبارت‌دیگر، انتقال سدیم از ریشه به برگ‌ها انجام می‌شود. ازیک‌سو واکنش برگ‌ها به افزایش سدیم با افزایش پرولین نیست؛ ازسوی‌دیگر، سدیم تخریب سلول‌های برگ را باعث نشده است؛ زیرا مقدار مالون‌دی‌آلدهید برگ افزایش نیافته است. این موضوع نشان می‌دهد برگ‌ها واکنش متفاوتی به افزایش سدیم نشان می‌دهند. این واکنش احتمالا به انتقال سدیم به واکوئل‌های سلول‌های برگ مرتبط است؛ برای نمونه، سازوکار تحمل به شوری در جو و گندم، ذخیرهٔ سدیم در واکوئل‌های برگ ارزیابی شده است (Mass, 1987). Weisany و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی گیاه سویا به این نتیجه رسیدند در تنش شوری، غلظت پتاسیم و کلر در ساقه به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد؛ درحالی‌که غلظت سدیم برگ افزایش یافت.

میزان کلروفیل a و کل با افزایش میزان شوری کاهش یافت. کاهش کلروفیل می‌تواند به‌علت کمبود جذب عناصر اصلی منیزیم و پتاسیم در ساخت کلروفیل باشد. کاهش محتوای کلروفیل در شرایط تنش ممکن است به‌واسطه اثر کلروفیلاز، پراکسیداز، ترکیبات فنلی و درنتیجه تجزیهٔ کلروفیل باشد (Oraei *et al.*, 2009)؛ بنابراین کاهش کلروفیل در این گیاه می‌تواند به علت کاهش جذب پتاسیم بر اثر تنش شوری باشد. Zamani و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی اثر شوری بر دو گونهٔ کاج الدار و سروناز نشان دادند افزایش شوری، محتوای کلروفیل سرو را به‌طور معنی‌داری کاهش داد؛ ولی تأثیر معنی‌داری بر مقدار کلروفیل کاج الدار نداشت. همچنین در گیاه ذرت، افزایش شوری، میزان کلروفیل برگ را کاهش داد (Kaya *et al.*,2013).

نتایج این آزمایش نشان دادند برگ و ریشهٔ گیاه لیلکی واکنش متفاوتی نسبت به شوری داشتند. ریشه بیشتر با افزایش پرولین و برگ احتمالا با تجمع سدیم در واکوئل‌ها به شوری پاسخ می‌دهند. درضمن، افزایش مقدار مالون‌دی‌آلدهید ریشه نسبت به برگ نشان می‌دهد شوری بر ریشه تاثیر منفی بیشتری دارد.

سپاسگزاری

در اینجا مراتب سپاسگزاری خود را از دانشگاه یزد، دانشکدهٔ منابع طبیعی و کویرشناسی و مسئولان آزمایشگاه‌های خاک‌شناسی و گیاه‌شناسی اعلام می‌کنیم.

References

Abdollahi, P., Soltani, A. and Beigi Harchegani, H. (2011) Evaluation of salinity tolerance in four suitable tree species in urban forestry. Iranian Journal of Forest and Poplar Research 19: 265-282 (in Persian).

Barker, D. J., Sullivan, C. Y. and Moser, L. E. (1993) Water deficit effect on osmotic potential, cell wall elasticity and proline in five forage grasses. Agronomy Journal 85: 270-275.

Barraclough, P. B., Kuhlmann, H. and Weir, A. H. (1980) The effects of prolonged drought and nitrogen fertilizer on root and shoot growth and water uptake by winter wheat. Journal of Agronomy and Crop Science 163: 352-360.

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

Bohnert, H. J., Nelson, D. E. and Jensen, R. G. (1999) Adaptation to environmental stresses. The Plant Cell 7: 1099-1111.

Brouwer, R. (1962) Distribution of dry matter in the plant. Netherland Journal of Agriculture Science 10: 399-408.

Chaindler, S. F. and Thorpe, T. (1987) A characterization of growth water ralations and proline accumulation in sodium sulfate tolerant callus of *Brassica nupus* L. cv wester (canola). Plant Physiology 84: 106-111.

De Lacerda, C. F., Cambraia, J., Oliva, M. A. and Ruiz, H. A. (2005) Changes in growth and in solute concentrations in sorghum leaves and roots during salt stress recovery. Environmental and Experimental Botany 54: 69-76.

Grattan, S. R. and Grieve, C. M. (1999) Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. Handbook of plant and crop stress. 2nd edition, Marcel Dekker, Inc., New York.

Heath, R. L. and Packer, L. (1968) Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Archive of Biochemistry and Biophysics 125: 189-198.

Heidari-Sharifabad, H. (2001) Plant aridity and drought. Research Institute of Forests and Rangelands Publication, Tehran (in Persian).

Heidary-sharifabad, H. and Mrzaie-Nodushan, H. (2006) Salinity–induced growth and some metabolic changes in three *Salsola* speices. Journal of Arid Environment 67: 715-720 (in Persian).

Jones, J. (2001) Laboratory guide for conducting soil test and plant analysis. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Kaya, C., Ashraf, M., Dikilitas, M. and Tuna, A. (2013) Alleviation of salt stress-induced adverse effects on maize plants by exogenous application of indoleacetic acid (IAA) and inorganic nutrients - A field trial. Australian Journal of Crop Science 7: 249-256.

Ke-Fu, Zh., Littlewood, A. and Harris, P. J. C. (1992) Responses of *Gleditsia triacanthos* seedlings to salt stress. International Tree Crops Journal 7: 149-153.

Kochert, G. (1978) Carbohydrate determination by the phenol sulfuric acid method. In: Hand book of physiological method (Eds. Helebust, J. A. and Craig, J. S.) 56-97. Cambridge University Press, Cambridge.

Lichtenthaler, H. K. (1987) Chlorophylls and carotenoids: pigments photosynthetic membranes. Methods in Enzymology 148: 350-382.

Tanji, K. K. (1990) Agricultural salinity assessment and management, Vol. 71, American society of Civil Engineers (ASCE), Dey 11, 1368 AP – Technology and Engineering.

Mozaffarian, V. (2005) Trees and shrubs of Iran. Farhang Moaser Publisher, Tehran (in Persian).

Munns, R. (2002) Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment 25: 239-250.

Niakan, M. and Ghorbanli, M. (2007) The effect of drought stress on growth, photosysnthetic factors, content of prolin, Na and K in shoot and root two soybean cultivar. Rostaniha 8(1): 17-29

(in Persian).

The effect of drought stress on growth parameters, photosynthetic factors, content of protein, Na and K in shoot and root in two Soybean cultivars. *Iranian. Biol. J.* 8(1): 17-33.

Oraei, M., Tabatabaei, S. J., Fallahi, E. and Imani, A. (2009) The effects of salinity stress and rootstock on the growth, photosynthetic rate, nutrient and sodium concentrations of almond. Journal of Horticulture Science and Biotechnology 23: 131-140 (in Persian).

Schachtman, D. P., Munns, R. and Whitecross, M. I. (1991) Variation in sodium exclusion and salt tolerance in *Tiriticum tauschii*. Crop Science 31: 992-997.

Sudhakar, C., Reddy, P. S. and Veeranjaneyulu, K. (1993) Effect of salt stress on enzymes of proline synthesis and oxidation in green gram (*Phaseolus aureus*) seedlings. Journal of Plant Physiology 141: 621-623.

Uygur, A. (2006) Specific nutrient removal rates in saline wastewater treatment using sequencing batch reactor. Proceeding Biology 41(1): 61–66.

Waling, I., Vark, W. V., Houba, V. J. G. and Vanderlee, J. J. (1989) Soil and plant analysis, a series of syllabi. Part 7. Plant Analysis Procedures. Wageningen Agriculture University, Wageningen.

Wang, S., Wan, Ch., Wang, Y., Chen, H., Zhou, Z., Fu, H. and Sosebee, R. E. (2004) The characteristics of Na^+, K^+ and free proline distribution in several drought-resistant plants of the Alexa Desert, China. Journal of Arid Environments 56: 525-539.

Weisany, W., Sohrabi, Y., Ahmadi, H. and Abasi, H. (2013) The effect of salinity stress and the application of zinc on the chlorophyll content, soluble proteins, growth, yield and the mineral nutrients of soybean (*Glycine max* L.). Plant and Ecosystem 34: 75-96 (in Persian).

Zamani, M. (2011) The effects of salinity stress on physiological characteristics of *Pinus eldarica* and *Cupressus sempervirens*. MSc thesis, Yazd University, Yazd, Iran (in Persian).

Zhen-qun, Y., Ming-gao, S., Hai-xia, W., Yan-Ju, K. and Hong-Ling, K. (2007) Effects of salt and drought intercross stresses on acivity of cell defense enzyme in leaves. South University of Forestry Technology 3: 82-91.