دو فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران
جلد ۱۷، شمارهٔ ۱، صفحهٔ ۴۹-۳۸ (۱۳۸۸)

بررسی خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه آنغوزه (*Ferula assafoetida*) در برابر تنش شوری

علیرضا محمددوست شیری، [۱] عباس صفرنژاد، [۲*] و حسن حمیدی [۳]

۱ - کارشناس ارشد فیزیولوژی گیاهی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد، صندوق پستی: ۱۱۴۸-۹۱۷۳۵

۲*- مسئول مکاتبات، استادیار پژوهشی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد

پست الکترونیک: sebre14@yahoo.com

۳ - کارشناس ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد، صندوق پستی: ۱۱۴۸-۹۱۷۳۵

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۲/۳۰ تاریخ پذیرش:۱۳۸۸/۲/۷

چکیده

به منظور مطالعه مقاومت به شوری در آنغوزه (*Ferula assafoetida*)، سه اکسشن (بشرویه، کاشمر و طبس) از این گونه در شرایط کشت هیدروپونیک تحت تیمارهای مختلف شوری قرار داده شدند. جهت تعیین درصد و سرعت جوانه‌زنی، بذر گیاهان پس از ضد عفونی، تحت شرایط سرمای مرطوب ٤ تا ٥ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۹ روز قرار گرفتند. بذرهای جوانه‌زده به لیوان‌های حاوی محلول غذایی منتقل و پس از طی یک هفته از رشد، گیاهچه‌ها به محیط‌کشت هیدروپونیک تحت شرایط تنش شوری (NaCl) منتقل گردیدند. آزمایش در قالب طرح کاملا" تصادفی با ۳ تیمار (۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی مولار NaCl) و ۳ تکرار انجام شد. گیاهان تحت تنش پس از اندازه‌گیری طول ساقه و ریشه ، وزن تر و خشک آنها سنجیده شد. همچنین میزان عناصر سدیم، پتاسیم و کلسیم بعد از ۱۵ روز و میزان تجمع پرولین ساقه و ریشه آنغوزه طبس در ٤ مرحله زمانی (بعد از ۱، ۵، ۱۰ و ۱۵ روز) اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که اکسشن‌های مورد مطالعه آنغوزه تا غلظت ۱۰۰ میلی‌مول NaCl، به شوری تحمل نشان می‌دهند. اکسشن‌های مختلف تحت تیمار شوری تفاوت معنی‌داری در شاخصهای طول ساقه، طول ریشه، وزن تر و خشک ساقه و ریشه، میزان عناصر و تجمع پرولین نسبت به همدیگر و شاهد نشان دادند. بیشترین کاهش رشد در برابر تنش شوری در مقایسه با شاهد در اکسشن کاشمر و کمترین کاهش در اکسشن بشرویه مشاهده گردید.

واژه‌های کلیدی: آنغوزه، تحمل به شوری، گیاهان دارویی، هیدروپونیک، *Ferula assafoetida*.

مقدمه

آنغوزه (*Ferula assafoeitida*) ازجمله گیاهان دارویی محسوب می‌شود که به دلیل وجود ترکیبات شیمیایی مختلف در درمان بیماریها از آن استفاده می‌شود و استفاده از آنها از قدیم در مناطق مختلفی از ایران معمول بوده است. خواص درمانی آن شامل اثر ضد تشنج، قاعده‌آور و ضد کرم است. در رفع بیماریهای با منشأ

عصبی، دستگاه تنفسی و اسپاسم حنجره و دستگاه گوارش، آسم و رفع یبوست افراد مسن بکار می‌رود (زرگری، ۱۳۷۱). آنغوزه از خانواده چتریان (Apiaceae) گیاهی علفی، دارای ریشه راست، گوشت‌دار و نسبتاً ضخیم و ساقه‌ای قوی، خشن و فیبری است. از قاعده‌ی ساقه و ریشه ضخیم گوشت‌دار این گیاه بر اثر تیغ زدن، شیره شیری رنگ با بوی بسیار قوی خارج می‌شود. محل رویش این گیاه نواحی بایر، زمین‌های ماسه‌ای خشک و آهکی گرم است. قسمت مورد استفاده این گیاه گم رزینی است که از آن بدست می‌آید و با نام آنغوزه مورد استفاده قرار می‌گیرد (زرگری، ۱۳۷۱). در حال حاضر در کشورهای در حال توسعه داروهای سنتی اساس درمان ۸۰ درصد مردم یعنی بیش از ۳ میلیارد انسان را تشکیل می‌دهد و تنها در چین از ۵۱۰۰ گونه گیاهی در این زمینه استفاده می‌شود (کوچکی، ۱۳۷٦).

تنش‌های محیطی به‌ویژه تنش‌های شوری و خشکی بیش از عوامل دیگر موجب کاهش تولیدات زراعی در سطح جهان می‌گردند. خسارت شوری در گیاهان از طریق اثر اسمزی، اثر سمیت ویژه یون‌ها و اختلال در جذب عناصر غذایی می‌باشد (Niu *et al*., 1993). به دلیل محل رویش تعدادی از گیاهان دارویی در نواحی گرم و شور، افزایش و شناخت مکانیسم‌های مقاومت به شوری این گیاهان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در طی آغاز و پیشرفت تنش شوری در درون یک گیاه، تمامی فرایندهای عمده از قبیل فتوسنتز، سنتز پروتئین و متابولیسم چربی و انرژی تحت تأثیر واقع می‌شوند (Parida & Das, 2005). بعضی از گیاهان شدیداً در اثر تنش شوری خسارت دیده و برخی نیز در شرایط شور می‌توانند زنده بمانند (گیاهان متحمل به شوری) و یا حتی برای آنها مفید باشد (گیاهان شور پسند). مکانیسم تحمل گیاهان به شوری پیچیده است و شامل اثر متقابل بین سنتز مولکولی، فعالیت آنزیمی و انتقال غشایی می‌باشد. بعضی از گونه‌ها نمک‌های اضافی را جذب نمی‌کنند، بعضی دیگر پس از جذب از طریق غدد نمکی روی برگ‌ها آن را دفع می‌کنند. برای جلوگیری از تجمع نمک در سیتوزول بسیاری از گیاهان این عناصر را در واکوئل ذخیره می‌کنند (کافی و همکاران، ۱۳۸٦). میزان تحمل گیاهان به شوری یک صفت ژنتیکی است که توسط مجموعه‌ای از ژن‌ها کنترل می‌گردد. به همین علت گیاهان مختلف با مکانیسم‌های گوناگون و به میزان متفاوتی به شرایط شوری واکنش نشان می‌دهند (Niu *et al*. 1993). Epstein و Rains (۱۹۸۰) گزارش کردند که تحمل به شوری اساس ژنتیکی دارد، چون گیاهان متحمل به شوری (هالوفیت‌ها) وجود دارد و تحمل به شوری بین ژنوتیپ‌های درون گونه‌ها با هم تفاوت دارند. تأثیر شوری بر روی گیاهان از جنبه‌های مختلفی قابل بررسی است. شوری بر روی خصوصیات فیزیولوژی، مورفولوژی، آناتومی، ترکیبات شیمیایی، میزان آب بافت گیاهان مؤثر می‌باشد. میزان این تأثیر به نوع گیاه، ترکیب املاح، بافت و ساختمان خاک و حتی روش آبیاری بستگی دارد.

در یک آزمایش گلخانه‌ای تنش شوری بر روی رشد محصول دانه و غلظت روغن دانه یک گیاه سنتی دارویی ajwain مطالعه شده است. نتایج نشان داد که افزایش سطح شوری کاهش معنی‌داری را در وزن تر و خشک در ریشه و ساقه و محصول دانه باعث شده است. اگرچه اثر منفی شوری بر محصول دانه بیشتر از تولید زیست‌توده رویشی بوده است. علاوه بر این، سدیم و کلر در ریشه و ساقه افزایش نشان دادند در حالی‌که پتاسیم، کلسیم با

افزایش شوری در محیط‌کشت کاهش داشتند (Ashraf & Orooj, 2006).

رشد و محتوی سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، کلر، فسفر و سولفور در بافت‌های ریشه و ساقه گیاه گلرنگ در ترکیبی از چهار محلول غذایی با پتانسیل اسمزی (صفر، ۰/۳- و ۰/۹- مگا پاسکال) القاء شده بوسیله تیمارهای $CaCl_2$, NaCl و ۳ تیمار ثابت درجه حرارت (۱۵، ۲۵، ۳۵ درجه سانتی‌گراد) و چهار غلظت آبسزیک اسید (ABA، صفر ، ۱۰، ۵۰، ۱۰۰ میلی‌گرم در هر لیتر) اندازه‌گیری شدند. گیاهان تحت تنش و شاهد در شرایط دمایی بهینه (۲۵ درجه سانتی‌گراد) رشد داشتند و سرعت‌های رشد بالاتری نسبت به گیاهان رشد داده شده در دماهای پایین و بالا (به‌ترتیب ۱۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد) حفظ کردند. رشد ریشه و ساقه (تولید ماده خشک) تا درجه زیادی بوسیله شوری مهار شد اما اندازه بازدارندگی رشد به دما وابسته بود. در گیاهان آفتاب‌گردان تنش شوری باعث افزایش کلسیم، کلر و به اندازه کمتری سدیم در ساقه‌ها و ریشه‌هایشان و کاهشی در نسبت وزن تر و خشک شد (Gadallah, 1996).

هدف از این تحقیق بررسی اثر تنش شوری بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی (تغییرات اسید آمینه پرولین و سه عنصر سدیم، پتاسیم و کلسیم) اکسشن‌های مختلف آنغوزه و نقش آنها در تحمل به شوری بود.

مواد و روشها

در این آزمایش بذرهای گیاه آنغوزه با آب چندین بار شستشو گردید و بعد با محلول ۳۰ درصد هیپو کلریت سدیم به مدت ۲۰ دقیقه ضدعفونی و سه بار با آب مقطر شستشو شدند. سپس بذرها به داخل ظروف پتری به ابعاد ۲۵ × ۱۵۰ میلی‌متر بر روی دو لایه کاغذ صافی جهت شکستن خواب منتقل شد. ظروف به داخل ژرمیناتور با دمای ۱ ± ٤ درجه سانتیگراد برای مدت ۱۹ روز منتقل گردیدند. پس از طی این زمان بذرهای جوانه زده در دمای ٤ درجه سانتیگراد در فواصل زمانی شمارش و درصد جوانه‌زنی آن با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید.

$$PG = Ni / N \times 100$$

PG= درصد جوانه‌زنی

Ni = تعداد بذرهای جوانه زده تا روز i و N تعداد کل بذر

سرعت جوانه‌زنی نیز پس از طی ٤ هفته طبق رابطه زیر محاسبه گردید.

$$\text{سرعت جوانه‌زنی} = \sum_i M / D$$

که در آن M تعداد بذرهای جوانه زده تا روزi و D تعداد روزهای سپری شده از شروع آزمایش می‌باشد.

برای مطالعه اثر تنش شوری، گیاهچه‌های آنغوزه در محیط‌کشت هیدروپونیک دارای تنش شوری قرار داده شدند. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد که در آن فاکتورهای مورد آزمایش شامل گیاهچه‌های آنغوزه (کاشمر، طبس و بشرویه) و تیمارهای مختلف شوری شامل (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی مول NaCl) بود. پس از جوانه‌زنی، گیاهچه‌ها به منظور رشد بیشتر بر روی بستر بیدز در داخل لیوان‌های حاوی محیط‌کشت هویت (Safarnejad *et al*., 1996) قرار داده شدند. پس از یک هفته، گیاهچه‌های رشد کرده به سطل‌های محیط‌کشت هیدروپونیک منتقل گردیدند. برای استقرار گیاهچه‌ها بر روی سطل از صفحه یونولیتی استفاده شد. پس از ۳ روز از انتقال گیاهچه‌ها به محیط، مقادیر مختلف

NaCl برای هر یک از غلظت‌ها به محلول غذایی هویت اضافه گشت و سپس مورد استفاده قرار گرفت. دوره‌نوری تنظیم شده اطاق رشد شامل ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی بود. پس از ۱۵ روز، نسبت به اندازه‌گیری پارامترهای رشد از قبیل طول ریشه، طول ساقه، نسبت طول ریشه به ساقه، وزن تر و خشک ریشه و ساقه اقدام گردید. وزن تر و خشک ریشه و ساقه با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم اندازه‌گیری گردید. در نهایت نسبت طول ریشه به ساقه و نسبت وزنی آنها محاسبه گردید.

همچنین به منظور بررسی اثر تنش شوری بر غلظت عناصر سدیم، پتاسیم و کلسیم و توزیع آنها در ریشه و ساقه، پس از پایان کشت، مقداری از بافت تر هر یک از اندام‌ها (ساقه و ریشه) به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. از بافت خشک تهیه شده برای تهیه خاکستر استفاده شد. در انتها میزان سدیم، پتاسیم و کلسیم بدست آمده به وسیله دستگاه فلیم فتومتر یا نورسنج شعله‌ای که دارای فیلتر سدیم، پتاسیم و کلسیم بود، اندازه‌گیری گردید (آبنوس، ۱۳۸۰).

همچنین به منظور مطالعه اثر تنش شوری بر گیاهچه‌های آنغوزه طبس در مرحله گیاهچه‌ای تحت شرایط هیدروپونیک آزمایش جداگانه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد که در آن تیمارهای مختلف شوری شامل (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی مول NaCl) بود. در این مطالعه اندازه‌گیری میزان پرولین، در چهار مرحله زمانی ۱، ۵، ۱۰ و ۱۵ روز پس از کشت انجام شد (Safarnejad *et al.*, 1996). محاسبات آماری پس از تبدیل داده‌ها و با استفاده از نرم افزار آماری SAS انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت. ترسیم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excell انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که بذرهای اکسشن‌های مختلف آنغوزه (طبس، کاشمر و بشرویه) در شرایط سرمای مرطوب ۴ تا ۵ درجه سانتی‌گراد بدون تیمار شوری پس از ۱۹ روز جوانه‌زنی را آغاز می‌کنند و میزان جوانه‌زنی بذرهای اکسشن‌های طبس، کاشمر و بشرویه پس از ۴ هفته به‌ترتیب ۶۰، ۱۴/۷ و ۵۲/۱ درصد بود. همچنین سرعت جوانه‌زنی بذرهای اکسشن‌های طبس، کاشمر و بشرویه پس از ۴ هفته به‌ترتیب ۱/۶۵۲، ۰/۲۵۶ و ۰/۷۸ بذر در روز بود. نتایج مرحله جوانه‌زنی حاکی از بالا بودن درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرهای آنغوزه طبس نسبت به بذرهای آنغوزه کاشمر و بشرویه بود.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در مرحله گیاهچه‌ای از نظر پارامترهای مختلف رشد بین سطوح مختلف شوری اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود داشت (جدول ۱). همچنین تحمل به شوری اکسشن‌های مختلف آنغوزه در شرایط کشت هیدروپونیک تا غلظت ۱۰۰ میلی مول NaCl بود (جدول ۳). در این مرحله گیاهچه‌ها از نظر طول ساقه، طول ریشه، نسبت طول ریشه به ساقه، وزن خشک ریشه و وزن خشک ساقه، وزن تر ریشه و ساقه، نسبت وزن تر و خشک ریشه به ساقه با افزایش غلظت NaCl کاهش نشان دادند (جدول ۳).

نتایج این تحقیق با گزارشهای Safarnejad و همکاران (۱۹۹۶)، Shalhevet (۱۹۹۳) و Shannon

(۱۹۸٦) انطباق دارد، به طوری‌که تنش شوری باعث کاهش رشد گیاه شده است. مطالعه اثر تنش شوری بر روی زیره سبز، زیره پارسی، رازیانه، سیاهدانه و سنبل الطیب نشان دادند که با افزایش غلظت NaCl، کلیه شاخص‌های مورفولوژی کاهش نشان می‌دهد (سلامی و همکاران، ۱۳۸٤، صفرنژاد و همکاران،۱۳۸٦، Safarnejad *et al.*, 2008 ، Parida & Das, 2005، Ashraf & Orooj, 2006).

کاهش رشد گیاهان تحت تنش شوری می‌تواند بدلیل کاهش ذخایر انرژی گیاه باشد که در نتیجه کاهش و اختلال فعالیت‌های زیستی و متابولیسمی در گیاهان مختلف نظیر یونجه، اسفرزه، سیاهدانه، رازیانه و زیره اتفاق افتاده است (سلامی و همکاران، ۱۳۸٤، صفرنژاد و همکاران، ۱۳۸٦ و Safarnejad *et al.*, 2008، Safarnejad *et al.* 1996، Safarnejad & Hamidi, 2008). با توجه به کاهش طول ساقه در گیاهان مورد مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که اختلال رشد و از بین رفتن گیاهان می‌تواند بدلیل کاهش سطح برگ‌ها و سطح فتوسنتز کننده در اثر قرار گرفتن در معرض تنش شوری حادث شود (Shannon, 1996). گزارش دیگری توسط Ashraf و Foolad (۲۰۰۷) حاکی از آن است که وزن خشک ریشه و ساقه و بلندی گیاهان تحت تنش شوری کاهش می‌یابد که این کاهش رشد ممکن است به‌دلیل اثرهای منفی پتانسیل اسمزی بالای محلول خاک باشد که جذب آب و عناصر غذایی را کاهش داده و در نهایت باعث کاهش رشد ریشه و بخش هوایی می‌گردد.

مقایسه میانگین داده‌ها و نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که بین اکسشن‌های مورد مطالعه آنغوزه در غلظت‌های مختلف شوری از نظر میزان سدیم، پتاسیم و کلسیم ریشه و ساقه اختلاف بسیار معنی‌داری ($p\leq$٪۱) وجود داشت (جدول ۲ و ٤). همچنین از نظر نسبت سدیم ساقه به ریشه و نسبت پتاسیم ساقه به ریشه بین اکسشن‌های مورد مطالعه آنغوزه در غلظت‌های مختلف شوری اختلاف معنی‌داری وجود داشت، اما از نظر نسبت کلسیم ساقه به ریشه بین اکسشن‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲ و ٤).

با مقایسه میانگین میزان سدیم ساقه گیاهچه‌های اکسشن‌های مختلف آنغوزه در تیمار ۱۰۰ میلی مول NaCl بیشترین میزان سدیم ساقه در گیاهچه‌های تحت تنش اکسشن بشرویه مشاهده شد (جدول ٤). در حالی‌که بیشترین سدیم ریشه را گیاهچه‌های آنغوزه کاشمر در غلظت ۱۰۰ میلی مول NaCl نشان دادند (جدول٤).

میزان پتاسیم ساقه در اکسشن‌های مختلف آنغوزه تحت تنش شوری اختلاف معنی‌داری نسبت به شاهد نشان دادند (جدول ٤)، به طوری‌که بیشترین میزان پتاسیم ساقه در گیاهچه‌های آنغوزه طبس در غلظت۱۰۰ میلی مول NaCl مشاهده شد (جدول ٤).

در این آزمایش بین اکسشن‌های مختلف آنغوزه در سطوح مختلف شوری اختلاف معنی‌داری از نظر مقدار پتاسیم ریشه مشاهده شد، بطوری‌که این میزان در غلظت ۱۰۰ میلی مول NaCl در گیاهچه‌های کاشمر بیشتر از گیاهچه‌های آنغوزه بشرویه و طبس بود (جدول ٤).

در این تحقیق، میزان کلسیم ساقه با افزایش غلظت شوری تفاوت معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد. بطوری‌که در گیاهچه‌های تحت تنش اکسشن‌های مختلف

آنغوزه بیشترین میزان کلسیم ساقه در غلظت ۱۰۰ میلی مول NaCl در آنغوزه طبس مشاهده گردید (جدول ٤). همچنین گیاهچه‌های تحت تنش شوری اکسشن آنغوزه بشرویه، دارای میزان کلسیم ریشه بیشتری نسبت به گیاهچه‌های آنغوزه طبس و کاشمر در غلظت۱۰۰ میلی مول NaCl بودند (جدول ٤).

در این آزمایش، میزان پتاسیم ساقه به ریشه با افزایش تنش در هر سه اکسشن در غلظت ۱۰۰ میلی مول NaCl نسبت به شاهد کاهش نشان داد (جدول ٤). Lin و Kao (۱۹۹٦) گزارش کردند که میزان سدیم و پتاسیم تحت شرایط تنش شوری در برگ‌های گیاه گندم تغییر می‌یابد، به طوری‌که میزان سدیم در شرایط شوری افزایش و پتاسیم کاهش می‌یابد. Claudivan و همکاران (۲۰۰۵) نیز با مطالعه بر روی دو ژنوتیپ سورگوم حساس و مقاوم به شوری نشان دادند که شوری باعث افزایش نسبت پتاسیم به سدیم و افزایش نسبت کلسیم به سدیم می‌گردد. گزارشی از Gadalla (۱۹۹٦) حاکی از افزایش کلسیم در ساقه گلرنگ و به مقدار کمتر سدیم را در این اندام است. وی همچنین گزارش کرد که در این گیاهان نسبت پتاسیم به سدیم به شدت در تنش شوری کاهش می‌یابد و بطور مؤثر نسبت پتاسیم به کلسیم افزایش می‌یابد که این برای جلوگیری از مسمومیت سدیم و گاهی اوقات برای افزایش رشد کمک می‌کند. Bohnert و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند که در هنگام تنش میزان سدیم افزایش می‌یابد که گیاهان برای رهایی از سمیت، سعی در خروج و یا فرستادن آن به واکوئل‌ها می‌کنند. جذب و بخش‌بندی یونها در گیاهان نه تنها در زمان رشد طبیعی بلکه برای رشد در شرایط تنش شوری نیز مهم می‌باشند زیرا تنش شوری سبب اختلال در بخش‌بندی یونی می‌شود. گزارش های دیگر توسط Meloni و همکاران (۲۰۰۱) نیز نشان داد که افزایش شوری باعث کاهش میزان پتاسیم ریشه می گردد در حالی که پتاسیم ساقه تغییری نمی‌کند. Erdei و Taleisnic(۱۹۹۳) نیز افزایش میزان سدیم و پتاسیم ساقه و ریشه در سورگوم و ذرت را گزارش نمودند. Cramer و همکاران (۱۹۹۰) نیز گزارش کردند که کلسیم می‌تواند اثرهای سمی شوری را در گیاهچه‌های جو کاهش دهد. در سایر گیاهان مقدار زیاد کلسیم از طریق کاهش جذب سدیم و انتقال آن به ساقه‌ها از سمیت آن می‌تواند بکاهد. کلسیم در شرایط تنش شوری جذب پتاسیم را خصوصاً با افزایش نسبت پتاسیم به سدیم در بافت بهبود می‌بخشد (Cramer و همکاران، ۱۹۹۰). Sharp و Lebnoble (۲۰۰۲) نیز گزارش کردند که گیاهان از کلسیم برای رهایی از تنش شوری بهره می‌گیرند. در زمان شوری سطح کلسیم سلول زیاد می‌شود که این اثر تنش شوری را بر روی رشد گیاه کاهش می‌دهد. کلسیم در چنین شرایطی به‌عنوان یک پیک ثانویه باعث می‌شود که پروتئین‌های ناقل سدیم، انتقال سدیم و ورودش به واکوئل را سبب شود. علاوه بر این، در حضور غلظت‌های مختلف کلسیم نسبت پتاسیم به کلسیم افزایش می‌یابد که احتمالاً به علت اثرهای مفید کلسیم در پایداری غشاء و بهبود میزان جذب انتخابی پتاسیم نسبت به سدیم در هر دو رقم حساس و مقاوم بوده است.

جدول۱- نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به پارامترهای رشد اکسشن های مختلف آنغوزه در مرحله گیاهچه‌ای تحت تنش شوری (هیدروپونیک)*.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		طول ساقه (سانتیمتر)	طول ریشه (سانتیمتر)	نسبت طول ریشه به ساقه	وزن خشک ساقه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	نسبت وزن خشک ریشه به ساقه	وزن تر ساقه (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	نسبت وزن تر ریشه به ساقه
تیمار	۸	۱۷/۹۷ **	٤٦/۱۱۷ **	۰/٤۱۹ ns	۰/۰۰۱۷ ns	۰/۰۰۰۰۵۹ **	۰/۰٤۱۱ *	۰/۰٦۱ **	۰/۰۱۸ **	۰/۱۱۱ **
اکسشن	۲	۰/۷۵۷ ns	۹/۵۰٦ **	۱/۱۷۸ ns	۰/۰۰۱۷ ns	۰/۰۰۰۰۰۱٦ ns	۰/۰۱۱٤ Ns	۰/۰۰۸ ns	۰/۰۰۳ ns	۰/۱۵۱ **
غلظت NaCl	۲	٦۹/۹٤۸ **	۱۵۵/۹۷۸**	۰/۲۳۱ ns	۰/۰۰۱۲ ns	۰/۰۰۰۲ **	۰/۱۰۳ **	۰/۲۳۵ **	۰/۰٦۹ **	۰/۱٦۹ **
اکسشن*غلظت NaCl	٤	۰/۵۸۸ ns	۹/٤۹۲ **	۰/۱۳۳ ns	۰/۰۰۱۹ ns	۰/۰۰۰۰۰۳ ns	۰/۰۲۵ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۳ ns	۰/۰٦۲ **
خطای آزمایشی	۱۸	۰/۵۲۵	۱/۰٤۳	۰/٤۹۷	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۰۷۲	۰/۰۱۲۳	۰/۰۱۷	۰/۰۰۵	۰/۰۱۵٦

**= معنی‌دار در سطح ۱٪، *= معنی‌دار در سطح ۵٪ و ns = غیر معنی‌دار.

جدول۲- نتایج تجزیه واریانس داده های مربوط به میزان سدیم، پتاسیم و کلسیم اکسشن های مختلف آنغوزه در مرحله گیاهچه ای تحت تنش شوری (هیدروپونیک)*.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		سدیم ساقه (ppm)	سدیم ریشه (ppm)	سدیم ساقه به ریشه	پتاسیم ساقه (ppm)	پتاسیم ریشه (ppm)	پتاسیم ساقه به ریشه	کلسیم ساقه (ppm)	کلسیم ریشه (ppm)	کلسیم ساقه به ریشه
تیمار	۸	۳/٤۳۷ **	۰/۰۷۳۵ **	٦۰٦/۳۹۸ **	۵۷/۸٤۵ **	۱/۹۳۸ **	۱۳۳٤۱۰/۸۹ **	۰/۵٤۵۷ **	۰/۱٦۹٦ **	۱۷٤۸٤۷/۰۱ **
اکسشن	۲	۱/۳۰٦ **	۰/۱٤۷۷ **	۱۳۱۷/۸۳ **	۸/۱۵۹ **	٦/٦۷۱ **	۲۲۹٤۵۰/۲۷ **	۰/۰۱۲۸ ns	۰/۳۰۰٤ **	۱۷۸۵۳۷/۹۲ ns
غلظت NaCl	۲	٤/۲۷۷ **	۰/۰٤۹۱ **	۱۹٤/۳٤۵ ns	۱۸۳/۰۵۸ **	۰/۳۹۱ **	۹۲٦۵۷/٦۵ **	۱/۳۹۲ **	۰/۳۲۰۹ **	۱۷۰۲۵۵/۵۷ ns
اکسشن*غلظت NaCl	٤	٤/۰۸۱ **	۰/۰٤۸۷ **	٤۵٦/۷۰۹ **	۲۰/۰۸۱ **	۰/۳٤۵ **	۱۰۵۷٦۷/۸۲ **	۰/۳۸۸ **	۰/۰۲۸٦ **	۱۷۵۲۹۷/۲۷ *
خطای آزمایشی	۱۸	۰/۰۹٤۵	۰/۰۰٤٤	٦٤/۳۰٦	۰/۵۳٦	۰/۰۰٤	۷۵۹۱/۷٤	۰/۰٦۳	۰/۰۰٤٦	۵۳٤۰۲/۹

**= معنی‌دار در سطح ۱٪، *= معنی‌دار در سطح ۵٪ و ns = غیر معنی‌دار.

جدول۳- مقایسه میانگین پارامترهای مختلف رشد اکسشن‌های آنغوزه در مرحله گیاهچه ای(کشت هیدروپونیک)*.

اکسشن های آنغوزه	غلظت NaCl (میلی مولار)	طول ساقه (سانتیمتر)	طول ریشه (سانتیمتر)	نسبت طول ریشه به ساقه	وزن خشک ساقه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	نسبت وزن خشک ریشه به ساقه	وزن تر ساقه (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	نسبت وزن تر ریشه به ساقه
	۰	٦/۲۳ a	۱۰/٥٦ a	۱/۷۰۲ a	۰/۰۳۲ ab	۰/۰۱ a	۰/۳۰٥ ab	۰/۳٦ ab	۰/۱۷ ab	۰/٤۸۲ a
طبس	٥۰	۱/۳٤ bc	۲/۱٥ c	۱/٥٤ a	۰/۰۰۹ b	۰/۰۰۲ b	۰/۲٥۷ ab	۰/۱۰٤ c	۰/۰٤۳ bc	۰/٤۳۹ a
	۱۰۰	۰/۳۹۷ c	۰/٦۹ c	۱/۱۳٤ a	۰/۰۰۲ b	۰/۰۰۱ b	۰/۱۱۱ bc	۰/۰۲٦ c	۰/۰۱۲ c	۰/۱٥ b
	۰	٥/۹۹ a	٥/۱٦ b	۰/۹۰۳ a	۰/۰۳٤ ab	۰/۰۱ a	۰/۳۰۷ ab	۰/٤۰٤ a	۰/۲۰٤ a	۰/٥۱٤ a
کاشمر	٥۰	۲/۱۱ b	۱/۷۸ c	۰/۹۰۷ a	۰/۰۱۲ b	۰/۰۰٤ b	۰/۲۹۱ ab	۰/۱۳۹ bc	۰/۰۷٤ abc	۰/٤۹۲ a
	۱۰۰	۱/٤۱ bc	۱/۲٥ c	۰/۸۲۱ a	۰/۰۰٦ b	۰/۰۰۲ b	۰/۲۷ ab	۰/۱۲۳ c	۰/۰٥٦ bc	۰/٤٥۳ a
	۰	٥/۷٤ a	۱۰/۲۷ a	۱/۸۱۳ a	۰/۰۳۱ ab	۰/۰۱۲ a	۰/۳۸۳ a	۰/۳۷٥ a	۰/۱۹٥ a	۰/٥۱۹ a
بشرویه	٥۰	۲/۰٦ b	۲/٥۹ c	۱/۲٥٦ a	۰/۰۱۱ b	۰/۰۰۲ b	۰/۳۰۹ ab	۰/۱۲۲ bc	۰/۰۳۳ c	۰/۰٦٤ b
	۱۰۰	۰/۲٥ c	۰/۷۷ c	۱/٥٥ a	۰/۰۷۹ a	۰/۰۰۱ b	۰/۰۰۳ c	۰/۰۹٦ c	۰/۰۱۹ c	۰/۰۹۹ b

*در هر ستون اعداد دارای حروف مشترک تفاوت **معنی‌داری با هم ندارند (دانکن و ٥٪=α)**.

جدول٤- مقایسه میانگین میزان سدیم، پتاسیم و کلسیم اکسشن‌های مختلف آنغوزه در مرحله گیاهچه ای تحت تنش شوری (کشت هیدروپونیک).*

اکسشن های آنغوزه	غلظت NaCl (میلی مولار)	سدیم ساقه (ppm)	سدیم ریشه (ppm)	سدیم ساقه به ریشه	پتاسیم ساقه (ppm)	پتاسیم ریشه (ppm)	پتاسیم ساقه به ریشه	کلسیم ساقه (ppm)	کلسیم ریشه (ppm)	کلسیم ساقه به ریشه
	۰	۱/۰۸۳ cd	۰/۰۳۹ d	۳۲/۱۱۱ a	۸/٤۸۷ b	۰/۰۳۱ d	۲۸۳/٥۲ b	۱/۰۲ ab	۰/۱۷۱ c	٥/۸ b
طبس	٥۰	۳/٥۸۷ a	۰/۱۰٥ cd	٤۳/٦۰۹ a	۰/۳۸٦ e	۰/۰۲ d	۱۸/۹۸٥ c	۰/۱۱۲ d	۰/۰۱۹ d	۱۱/۳۰۱ b
	۱۰۰	۱/٤٥ cd	۰/۱٦۱ cd	۸/۹۹۱ b	٦/۲۰٥ c	۰/۰۱۲ d	٦۲۰/٤۱۳ a	۰/٦٤۹ bc	۰/۰۱۳ d	۷۳۰/۰٦ a
	۰	۱/۰۲۲ de	۰/٥۳٤ a	۲/۰۸۷ b	۱۱/۳۳۹ a	۲/۰۹۸ a	٥/٤۰٦ c	۱/۲٤٤ a	۰/٤٤۸ b	۲/۷٥٤ b
کاشمر	٥۰	۳/۰۹۹ a	۰/۳٤۱ b	۱۰/٤۱٤ b	۳/۳٥۳ d	۱/٥٦۲ b	۲/۱٥ c	۰/۳۱۳ cd	۰/۰۱٦ d	۱۹/۲۷۲ b
	۱۰۰	۱/٦۳۳ c	۰/۱۹٦ c	۸/۸٥٤ b	۰/٦۲٥ e	۰/۹۰۱ c	۰/٦۹ c	۰/۰٤۷ d	۰/۰۱۱ d	٤/٥۷۸ b
	۰	۰/۹٦۱ de	۰/۳٥۰ b	۳/۱۲۳ b	۹/۲۸٦ b	۰/۰٥۱ d	۱۹۱/۱۱ b	۰/۸۲ ab	۰/٦۷۲ a	۱/۳٥۸ b
بشرویه	٥۰	۰/٤۷۳ e	۰/۱۰۱ cd	٤/٦۲۱ b	۰/۸٤۲ e	۰/۰٤ d	۲۱/۱۹ c	۰/۷۹ ab	۰/۳۷۸ b	۲/۰۹٥ b
	۱۰۰	۲/٥٤۹ b	۰/۱۷٥ c	۱٤/٥۸۲ b	۰/۱۲۷ e	۰/۰۲ d	٦/٥۳ c	۰/۲۰٥ cd	۰/۲۰۹ c	۱/۰٥٦ b

*در هر ستون اعداد دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری با هم ندارند (دانکن و ٥٪=α).

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به آنالیز پرولین ساقه و ریشه گیاهچه‌های آنغوزه طبس تحت تنش شوری نشان داد که از نظر میزان تجمع پرولین ساقه و ریشه بعد از ۱، ۵ و ۱۰ روز، تحت تنش شوری اختلاف معنی‌داری ($p\leq$٪۱) وجود دارد (جدول ۵). اما از نظر میزان پرولین ساقه بعد از ۱۵ روز در گیاهچه‌های آنغوزه طبس اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). مقایسه میانگین میزان تجمع پرولین ساقه و ریشه تحت تنش شوری در ٤ مرحله زمانی متفاوت (بعد از ۱، ۵، ۱۰ و ۱۵روز) نشان داد که این میزان در گیاهچه‌های آنغوزه طبس با افزایش تنش شوری تغییر نشان می‌دهد (جدول ٦).

میزان تجمع پرولین ساقه در گیاهچه‌های آنغوزه طبس در تیمار۵۰ میلی مول NaCl نسبت به شاهد پس از ۵ روز افزایش زیادی را نشان داد که با گذشت زمان این میزان مجدداً کاهش یافت، اما این میزان تجمع پرولین ساقه نسبت به شاهد بیشتر بود (جدول ٦). در تیمار ۱۰۰ میلی مول NaClاین افزایش تجمع نیز در روزهای اول پس از تنش مشاهده شد، اما نسبت به شاهد و گیاهچه‌های تحت تنش۵۰ مول NaCl خیلی زیاد نبود ولی پس از این مقدار مجدداً کاهش یافت که در مقایسه با شاهد کمتر بود (جدول ٦).

از این‌رومیزان تجمع پرولین ریشه در گیاهچه‌های تحت تنش ۵۰ میلی مول NaCl آنغوزه طبس نسبت به شاهد در ابتدا افزایش نشان داد اما بعد از ۱۰ و ۱۵ روز از زمان تنش مجدداً کاهش یافت که این میزان نسبت به شاهد بیشتر بود (جدول ٦). در گیاهچه‌های تحت تنش۱۰۰ میلی مول NaCl با افزایش تنش میزان پرولین در روزهای اولیه تنش افزایش سریع و بیشتری نشان داد اما پس از آن کاهش شدیدی یافت ولی مجدداً بعد از ۱۵ روز افزایش میزان پرولین مشاهده شد که نسبت به شاهد بیشتر بود (جدول ٦) که احتمالا" به دلیل فعالیت مکانیزم های مختلف گیاه در برابر تنش شوری می‌باشد.

Safarnejad و همکاران (۱۹۹٦) نیز گزارش کردند که تنش شوری موجب افزایش پرولین در ژنوتیپ‌های یونجه می‌شود آنها گزارش کردند که به صورت معنی‌داری میزان تجمع پرولین در ژنوتیپ مقاوم سریع‌تر و بیشتر از ژنوتیپ‌های حساس اتفاق می‌افتد. Kong و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که محتوی پرولین در شرایط شوری در گیاه گندم بهاره افزایش نشان داده است. Lin و Kao (۱۹۹٦) نیز گزارش کردند که در گیاه برنج تحت تنش شوری میزان پرولین ریشه‌ها افزایش می‌یابد. Claudivan و همکاران (۲۰۰۵) با بررسی بر روی ژنوتیپ‌های سورگوم از افزایش پرولین در غلظت‌های مختلف شوری را گزارش کرده‌اند. Mutlu و Bozcuk (۲۰۰۵) گزارش کردند که در گیاه حساس به شوری نسبت به گیاه مقاوم به شوری در غلظت‌های مختلف شوری انباشت پرولین بیشتری مشاهده می‌شود و انباشت پرولین را به‌عنوان یک محافظ بر علیه تنش شوری در گیاه گزارش نمودند. Sharp و Versulues (۱۹۹۹) علت تجمع پرولین در ریشه‌های ذرت را انتقال پرولین از برگها به رأس ریشه دانسته و معتقد بودند که ABA نقش مهمی در تنظیم انتقال پرولین به رأس ریشه دارد.

به‌طور کلی اکسشن‌های مختلف تحت تیمار شوری تفاوت معنی‌داری در شاخص‌های طول ساقه، طول ریشه، وزن تر و خشک ساقه و ریشه، میزان عناصر و تجمع پرولین نسبت به همدیگر و شاهد نشان دادند. بیشترین کاهش رشد در برابر تنش شوری در مقایسه با شاهد در اکسشن کاشمر و کمترین کاهش در اکسشن بشرویه مشاهده گردید.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس داده های مربوط به میزان پرولین گیاهچه های آنغوزه طبس در مرحله گیاهچه ای تحت تنش شوری (هیدروپونیک)*

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		پرولین ساقه (میکرومول بر گرم وزن تر بافت)				پرولین ریشه (میکرومول بر گرم وزن تر بافت)			
		بعد از ۱ روز	بعد از ۵ روز	بعد از ۱۰ روز	بعد از ۱۵ روز	بعد از ۱ روز	بعد از ۵ روز	بعد از ۱۰ روز	بعد از ۱۵ روز
تیمار	۲	۰/۰۲۳۱۲۴**	۰/۶۹۲۲۱**	ns ۰/۰۸۲۲	ns ۰/۰۲۰۳۲	۰/۰۰۱۱۲ *	۰/۴۸۲۷ **	۰/۴۳۴۲۵ *	۰/۰۱۵۴ ns
خطا	۹	۰/۰۰۰۸۸	۰/۰۷۲۰۳	۰/۰۲۴۵	۰/۰۷۷۳۶	۰/۰۰۰۲۴	۰/۰۴۴۳	۰/۰۵۷۳	۰/۰۰۸۳

** = معنی‌دار در سطح ۱٪، * = معنی‌دار در سطح ۵٪ و ns = غیر معنی‌دار.

جدول ۶- مقایسه میانگین میزان تجمع پرولین گیاهچه های آنغوزه طبس در مرحله گیاهچه ای تحت تنش شوری (کشت هیدروپونیک)*

غلظت NaCl (میلی مولار)	پرولین ساقه (میکرومول بر گرم وزن تر بافت)				پرولین ریشه (میکرومول بر گرم وزن تر بافت)			
	بعد از ۱ روز	بعد از ۵ روز	بعد از ۱۰ روز	بعد از ۱۵ روز	بعد از ۱ روز	بعد از ۵ روز	بعد از ۱۰ روز	بعد از ۱۵ روز
۰	۰/۱۶۸۶ a	۰/۳۲۰۲ b	۰/۳۰۳۸ a	۰/۴۳۰۹ a	۰/۰۴۷۰۵ a	۰/۱۴۴۴ b	۰/۶۳۲۰ a	۰/۰۶۸۴ a
۵۰	۰/۱۰۶۵ b	۱/۰۶۴ a	۰/۳۷۳۹ A	۰/۴۴۷۶ a	۰/۰۲۰۹۳ab	۰/۲۷۲۵ b	۰/۱۳۳۳ b	۰/۱۸۲۷ a
۱۰۰	۰/۰۱۷۳ c	۰/۳۶۹۵ b	۰/۰۹۸۲ A	۰/۳۱۶۷ a	۰/۰۱۵۳ b	۰/۲۷۲۵ a	۰/۰۰۹۶ b	۰/۱۶۶۵ a

*در هر ستون اعداد دارای حروف مشترک تفاوت معنی داری با هم ندارند (دانکن و α=۵٪).

منابع مورد استفاده

- آبنوس، م. ۱۳۸۰. بررسی فیزیولوژیکی اثرات تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ بر مرحله جوانه‌زنی و گیاهچه ای ارقام عدس (*Lens culinaris* M.). پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیولوژی گیاهی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد. ۱۲۶ صفحه.
- باقری کاظم آباد، ع. و سرمدنیا، غ. ۱۳۶۷. بررسی عکس العمل توده های مختلف به استرس شوری وخشکی در مرحله جوانه زدن، مجله علوم کشاورزی ایران، ۲ (۲): ۵۵- ۴۲.
- زرگری، ع. ۱۳۷۱. گیاهان دارویی جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران. چاپ ششم. ۹۴۲ صفحه.
- سلامی،م. ر.، صفرنژاد، ع. و حمیدی، ح. ۱۳۸۴. اثر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژی زیره سبز و سنبل الطیب. پژوهش و سازندگی (منابع طبیعی)، ۷۲: ۸۲-۷۷.
- صفرنژاد، ع.، سلامی، م. ر. و حمیدی، ح. ۱۳۸۶. بررسی خصوصیات مورفولوژی گیاهان دارویی اسفرزه در برابر تنش شوری. مجله پژوهش و سازندگی، ۷۶: ۱۶۰-۱۵۲.
- کافی، م. لاهوتی، م. زند، ا. شریفی، ح و گلدانی، م. ۱۳۸۶. فیزیولوژی گیاهی (جلد اول). تألیف: تایز و زایگر، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. چاپ هفتم. ۴۵۶ صفحه.
- کوچکی، ع. ۱۳۷۶. تنوع زیستی و توسعه پایدار، مجموعه مقالات توسعه کشاورزی پایدار نشریه شماره ۴، فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه.

–Ashraf, M. and Foolad, M. R. 2007. Improving plant abiotic-stress resistance by exogenous application of osmoprotectants glycine betaine and proline. Env. Exp. Bot., 59: 206-216.

–Ashraf, M. and Orooj, A. 2006. Salt stress effects on growth, ion accumulation and seed oil concentration in an arid zone traditional medicinal plant ajwain (*Trachyspermum ammi* [L.] Sprague), Journal of Arid Environments, 64: 209-220.

–Bohnert, H. J., Nelson, D. E. and Jensen, R. G. 1999. Adoption to environmental stresses, The Plant cell, 7: 1099-1111.

–Chispeel, M. J., Crawford, N. M. and Schoroeder, J. I. 1999. Proteins for transport of plant cells, The Plant cell, 11: 661-675.

–Cramer, G. R., Epstein, E. and Lauchi, A. 1990. Effects of sodium- potassium and calcium on salt-stress barley. I. growth analysis ,Physiologia Plantarum, 80: 83-88.

–Epstein, E. and Rains, D. W. 1987. Advances in salt tolerance. Plant and Soil, 99: 17-29.

–Erdei, L. and Taleisnic, E. 1993. Changes in water relation parameters under osmotic and salt stresses in maize and sorghum. Physiologia Plantarum, 89: 381-387.

–Gadallah, M. A. 1996. Abscisic acid, temperature and salinity interactions on growth and some mineral elements in *Carthamus* plants, Plant Growth Regulation (Historical Archive), 20: 225–236.

–Kong, Y., Zhou. G. and Wang, Y. 2001. Physiological characteristics and alternative respiratory pathway under salt stress in two wheat cultivars differing in salt tolerance, Russian. Journal Of Plant Physiology, 48: 595–600.

–Lacerda, C.L., 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 recover, Environmental and Experimental Botany: 69-76.

–Lin, C.C. and Kao, C.H. 1996. Proline accumulation is associated with inhibition of rice seedling ,root growth caused by NaCl, Plant Science , 114: 121-128.

–Meloni, D. A., Oliva, M. A., Ruize, H. A. and Martinez, C. A. 2001. Contribution of proline and inorganic solutes osmotic adjustment in cotton under salt stress, J.of Plant nutrition, 21: 599-612.

–Mutlu, F. and Bozcuk, S. 2005. Effects of salinity on the contents of polyamines and some other compounds in sunflower plants differing in salt tolerance, Russian Journal of Plant Physiology, 52: 29–34.

–Niu, X., Bressan, R. A., Hasegawa, P.M. and Pardo, J. M. 1995. Ion homeostasis in NaCl stress environments, Plant. Physiol, 109: 735-742.

–Niu, X., Zhu, J., Narasimhanml, K., Bressan, R. A. and Hasagawa, P. M. 1993. Plasma-membrane H^+-ATP_{ase} gene expression is regulated by NaCl in cells of halophyte *Atriplex nummlaria*, Planta, 190: 433-438.

–Parida, A.K. and Das, A.B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety. 60: 324-349.

–Ramos1, *J.*, L´opez, M.J. and Benlloch, M. 2004. Effect of NaCl and KCl salts on the growth and solute accumulation of the halophyte *Atriplex nummularia*, Plant and Soil, 259: 163–168.

–Safarnejad, A., Colin, H. A., Bruce, K. D. and McNeily, T. 1996. Characterization of alfalfa (*Medicago sativa* L.) following *in vitro* selection for salt tolerance. Euphitica, 92: 55-61.

–Safarnejad, A., and Hamidi, H., 2008. Study of morphological characters of *Foeniculim vulgare* under salt stress. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 16: 125-140.

–Safarnejad, A., Sadr, A. and Hamidi, H., 2008. Salt effects on morphologic characteristics of *Nigella sativa.* Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 15: 75-84.

–Shalhevet, J. 1993. Plant under salt and water stress, In: Plant adoption to environmental stress (Eds: L. Fowden, T.Mansfield and J. Sttodard), 133-155, Chapman and Hall.

–Shannon, M. C. 1986. Breading selection and the in plants of salt tolerance. In: salinity tolerance in plants(Eds: R. C. Staples, and G. H. Toenniessn): 231-252.John Wiley and Sons.

–Sharp, R. E. and Lebnoble, M. E. 2002. ABA, etylene and the control of shoot and root growth under water stress, J. Experimental Botany, 53: 33-37.

–Sharp, R. E. and Versulues, P. 1999. Proline accumulation in maize (*Zea mays* L.) primary roots at low water potentials, II Metabolic source of increased proline disposition in the elongation zone, Plant. Physiol., 119: 1349-1360.

–Wang, W., Vinocur, B. and Altman, A. 2003. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. Planta, 218: 1-14.

Morphological and biochemical characterization of *Ferula assafoetida* in response to salt stress

A.R. Mohammaddoust-Shiri[1], A. Safarnejad[2*], and H. Hamidi[3]

1 – MSc, Khorasan Agricultural and Natural Resources Research Center, Mashhad, I.R.Iran
2*-Corresponding author, Assis. Prof., Khorasan Agricultural and Natural Resources Research Center, Mashhad, I.R.Iran.
Email: sebre14@yahoo.com
3 - MSc, Khorasan Agricultural and Natural Resources Research Center, Mashhad, I.R.Iran.

Received: 20.05.2008 Accepted: 27.04.2009

Abstract:

Ferula assafoetida is one of the most important medicinal plants from family of Apiaceae. Salt tolerance of three accessions of *Ferula assafoetida* namely Kashmar, Tabas and Boshroyeh were investigated. To determine seed germination percentage, seeds were transferred to cold pretreatment (4-5˚C) for 19 days. Then seedlings were transferred to culture medium to grow. Seedlings were again transferred to hydroponic conditions with different concentrations of NaCl. The experiment was conducted based on completely randomized design with 4 treatments and 3 replications per treatment. Results showed that the level of salt tolerance for three accessions of the species was 100 mol l-1. by increasing salt concentration level, shoot length, root length, shoot and root fresh and dry weights were decreased. Concentrations of K+, Na+ and Ca+2 (after 15 days) and proline accumulation (after 1, 5, 10 and 15 days) showed significant differences compared to control in response to salt stress. In response to salt stress the most reduction was showed in Kashmar accession and the lowest reduction was showed in Boshroyeh accession.

Keywords: *Ferula assafoetida*, Hydroponic, Medicinal plants, Salinity.