دوفصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران
جلد ١٦، شمارهٔ ١، صفحهٔ ١٤٠-١٢٥ (١٣٨٧)

بررسی ویژگیهای مورفولوژی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) تحت تنش شوری

عباس صفرنژاد[1] و حسن حمیدی[2]

١- استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد. E-mail: sebre14@yahoo.com
٢- کارشناس‌ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد.
تاریخ دریافت: ٨٦/٥/٢٨ تاریخ پذیرش: ٨٦/١١/٤

چکیده

ارزیابی تحمل به شوری گیاهان دارویی به منظور کشت در مناطق شور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به منظور بررسی اثر شوری بر رازیانه (*Foeniculum vulgare*) آزمایش فاکتوریل در شرایط آب کشت و در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در مرحله گیاهچه و سه تکرار در مرحله گیاه کامل انجام شد. ژنوتیپ‌های مورد بررسی شامل: رازیانه اصفهان، اردبیل، آذربایجان شرقی، اروپایی، تهران، یزد، ایستگاه استهبان و شیراز بود. سطوح شوری اعمال شده شامل غلظت‌های صفر (شاهد)، ٥٠، ١٠٠، ١٥٠ و ٢٠٠ میلی‌مولار کلریدسدیم (NaCl) بودند. نتایج بدست آمده نشان داد با افزایش شوری، درصد جوانه‌زنی، طول ریشه، طول ساقه، شاخص بنیه بذر، وزن تر و خشک ریشه و ساقه، نسبت اندام هوایی به ریشه و زیست توده در ژنوتیپ‌های رازیانه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. میزان کاهش در ژنوتیپ‌های مختلف رازیانه متفاوت بود. به‌طورکلی ژنوتیپ‌های مختلف رازیانه در مرحله گیاه کامل نسبت به مرحله گیاهچه دارای تحمل بیشتری نسبت به تنش شوری بودند. نتایج آزمایش در مرحله گیاهچه نشان داد که در بین هشت ژنوتیپ رازیانه مورد مطالعه، ژنوتیپ شیراز متحمل به تنش شوری و ژنوتیپ اصفهان حساس به تنش شوری می‌باشد. نتایج آزمایش در مرحله گیاه کامل نیز نشان داد که در بین شش ژنوتیپ مورد آزمایش، ژنوتیپ یزد متحمل به تنش شوری و ژنوتیپ اردبیل حساس به تنش شوری می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آب کشت (هیدروپونیک)، رازیانه، شوری، NaCl و *Foeniculum vulgare*.

مقدمه

تنش‌های محیطی غیرزیستی به ویژه تنش‌های شوری و خشکی بیش از عوامل دیگر موجب کاهش تولیدات زراعی در سطح جهان می‌گردند (Shalhevet, 1993). تحقیقات بعمل آمده بیانگر این مطلب است که حدود ١٥ درصد از کل اراضی قابل کشت را خاکهای شور تشکیل می‌دهند (کریمی و شکاری، ١٣٧٥؛ پوستینی و زهتاب سلمانی، ١٣٧٦). گیاهان را می‌توان به دو دسته متحمل و حساس به شوری تقسیم نمود و از آبهای شور جهت آبیاری گیاهان متحمل به شوری استفاده کرد (Francois *et al.*, 1986). در مراحل اولیه، تنش شوری سبب ایجاد تنش اسمزی از طریق بر هم زدن تعادل اسمزی به علت دفع آب توسط گیاهان می‌شود (Gorham, 1996) که این امر سبب وارد آمدن زیان عمده‌ای بر استقرار گیاه و کاهش محصول نهایی می‌گردد (Shannon, 1986). تحت تنش شوری، برخی از عناصر غذایی سبب اختلال در

جذب سایر عناصر می‌شوند (Munns *et al*., 1982). پاسخ گیاهان به تنش شوری با توجه به مرحله رشد آنها، توسعه و سن گیاه متفاوت است (Kerepesi & Galiba, 2000). بنابراین لزوم انتخاب گونه‌ها و ژنوتیپهای متحمل به شوری جهت بهره‌برداری بیشتر، جلوگیری از کاهش رشد و تولید بیشتر عملکرد امری ضروری می‌باشد (Shannon, Munns *et al*., 1982; 1986). در این راستا اندازه‌گیری شاخصهای مورفولوژی از جمله سرعت رشد اندامهای گیاه (اندامهای هوایی و ریشه) در مراحل مختلف گیاه می‌تواند شاخص خوبی برای تعیین متحمل بودن آنها به‌حساب آید (Munns *et al*., 1982; Shalhevet, 1993). رازیانه گیاهی است از تیرهٔ چتریان با نام علمی *Foeniculum vulgare*، دو ساله، پایا، با ساقه‌ای راست و شیاردار و برگهای متناوب با بریدگیهای عمیق و نخی شکل، در انتهای ساقه گل‌آذین چتر مرکب متشکل از گلهای کوچک زرد قرار دارد. میوه آن به صورت دوفندقه و تمام اندامهای گیاه دارای اسانس است (زرگری، ۱۳۷۶). در این تحقیق با توجه به اهمیت گیاهان دارویی و نیز با توجه به وسعت اراضی شور به بررسی اثر شوری بر مراحل اولیهٔ رشد گیاهچه و گیاه کامل ژنوتیپ‌های مختلف رازیانه (*Foeniculum vulgare*) پرداخته شد.

مواد و روشها

به منظور تعیین اثر سطوح شوری بر ژنوتیپ‌های مختلف رازیانه (*Foeniculum vulgare*) آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در مرحله گیاهچه و سه تکرار در مرحله گیاه کامل انجام شد. گیاهان مورد آزمایش، شامل ژنوتیپ‌های رازیانه اصفهان، اردبیل، آذربایجان شرقی، تهران، یزد، ایستگاه استهبان، شیراز و رازیانه با منشأ اروپا بود. سطوح مختلف شوری شامل چهار غلظت (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار) NaCl در مرحله گیاهچه و پنج غلظت (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار) NaCl در مرحله گیاه کامل بودند که برای تهیه این غلظت‌ها از کلرید سدیم خالص استفاده شد. مقادیر مختلف از غلظت‌های NaCl به محلول غذایی هویت (Safarnejad *et al*., 1996) اضافه شده و سپس در اختیار گیاه قرار گرفت. به منظور ضدعفونی بذرهای ژنوتیپ‌های مختلف رازیانه، ابتدا به طور جداگانه در هیپوکلریت سدیم ۱/۵ درصد به مدت ۳ دقیقه ضدعفونی شده و پس از شستشو با آب مقطر در قارچ‌کش بنومیل ۲ در هزار به مدت ۳۰ ثانیه تا ۲ دقیقه (بسته به اندازه بذرها و سختی پوسته آنها) ضدعفونی شد. در نهایت بذرها با آب مقطر شستشو داده شدند تا هیچ اثری از بنومیل بر روی آنها باقی نماند. سپس بذرها در لیوانهایی که قبلاً با هیپوکلریت سدیم ضدعفونی شده بودند کشت گردیدند. سپس لیوانها از محلول هویت با غلظتهای شوری مورد نظر پر شد و در داخل هر لیوان با حجمی برابر ۳۰۰ سی‌سی، تعداد ۲۰ عدد بذر گیاه مورد نظر کشت شد. هر لیوان به عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد. پس از کشت بذرها، لیوانها در اتاق رشد با دمای ثابت۲± ۲۵ درجه سانتیگراد قرار داده شدند. منبع نوری مورد استفاده، لامپهای فلورسنت با دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی بود. بعد از ۱۴ روز از زمان کشت، نسبت به اندازه‌گیری شاخصهای مختلف، درصد جوانه‌زنی، طول ساقه، طول ریشه، شاخص بنیه بذر، وزن تر ساقه، وزن تر ریشه، وزن خشک ساقه و ریشه، زیست توده کل و نسبت وزنی اندام هوایی به ریشه اقدام گردید. اندازه‌گیری وزن خشک پس از قرار گرفتن نمونه‌های تر

به مدت ٤٨ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد آون صورت گرفت. میزان درصدجوانه‌زنی و زیست توده کل با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه گردید (آخوندی و همکاران، ۱۳۸۳).

PG = Ni / N x 100 ،PG: درصد جوانه‌زنی، Ni: تعداد بذرهای جوانه‌زده تا روز i ام، N: تعداد کل بذر

وزن خشک ساقه + وزن خشک ریشه = زیست توده کل

شاخص بنیه بذر نیز به روش Abdul-baki و Anderson (۱۹۷۰) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

میلی‌متر× درصد جوانه‌زنی]= شاخص بنیه بذر

۱۰۰ /[میانگین طول گیاهچه‌ها (ریشه+ ساقه) به

پس از بررسی نتایج بدست آمده از مرحله گیاهچه (۸ ژنوتیپ)، ژنوتیپ‌هایی که از میانگین درصد جوانه‌زنی بالایی در غلظت‌های بالاتر شوری برخوردار بودند (٦ ژنوتیپ) انتخاب و سپس در محیط کشت آب کشت وارد شدند. در مرحله گیاه کامل به منظور تهیه گیاهچه‌های مورد نیاز تعدادی بذر از هر یک از ژنوتیپ‌ها به طور جداگانه بر روی بیدز در داخل لیوانهای حاوی محیط کشت هویت بدون شوری کشت داده شدند و پس از ١٤ روز به محیط کشت آب‌کشت با سطوح مختلف شوری انتقال یافتند. گیاهچه‌های انتقالی در ابتدا به مدت ٤٨ ساعت جهت سازگاری در سطل‌های بدون شوری قرار گرفتند. سپس به سطل‌های حاوی محلول‌هایی که دارای غلظت‌های شوری صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار NaCl بودند، منتقل شدند. پس از ۲ هفته از تاریخ انتقال، گیاهچه‌ها بیرون آورده شدند و شاخص‌های مختلف رشد از قبیل طول ریشه، طول ساقه، وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه، وزن تر ریشه و وزن خشک ریشه اندازه‌گیری شدند. طول ریشه و ساقه با استفاده از خط‌کش با دقت ۰/۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شدند و بلافاصله وزن تر آنها با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم تعیین شد. پس از شستشوی کامل ساقه و ریشه با آب مقطر، به مدت ٤٨ ساعت در آون در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد جهت خشک شدن قرار داده شدند. پس از آن، وزن خشک ساقه و ریشه هر یک به تفکیک وزن شد. در نهایت، نسبت اندام هوایی به ریشه و نیز زیست توده کل آنها در مرحله گیاه کامل محاسبه گردید. محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار MSTAT-C و SAS انجام شد و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel صورت گرفت. مقایسه میانگینها نیز با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج

آزمایش اثر تنش شوری رازیانه در مرحله گیاهچه

نتایج نشان داد که تغییرات درصد جوانه‌زنی رازیانه تحت تأثیر ژنوتیپ، تیمار شوری و اثر متقابل این دو در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش شوری یک روند کاهشی از نظر درصد جوانه‌زنی وجود داشت، به طوری که تیمار شاهد با ٦٣/٢٨ درصد و غلظت شوری ۱۵۰میلی‌مولار با ۵/۳۱ درصد به‌ترتیب بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی را دارا بودند. کاهش درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های رازیانه اصفهان، اردبیل، آذربایجان شرقی، اروپایی، تهران، یزد، ایستگاه استهبان و شیراز در غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار NaCl نسبت به شاهد به‌ترتیب ۱۰۰، ۱۰۰، ۹۲/٦۹، ۱۰۰، ۱۰۰، ۸۸/۱۵، ۹۳/۰۸ و ۵۸/٤ درصد بود (جدول ۳).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در مرحله گیاهچه بین ژنوتیپ‌های مختلف رازیانه تحت تنش شوری از نظر

کلیه شاخص‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p \leq$ ۰/۰۱) (جدول ۱). با افزایش غلظت NaCl در مرحله گیاهچه، طول ریشه، طول ساقه، شاخص بنیه بذر، وزن تر و خشک ریشه و ساقه، نسبت اندام هوایی به ریشه و بیوماس کل رازیانه کاهش یافت (جدول ۳). کاهش طول ریشه ژنوتیپ‌های رازیانه مربوط به آذربایجان شرقی، یزد، ایستگاه استهبان و شیراز در غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار NaCl نسبت به شاهد به‌ترتیب ۹۹/۶۲، ۹۹/۵۸، ۹۹/۶۹ و ۹۵/۷۸ درصد بود (جدول ۵ و شکل ۲). این میزان کاهش، در سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه ۱۰۰ درصد بود (جدول ۳).

در مرحله گیاهچه، طول ساقه ژنوتیپ‌های رازیانه آذربایجان شرقی، یزد، ایستگاه استهبان و شیراز در غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار NaCl نسبت به شاهد به‌ترتیب ۹۵/۱۸، ۹۹/۸۵، ۹۹/۶۳ و ۹۶/۷۵ درصد کاهش یافت (جدول ۳).

میزان کاهش شاخص بنیه بذر ژنوتیپ‌های رازیانه آذربایجان شرقی، یزد، ایستگاه استهبان و شیراز در غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار NaCl نسبت به شاهد، به‌ترتیب ۹۹/۹۶، ۹۹/۸۷، ۹۹/۹ و ۹۷/۹ درصد بود (جدول ۳).

بیشترین و کمترین وزن تر ریشه در مرحله گیاهچه، به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ رازیانه ایستگاه استهبان با ۱۰/۸۸ میلی‌گرم در بوته در تیمار شاهد و در ژنوتیپ‌های رازیانه اصفهان، اردبیل، اروپایی و تهران برابر صفر میلی‌گرم در غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار NaCl بود (جدول ۳).

در مرحله گیاهچه، بیشترین و کمترین وزن خشک ریشه در ژنوتیپ رازیانه اصفهان به‌ترتیب مربوط به تیمار شاهد با ۰/۶۵ میلی‌گرم در بوته و غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار NaCl برابر صفر میلی‌گرم بود (جدول ۳).

رازیانه اردبیل در تیمار شاهد با ۴۵/۶۹ میلی‌گرم در بوته و در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار شوری با صفر میلی‌گرم به‌ترتیب بیشترین و کمترین وزن تر ساقه را در مرحله گیاهچه دارا بود (جدول ۳).

در مرحله گیاهچه، کاهش وزن خشک ساقه با افزایش غلظت شوری در تیمارهای مختلف مشاهده شد. میزان کاهش وزن خشک ساقه ژنوتیپ‌های رازیانه آذربایجان شرقی، ایستگاه استهبان و شیراز در غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار NaCl نسبت به شاهد، به‌ترتیب ۹۹/۲۹، ۹۹/۶۸ و ۹۵/۱۵ درصد بود (جدول ۳).

نسبت وزنی اندام هوایی به ریشه در مرحله گیاهچه با افزایش غلظت شوری کاهش، یافت به‌طوری‌که کمترین کاهش در ژنوتیپ رازیانه شیراز به میزان ۳۱/۷۸ درصد مشاهده شد (جدول ۳).

در مرحله گیاهچه، میزان کاهش زیست توده کل ژنوتیپ‌های رازیانه آذربایجان شرقی، یزد، ایستگاه استهبان و شیراز در غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار NaCl نسبت به شاهد، به‌ترتیب ۹۹/۱، ۹۹/۵۵، ۹۹/۴۷ و ۹۵/۱ درصد بود (جدول ۳).

آزمایش اثر تنش شوری بر رازیانه در مرحله گیاه کامل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در مرحله گیاه کامل، بین ژنوتیپ‌های مختلف رازیانه تحت تنش شوری در کلیه صفات مورد مطالعه، اختلاف معنی‌داری ($p \leq$ ۰/۰۱) وجود داشت (جدول ۲). با افزایش غلظت NaCl در این مرحله، طول ریشه، طول ساقه، وزن تر و خشک ریشه و ساقه، نسبت اندام هوایی به ریشه و زیست توده کل رازیانه کاهش یافت (شکلهای ۱ و ۲، جدول ۴).

شکل ۱- مقایسه طول ساقه رازیانه، در غلظتهای مختلف شوری با شاهد، در مرحله گیاه کامل

شکل ۲- مقایسه طول ریشه رازیانه، در غلظتهای مختلف شوری با شاهد، در مرحله گیاه کامل

کاهش طول ریشه ژنوتیپ‌های رازیانه اصفهان، یزد، ایستگاه استهبان و شیراز در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار NaCl نسبت به شاهد، به‌ترتیب ۹۷/۸، ۹۱/۲۳، ۹۳/۱ و ۹٤/۳۵ درصد بود (جدول ٤). این میزان کاهش در ژنوتیپ‌های اردبیل و آذربایجان شرقی ۱۰۰ درصد بود (جدول ٤).

در مرحله گیاه کامل، طول ساقه ژنوتیپ‌های رازیانه اصفهان، یزد، ایستگاه استهبان و شیراز در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار NaCl نسبت به شاهد، به‌ترتیب ۹۷/۳، ۸٤/۹۲، ۹۳/۸۳ و ۹۱/٤۲ درصد کاهش یافت (جدول ٤).

بیشترین و کمترین وزن تر ریشه در مرحله گیاه کامل، به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ رازیانه شیراز با ۸۳/۵۲ میلی‌گرم در بوته در تیمار شاهد و ژنوتیپ‌های رازیانه اردبیل و آذربایجان شرقی برابر صفر میلی‌گرم در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار NaCl بود (جدول ٤).

در مرحله گیاه کامل، بیشترین و کمترین وزن خشک ریشه به‌ترتیب در ژنوتیپ رازیانه یزد مربوط به تیمار شاهد با ۳/۳ میلی‌گرم در بوته و ژنوتیپ‌های رازیانه اردبیل و آذربایجان شرقی برابر صفر میلی‌گرم در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار NaCl بود (جدول ٤).

رازیانه شیراز در تیمار شاهد با ۳٤٤/٤ میلی‌گرم وزن تر ساقه و ژنوتیپ‌های رازیانه اردبیل و آذربایجان شرقی در تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار NaCl با صفر میلی‌گرم به‌ترتیب بیشترین و کمترین وزن تر ساقه را در مرحله گیاه کامل دارا بودند (جدول ٤).

در مرحله گیاه کامل، کاهش وزن خشک ساقه با افزایش غلظت شوری در ژنوتیپ‌های مختلف معنی‌دار بود. میزان کاهش وزن خشک ساقه ژنوتیپ‌های رازیانه اصفهان، یزد، ایستگاه استهبان و شیراز در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار NaCl نسبت به شاهد، به‌ترتیب ۹۸/۲، ۹۰/۸۳، ۸۷/٦۲ و ۹۳/۹۸ درصد بود (جدول ٤).

نسبت اندام هوایی به ریشه در مرحله گیاه کامل با افزایش غلظت شوری کاهش یافت، به‌طوری‌که این میزان کاهش در ژنوتیپ رازیانه یزد به میزان ۳۱ درصد بود (جدول ٤).

در مرحله گیاه کامل، میزان کاهش زیست توده کل ژنوتیپ‌های رازیانه اصفهان، یزد، ایستگاه استهبان و شیراز در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار NaCl نسبت به شاهد، به‌ترتیب ۹۷/۹۱، ۸۹/۱۹، ۸۷/٦۲ و ۹۳/۸۳ درصد بود (جدول ٤).

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در هشت ژنوتیپ رازیانه تحت شرایط تنش شوری (۰، ۵۰، ۱۰۰ و۱۵۰ میلی‌مولار NaCl)، در مرحله گیاهچه

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	طول ریشه (میلی‌متر)	طول ساقه (میلی‌متر)	شاخص بنیه بذر	وزن تر ریشه (میلی‌گرم در بوته)	وزن خشک ریشه (میلی‌گرم در بوته)	وزن تر ساقه (میلی‌گرم در بوته)	وزن خشک ساقه (میلی‌گرم در بوته)	نسبت وزنی اندام هوایی به ریشه	زیست توده (میلی‌گرم در بوته)
تیمار	۳۱	۲۲۳۲/۵۷٤**	۲٦٤۷/۲۷٦**	۲۲٤۷/۱۲۵**	٦٤۷۵/٦۲۷**	٤٤/۸۸۵**	۰/۱۸۲**	۷۷۲/٦٤٤**	۳/٤۷۳**	۱۱/۹٤٤**	۵/۱۳٦**
ژنوتیپ	۷	۱۳٦۰/٤۲٦**	٦٦۳/۲۷۲**	٤٤۷/۸۳٤**	٤۲۷۰/٤٤۷**	۷/۵۳۵**	۰/۰۱٦n.s	۲۲۷/٤۰٤**	۱/۰۳۱**	۱۱/۳٦۹**	۱/۲٤٤**
شوری	۳	۱٦۷۵٤/۲۲۷**	۲۲۹۹٦/۰۸۵**	۲۰۳۸۱/۱۸۹**	٤۲۰۸٤/۹۰۳**	۳۹۹/٤۸۱**	۱/٦۹۳**	٦٤۷۵/۳۸۸**	۲۹/۷۰٦**	٦۲/۲٦۲**	٤۵/٤۸۲**
ژنوتیپ*شوری	۲۱	٤٤۸/۷٦۹**	٤۰۱/٦۳۸**	۲٤٦/۳۰۸**	۲۱۲۳/٦٤۸**	٦/٦۷۸**	۰/۰۲۱n.s	۱۳۹/۷۱۳**	۰/۵٤**	٤/۹٤۸**	۰/٦۷**
خطای آزمایشی	۹٦	۵۸/۲۷۸	٤۸/۸۳۱	۳۲/۰۱	۱۱٦/۲۵٦	۱/٤۲۳	۰/۰۱٦	۱۸/۳٤۷	۰/۰۸٤	۱/۷۸۸	۰/۱۱٤

**: معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ و n.s در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در شش ژنوتیپ رازیانه تحت شرایط تنش شوری (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار NaCl)، در مرحله گیاه کامل

منابع تغییرات	درجه آزادی	طول ریشه (میلی‌متر)	طول ساقه (میلی‌متر)	وزن تر ریشه (میلی‌گرم در بوته)	وزن خشک ریشه (میلی‌گرم در بوته)	وزن تر ساقه (میلی‌گرم در بوته)	وزن خشک ساقه (میلی‌گرم در بوته)	نسبت وزنی اندام هوایی به ریشه	زیست توده (میلی‌گرم در بوته)
تیمار	۲۹	۱٦۸۸۰/۱۳۲**	۹٦۳۱/۱۹**	۱۹۹۳/٤۳۳**	۳/٤٤۵**	۲۹۹٤۹/۷٦**	۱٤۹/٤٤۳**	۱۵/۱۸۷**	۱۹٤/۷۲٤**
ژنوتیپ	۵	۷۲٤۲/۵۷۷**	۲۸۸۹/۹٦٦**	۳۸٦٦/۸۲۹**	٤/۱۳٦**	۲۹۷۱۳/۹۳۸**	۱۸۹/۷۹۲**	۱۵/۲۱۱n.s	۲٤۸/۱٤٦**
شوری	٤	۱۰۵۹۷۸/۸۹٦**	٦۲۳۳۷/۰۸٤**	٦۹۷۸/۲٤۵**	۱٦/۵۸۱**	۱٤۹۵۵۳/۷۹۹**	٦۹۰/۱۸٤**	٤۷/۵٦٦**	۹۱٦/٦۷۳**
ژنوتیپ*شوری	۲۰	۱٤٦۹/۷٦۸*	۷۷۵/۳۱۷**	۵۲۸/۱۲۲**	۰/٦٤۵n.s	٦۰۸۷/۹۰۸**	۳۱/۲۰۸n.s	۸/۷۰۵n.s	۳٦/۹۷۹n.s
خطای آزمایشی	٦۰	٦۷۸/۳۵۱	۳۲۵/۵۸۷	۲۲۷/۷۱٤	۰/٤٤۲	۱٦۸۸/۹۳	۱۸/۹۹۵	۷/٤٦۵	۲۳/۲۷٤

*، **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱، n.s در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین سطوح مختلف شوری (میلی‌مولار NaCl) ژنوتیپ‌های رازیانه، در مرحله گیاهچه (دانکن ۰/۰۵= α)

ژنوتیپ	غلظت NaCl (میلی‌مولار)	درصد جوانه‌زنی	طول ریشه (میلی‌متر)	طول ساقه (میلی‌متر)	شاخص بنیه بذر	وزن تر ریشه (میلی‌گرم در بوته)	وزن خشک ریشه (میلی‌گرم در بوته)	وزن تر ساقه (میلی‌گرم در بوته)	وزن خشک ساقه (میلی‌گرم در بوته)	نسبت وزنی اندام هوایی به ریشه	زیست توده (میلی‌گرم در بوته)
اصفهان	۰	۸۵abc	۵۸/۷۳c	۵۸/۲۸b	۱۰۰/۶۴b	۶/۶۳de	۰/۶۵a	۲۷/۷۲b	۱/۶۳bcd	۳/۵۱bcdef	۲/۲۸b
	۵۰	۷۲/۸۶cde	۲۶/۵۳hi	۱۷/۸gh	۳۴/۲f	۳/۹۵f	۰/۲۷efghi	۹/۵۲fgh	۰/۷f	۲/۵۶def	۰/۹۷ef
	۱۰۰	۷/۱۴k	۱/۳۴jk	۰/۷۱j	۰/۲۱h	۰/۳۱g	۰/۰۳k	۰/۳۸i	۰/۰۴g	۲/۰۱efgh	۰/۰۷i
	۱۵۰	۰l	۰k	۰j	۰h	۰g	۰k	۰i	۰g	۰h	۰i
اردبیل	۰	۷۶/۲۵bcde	۸۴/۴۱a	۷۶/۳۶a	۱۲۲/۷۵a	۱۰/۶۵ab	۰/۶۱ab	۴۵/۶۹a	۲/۹۵a	۴/۸۴abcd	۳/۵۶a
	۵۰	۷۸/۸۱abcd	۴۵/۲۷def	۳۵/۲۷cde	۶۳/۲۱cd	۷/۰۹de	۰/۴۳bcde	۱۸/۷۷cde	۱/۳۹cde	۳/۲۵bcdef	۱/۸۱bcd
	۱۰۰	۵۹/۰۲efg	۱۲/۱j	۸/۰۵ij	۱۲/۲۵gh	۱/۵۸g	۰/۱۴hijk	۳/۸۳hi	۰/۳۴fg	۲/۴۴ef	۰/۴۸fghi
	۱۵۰	۰l	۰k	۰j	۰h	۰g	۰k	۰i	۰g	۰h	۰i
آذربایجان شرقی	۰	۹۲/۵a	۷۱/۵۴b	۷۰/۵a	۱۳۱/۳۱a	۷/۶۴cd	۰/۵۱abc	۴۳/۳۶a	۲/۸۱a	۵/۴۶ab	۳/۳۲a
	۵۰	۸۹/۵abc	۴۰/۹۸efg	۲۹/۶۹ef	۶۳/۳۵cd	۴/۳f	۰/۳۳cdefgh	۱۶/۰۸de	۱/۲۷cde	۳/۸۸abcdef	۱/۶cd
	۱۰۰	۴۰/۵۴ghi	۶/۷۷jk	۷/۲ij	۶/۰۵h	۱/۰۳g	۰/۰۹ijk	۴/۰۶hi	۰/۳۶fg	۳/۸۶abcdef	۰/۴۶fghi
	۱۵۰	۶/۷۶k	۰/۲۷k	۰/۳۴j	۰/۰۵h	۰/۰۴g	۰/۰۱k	۰/۱۳i	۰/۰۲g	۳/۱۵cdef	۰/۰۳i
اروپایی	۰	۳۷/۵hij	۵۲/۲۱cd	۴۱/۳۱c	۳۶/۹۹ef	۸/۹۹bc	۰/۴۵abcde	۲۳/۹۸bc	۱/۷۱bc	۳/۸۱abcdef	۲/۱۶b
	۵۰	۴۰/۸۳ghi	۲۳/۲۷i	۱۱/۸hi	۱۳/۵۸gh	۴/۰۸f	۰/۲۵efghij	۶/۵۹ghi	۰/۶۱f	۲/۲۹efg	۰/۸۵fg
	۱۰۰	۲۰j	۴/۶۷jk	۲j	۱/۴۳h	۰/۸۹g	۰/۰۶jk	۱/۳۳i	۰/۱۴g	۲/۳۸ef	۰/۲hi
	۱۵۰	l۰	k۰	۰j	۰h	۰g	۰k	۰i	۰g	۰h	۰i

وجود یک حرف مشترک بین دو عدد نشانه معنی‌دار نبودن آن دو عدد با یکدیگر می‌باشد.

ادامه جدول ۳- مقایسه میانگین سطوح مختلف شوری (میلی‌مولار NaCl) ژنوتیپ‌های رازیانه، در مرحله گیاهچه (دانکن ۰/۰۵= α)

ژنوتیپ	غلظت NaCl (میلی‌مولار)	درصد جوانه‌زنی	طول ریشه (میلی‌متر)	طول ساقه (میلی‌متر)	شاخص بنیه بذر	وزن تر ریشه (میلی‌گرم در بوته)	وزن خشک ریشه (میلی‌گرم در بوته)	وزن تر ساقه (میلی‌گرم در بوته)	وزن خشک ساقه (میلی‌گرم در بوته)	نسبت وزنی اندام هوایی به ریشه	زیست توده (میلی‌گرم در بوته)
تهران	۰	hij۳۵	٤۰/۲۳efg	۳۷/۰۹cde	۲۷/۲۵fg	۵/٦۱ef	۰/۵abcd	۱۵/٦۷def	۱/۲۳de	۳/۵۹bcdef	۱/۷۳bcd
	۵۰	۵۰fgh	۳۷/۰٤fgh	۲۵/۷۲fg	۳۱/۰۳f	٦/۳۸de	۰/۲۹defghi	۱۲/۷۳efg	۱/۱۲e	٤/۷۳abcd	۱/٤۱de
	۱۰۰	٤٦/٤۳fgh	۹/۳۹jk	٦/٤۳ij	۱۰/۲۱h	۱/۵۲g	۰/۱۱ijk	۳/۲٤hi	۰/۲٤fg	۱/۹fgh	۰/۳۵ghi
	۱۵۰	۰l	۰k	۰j	۰h	۰g	۰k	۰i	۰g	۰h	۰i
یزد	۰	۳۲/۰hij	٤۵/٦۳def	۵۲/۰٤b	۳۰/۲۳f	۵/۵۷ef	۰/۳۵cdefg	۲۸/۷٤b	۱/۸۹b	۵/۲abc	۲/۲٤b
	۵۰	٤۳/۷۵fghi	٤۰/۷۸efg	۲۸/۳۲ef	۳۰/۱f	۵/۲۲ef	۰/۳٦cdef	۱۷/٤۲cde	۱/۲de	۳/۳٤bcdef	۱/۵٦cd
	۱۰۰	۳۵/٤۸hij	۱۱/۲٤jk	٦/٦۲ij	۵/۹۱h	۱/٦۲g	۰/۱۵ghijk	۳/۳۱hi	۰/۲۵fg	۲/۰٤efgh	۰/٤ghi
	۱۵۰	۳/۸۵kl	۰/۱۹k	۰/۰۸j	۰/۰٤h	۰/۰۲g	۰/۰۱k	۰/۰۳i	۰g	۰/۱۲h	۰/۰۱i
ایستگاه استهبان	۰	۸۵abc	۷۹/٦۹ab	٦۸/۱٦a	۱۲٦/۲۹a	۱۰/۸۸a	۰/٦۵a	٤٤/٤۳a	۳/۱٤a	۵abc	۳/۷۹a
	۵۰	۹۰/۸۱ab	٤۸/٤۵cde	۳٤/۵۲cdef	۷۵/۲۵c	٤/۰۷f	۰/۳۸cdef	۱۸/۱۹cde	۱/۵۱bcde	۳/۹۵abcdef	۱/۸۹bcd
	۱۰۰	۳۸/۲٤hij	٤/۵jk	۳/۱۵ij	۳/۱۷h	۰/۲۸g	۰/۰۵jk	۱/۰۹i	۰/۱۳g	۳/۲۱bcdef	۰/۱۸hi
	۱۵۰	۵/۸۸kl	۰/۲۵k	۰/۲۵j	۰/۱۲h	۰/۰۲g	۰/۰۱k	۰/۰٤i	۰/۰۱g	۰/۲۱gh	۰/۰۲i
شیراز	۰	٦۲/۵def	۲۹/۸۹ghi	٤۰/٦٤cd	٤٤/۳٦ef	۵/۳۳ef	۰/۳۹cdef	۱۹/۸۲cd	۱/٦۵bcd	٤/۲۸abcde	۲/۰٤bc
	۵۰	۷٦/۲۵bcde	۳۵/۲٦fgh	۳۱/۹٦def	۵۱/۲۹de	٤/۲۳f	۰/۳۹cdef	۱۷/۷۹cde	۱/۵bcde	۳/۹abcdef	۱/۸۹bcd
	۱۰۰	۵۲fgh	٦/۷٦jk	٦ij	۷/۰۷h	۱/۰۸g	۰/۱۸fghijk	۲/۸۳hi	۰/٤٤fg	۳/۰۳cdef	۰/٦۳fgh
	۱۵۰	۲٦ij	۱/۲٦jk	۱/۳۲j	۰/۹۳h	۰/۱۱g	۰/۰۱k	۰/۳۵i	۰/۰۸g	۲/۹۲def	۰/۱hi

وجود یک حرف مشترک بین دو عدد، نشانه معنی‌دار نبودن آن دو عدد با یکدیگر می‌باشد.

جدول ٤- مقایسه میانگین سطوح مختلف شوری (میلی‌مولار NaCl) ژنوتیپ‌های رازیانه، در مرحله گیاه کامل (دانکن ۰/۰۵ = α)

ژنوتیپ	غلظت NaCl (میلی‌مولار)	طول ریشه (میلی‌متر)	طول ساقه (میلی‌متر)	وزن تر ریشه (میلی‌گرم در بوته)	وزن خشک ریشه (میلی‌گرم در بوته)	وزن تر ساقه (میلی‌گرم در بوته)	وزن خشک ساقه (میلی‌گرم در بوته)	نسبت وزنی اندام هوایی به ریشه	زیست توده (میلی‌گرم در بوته)
اصفهان	۰	۱۷۹/۰۵bc	۱۵۱/٦۲ab	۲۲/۰۱defg	۱/٤cdefgh	۱۵۸/٦۸cde	۱۳/۹bcde	۹/۵٤a	۱۵/۳bcd
	۵۰	۱٤۲/۹۵cd	۱۱۹/٤۸bc	۲۵/۵۲defg	۱/۷۳bcdef	۱۱٤/۷۲defg	۹/۷٦defghi	۵/۷۳abcd	۱۱/٤۹cdefg
	۱۰۰	۱۲۹/۹۸cde	۱۰٤/۲٦cd	۲۷/۰۲defg	۱/۹٤bcdef	۹۲/۳۳defgh	۹/۵۵defghi	٤/۵۷abcde	۱۱/۵cdefg
	۱۵۰	۸۵/۱۷efgh	۸۳/۳۸def	۲۲/۷٦defg	۱/۸bcdef	٦۷/۵fghij	٦/۳۹efghijk	۳/۵۲bcde	۸/۱۹defghi
	۲۰۰	۳/۹۳i	٤/۱i	۰/٤g	۰/۰٦i	۲/۲۸j	۰/۲۵jk	۲/۷۹cde	۰/۳۲i
اردبیل	۰	۲۰۱/۰٦ab	۱۵۸/۷۳a	۳۳/۲۱def	۱/۸۸bcdef	۱٦٤/۱۹cd	۱۱/۹۳cdef	٦/۲۹abcd	۱۳/۸bcde
	۵۰	۱۲۵/۰٤def	۹۸/۵cde	۱۸/٦۳efg	۱/۱۹efghi	۷۹/۳۵fghij	٦/۲٤efghijk	۵/۲۳abcde	۷/٤۳defghi
	۱۰۰	٤۳/۸۳hi	۳۹/۵۲gh	۸/٦۲efg	۰/٦٦fghi	۲٦/۷۳hij	۲/۷۵ghijk	٤/۳۵abcde	۳/٤۱fghi
	۱۵۰	۱۱/٦i	۱۵hi	۱/۸۷g	۰/۱۹hi	۸/۸۸ij	۰/۸۱jk	۱/٤٤de	۱i
	۲۰۰	۰i	۰i	۰g	۰i	۰j	۰k	۰e	۰i
آذربایجان شرقی	۰	۱٤۹/۱۸cd	۱۵۰/۲۱ab	۱٦/۸۹efg	۲/۵۲abcd	۱۲۲/۲۵def	۸/۱۸defghijk	۳/٤bcde	۱۰/۷cdefgh
	۵۰	۱۷٦/۹bc	۱۵۹/۱a	۱۸efg	۰/۷۹bcdef	۱۲۰/۸۳def	۸/٦۸defghij	٤/۸۸abcde	۱۰/٤۷cdefgh
	۱۰۰	۹٤/۳۳efg	۷۹/۸۷def	۱۲/۰٤efg	۱/۲۳defghi	۵۳/۳۵fghij	۱۰/۰۵defgh	۸/۳۱ab	۱۱/۲۸cdefg
	۱۵۰	٦۷/٤٤gh	٦۵/۹efg	٤fg	۱/۱٤efghi	۳۷/۵۷ghij	۳/۹۲fghijk	۳/٤۱bcde	۵/۰٦efghi
	۲۰۰	۰i	۰i	۰G	۰i	۰J	۰k	۰e	۰i

وجود یک حرف مشترک بین دو عدد، نشانه معنی‌دار نبودن آن دو عدد با یکدیگر می‌باشد.

ادامه جدول ٤- مقایسه میانگین سطوح مختلف شوری (میلی‌مولار NaCl) ژنوتیپ‌های رازیانه، در مرحله گیاه کامل (دانکن ۰/۰۵ = α)

ژنوتیپ	غلظت NaCl (میلی‌مولار)	طول ریشه (میلی‌متر)	طول ساقه (میلی‌متر)	وزن تر ریشه (میلی‌گرم در بوته)	وزن خشک ریشه (میلی‌گرم در بوته)	وزن تر ساقه (میلی‌گرم در بوته)	وزن خشک ساقه (میلی‌گرم در بوته)	نسبت وزنی اندام هوایی به ریشه	زیست توده (میلی‌گرم در بوته)
یزد	۰	۲۲۹/۳a	۱٦٦/۲a	۷۸/۳a	۳/۳a	۳۳۸/۱a	۲۳/٦۷a	۷/۳٦abc	۲٦/۹۷a
	۵۰	۲۰۳ab	۱٤۵/۵ab	٦۷/۰۳ab	۳/۳۳a	۲۷٤/۷۳ab	۲۰/۸ab	٦/٤abcd	۲٤/۱۳a
	۱۰۰	۱۲٤/٤def	۹۹/٤۳cde	۳۷/٦۷cde	۱/۹۷bcdef	۱۱۵/۰۳defg	۱۰/۹cdefg	۵/۹۳abcd	۱۲/۸۷cdef
	۱۵۰	۷۱gh	٦۱/۵۷fg	۲۰/۳defg	۱/۵cdefg	۵۳/۵۳fghij	۷/٦defghijk	۵/۰۸abcde	۹/۱defghi
	۲۰۰	۲۰/۱i	۲۵/۰۷hi	۳/۷۷fg	۰/٤۳ghi	۱۵hij	۲/۱۷hijk	۵/۰۸abcde	۲/٦ghi
ایستگاه استهبان	۰	۲٤٤/۸ab	۱۵۰/۳۵ab	٦۱/۰۲abc	۲/۸۲ab	۲٤۱/۹۵b	۱٦/۱۵abcd	۵/۸۲abcd	۱۸/۹۷abc
	۵۰	۲۰۹/۱۳ab	۱۵۲/۹۷ab	۸۰/۰۷a	۳/۳۳a	۲۵٤/۱b	۱۸/۵۳abc	۵/٦abcd	۲۱/۸۷ab
	۱۰۰	۱٤۳/۳۷cd	۱۰۲/۰۲cd	٤۹/۰۷bcd	۲/۲۸abcde	۱۲۵/۰۳def	۱۱/۱۳cdefg	٤/۹٦abcde	۱۳/٤۲bcde
	۱۵۰	۹۱/٦۸efgh	۸۳/۰۳def	۲۹/۱۷defg	۱/۸۸bcdef	۸٤/۹efghi	۸/۷۷defghij	٤/٦۵abcde	۱۰/٦۵cdefgh
	۲۰۰	۱٦/۹۲i	۹/۲۷hi	۳/۲g	۰/۰۵i	۸/۷ij	۲hijk	٤/٤٤abcde	۲/۰۵ghi
شیراز	۰	۲۱۹/۳ab	۱۷۳/۷۹a	۸۳/۵۲a	۳/٤۸a	۳٤٤/۳۹a	۲۳/۰۹a	٦/۷۹abcd	۲٦/۵۸a
	۵۰	۱٤۷/۸۵cd	۱۲٤/٦۱bc	٦۲/۳۹abc	۲/۵۸abc	۲۱۳/۹۷bc	۲۱/۷۹ab	۹/٦۹a	۲٤/۳٦a
	۱۰۰	۸۸/۳۳efgh	۷۵/٤۸def	۳۷/۰۳cde	۱/۸۵bcdef	۷۸/۵۸fghij	۷/٦۱efghijk	۳/۸۱bcde	۹/٤۵defghi
	۱۵۰	۷۸fgh	۷٦/۸۲def	۲٦/٤۵defg	۱/۵۵bcdefg	٦۸/۰۳fghij	۷/۸۲defghijk	۵/۰۷abcde	۹/۳٦defghi
	۲۰۰	۱۲/۳۹i	۱٤/۹۱hi	۲/٦٤g	۰/۲٤hi	۸/٦۷ij	۱/۳۹ijk	۳/۹bcde	۱/٦٤hi

وجود یک حرف مشترک بین دو عدد، نشانه معنی‌دار نبودن آن دو عدد با یکدیگر می‌باشد.

بحث

در تمامی ژنوتیپ‌های رازیانه مورد مطالعه با افزایش غلظت شوری، درصد جوانه‌زنی کاهش یافت. طی تحقیقاتی که بر روی گیاه اسفرزه (*Plantago ovata*) انجام شد، افزایش غلظت شوری آب، سبب کاهش درصد جوانه‌زنی و عملکرد نهایی در گیاه یاد شده گردید (Singh & Pal, 2001). کاهش جوانه‌زنی در گیاهان در محیط‌های شور می‌تواند بدلیل کاهش جذب، به علت بر هم‌خوردن تعادل اسمزی و نیز به علت ایجاد سمیت یونی و در نهایت به علت ایجاد اختلال جذبی عناصر ایجاد گردد که این مطلب توسط تحقیقاتی که Safarnejad و همکاران (۱۹۹۶) بر روی یونجه انجام دادند و نیز تحقیقات Penuelas و همکاران (۱۹۹۷) و Shalhevet (۱۹۹۳) تأیید گردید.

طول ریشه رازیانه در مراحل گیاهچه و گیاه کامل با افزایش غلظت شوری تقلیل یافت. کاهش رشدی گیاهان تحت شرایط تنش شوری می‌تواند به دلیل کاهش ذخایر انرژی گیاه باشد که این امر از طریق کاهش و اختلال فعالیتهای زیستی و متابولیسمی در گیاهان مختلف نظیر گندم، جو، لوبیا و پنبه گزارش شده است (Pessarakli *et al*., 1991، Penuelas *et al*., 1997، Kerepesi & Galiba, 2000 و پوستینی و زهتاب سلمانی، ۱۳۷۶).

اثر تنش شوری بر طول ساقه در ژنوتیپهای مختلف رازیانه نشان داد که با افزایش غلظت شوری، طول ساقه در تمام گیاهان مورد مطالعه کاهش یافت. کاهش شدید رشد اندامهای هوایی در گیاهان به دلیل قرارگیری آنها در شرایط تنش شوری، می‌تواند صدمات جبران‌ناپذیری به عملکرد نهایی گیاه وارد نماید (Shannon, 1986). مطالعات انجام گرفته نیز حاکی از کاهش رشد گندم و همچنین کاهش طول ساقه و اندام هوایی گندم و جو در اثر تنش شوری بود (Penuelas *et al*., 1997، Pessarakli *et al*., 1991 و پوستینی و زهتاب سلمانی، ۱۳۷۶). اختلال رشدی و از بین رفتن گیاهان در شرایط تنش شوری می‌تواند به دلیل کاهش و یا از بین رفتن سطح فتوسنتز کننده در اثر قرار گرفتن در معرض تنش شوری حادث شود (Shannon, 1986 و پوستینی، ۱۳۷۳).

وزن تر و خشک ریشه در کلیه ژنوتیپ‌های رازیانه با افزایش مقدار NaCl رابطه معکوس داشت به‌طوری‌که در کلیه مطالعات، نتایج حاکی از کاهش شدید وزن تر و خشک ریشه بود. از جمله دلایلی که می‌توان برای این کاهش وزنی در گیاهان مورد مطالعه بیان نمود، این است که از بین رفتن تعادل یونی و تعادل اسمزی از جمله آثار مخرب شوری به حساب می‌آید و ریشه اولین اندامی است که به دلیل جذب عناصر به‌طور مستقیم با تنش مواجه می‌گردد (Shannon, 1986; Penuelas *et al*., 1997).

افزایش میزان NaCl از تیمار شاهد تا غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار سبب کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی در ژنوتیپ‌های مختلف رازیانه در مرحله گیاهچه گردید. سمیت یونی حاصل از افزایش عناصر زیان‌بار که سبب اختلال در کلیه فعالیتهای زیستی و متابولیسمی گیاهان می‌شود، در نهایت منجر به از بین رفتن و یا کاهش شدید اندام هوایی می‌شود (Gorham, 1996). تنش شوری ایجاد شده توسط غلظت‌های بالای NaCl موجب از بین رفتن تعادل اسمزی و در نتیجه آب کشیدگی بافتها و از بین رفتن آماس سلولی گردیده است (Gorham, 1996; Penuelas *et al*., 1997) و همان‌طور که در غلظتهای بالا نیز مشاهده می‌شود منجر به پژمردگی اندامهای هوایی شد. مصرف بیش از حد انرژی جهت تولید برخی از مواد آلی که نقش پایدارسازی تعادل اسمزی را با جذب یونها انجام می‌دهند از دیگر عوامل کاهش وزن اندامهای هوایی محسوب می‌شود (Shannon,

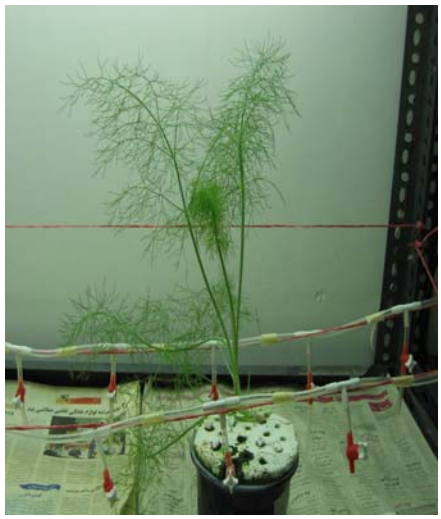
1986; Singh & Pal, 2001; Kerepesi & Galiba, 2000; Munns *et al*., 1982; Niu *et al*., 1995).

در ژنوتیپ‌های مختلف رازیانه با افزایش شوری نسبت اندام هوایی به ریشه کاهش یافت. کاهش نسبت اندام هوایی به ریشه تحت شرایط تنش شوری نشان می‌دهد که اندامهای هوایی نسبت به ریشه در برابر افزایش غلظت NaCl حساستر می‌باشند که این امر می‌تواند به این دلیل باشد که ریشه می‌تواند با برخی از ساز و کار نظیر چوب پنبه‌ای شدن لایه‌های زیر سلول اپیدرم و یا ذخیره‌سازی نمک در پوست ریشه در برابر تنش شوری مقاومت کند (Chipa & Lal, 1995). از طرف دیگر ریزش برگها در راستای دفع نمک (نمک بیش از حد گیاه که سبب سمیت ویژه یونها و بر هم خوردن تنظیم اسمزی گیاه می‌شود) می‌تواند از دلایل دیگر کاهش شدید نسبت اندامهای هوایی باشد (Gorham, 1996). علاوه بر این، تنش کمبود آب و یا تنش خشکی از آثار ثانویه تنش شوری در گیاه محسوب گردیده و برای جذب بیشتر آب، رشد ریشه افزایش می‌یابد و همچنین می‌تواند سبب کاهش سریع تعداد برگها و یا سطح فتوسنتز کننده در گیاه شود.

کل ماده خشک تجمع یافته و یا زیست‌توده کل در رازیانه در مراحل گیاهچه و گیاه کامل در اثر افزایش غلظت NaCl کاهش یافت (جدول ۳ و جدول ٤). کاهش سطوح فتوسنتز کننده و مصرف بیش از حد انرژی در جهت کنترل و کاهش اثر تنش شوری افزایش غلظت NaCl برای برقراری تعادل یونی و اسمزی به منظور جلوگیری از سمیت یون‌ها و نیز حفظ آماس سلولی می‌تواند از علل عمده کاهش عملکرد ماده خشک در بسیاری از گیاهان نظیر سیاه‌دانه (صفرنژاد و همکاران، ۱۳۸٦a)، اسفرزه (صفرنژاد و همکاران، ۱۳۸٦b)، زیره سبز (سلامی و همکاران، ۱۳۸۵)، گندم و جو (Kerepesi & Galiba, 2000) باشد. با توجه به دلایل یاد شده برای کاهش وزن خشک ریشه و اندام هوایی که در نهایت منجر به کاهش زیست توده کل می‌گردد، بنابراین اندام‌زایی، تولید سطح برگ بیشتر با افزایش تعداد برگ، جلوگیری از برهم خوردن تنظیم اسمزی و یونی و همچنین ممانعت از اختلالهای متابولیسمی در هنگام تنش توسط گیاه، می‌تواند راه حلی در جهت ایجاد مقاومت به تنش شوری و نیز افزایش عملکرد نهایی و زیست‌توده کل تلقی گردد (Gorham, 1996؛ Penuelas *et al*., 1997؛ Munns *et al*., 1982؛ پوستینی و زهتاب سلمانی، ۱۳۷٦؛ پوستینی، ۱۳۷۳).

به‌طورکلی، نتایج بدست آمده حاکی از اختلاف معنی‌دار ($p\leq$ ۰/۰۵) بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه رازیانه از نظر تحمل آنها به شوری (NaCl) می‌باشد. سطح تغییرات نشان دهنده کاهش شاخص‌های رشد با افزایش تنش شوری بود. البته این میزان کاهش در ژنوتیپ‌های مختلف رازیانه متفاوت بود و به‌ترتیب ژنوتیپ شیراز کمترین درصد تغییرات را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها در برابر افزایش تنش شوری در مقایسه با شاهد در مرحله گیاهچه نشان داد ($p \leq$ ۰/۰۱) که نمایانگر تحمل بیشتر این ژنوتیپ در برابر تنش شوری بود. ژنوتیپ رازیانه اصفهان با توجه به کاهش معنی‌دار (۰/۰۱ $p\leq$) کلیه شاخص‌ها به‌عنوان ژنوتیپ حساس در برابر تنش شوری بود. اگرچه به علت تجمع NaCl از وزن خشک ریشه و ساقه بالایی برخوردار بود. در مرحله گیاه کامل، نتایج به دست آمده حاکی از تحمل بیشتر ژنوتیپ رازیانه یزد نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها در برابر افزایش غلظت شوری بود. ژنوتیپ رازیانه یزد کمترین درصد تغییرات را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها در برابر افزایش تنش شوری در مقایسه با شاهد در مرحله گیاه کامل نشان داد. همچنین، ژنوتیپ رازیانه یزد توانست تا سطح ۲۰۰ میلی‌مولار NaCl در مرحله گیاه کامل

تحمل نشان دهد (شکل ۳) که از گیاهان باقیمانده در سطح ۲۰۰ میلی‌مولار NaCl بذر تولید کند و جهت آزمایشهای بعدی مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۳- گیاه مقاوم به شوری رازیانه (در سطح ۲۰۰ میلی‌مولار NaCl) تحت شرایط آب‌کشت

منابع مورد استفاده

آخوندی، م.، صفرنژاد، ع. و لاهوتی، م.، ۱۳۸۳. بررسی شاخص‌های مورفولوژی و انتخاب ژنوتیپهای مقاوم یونجه (*Medicago sativa*) در برابر تنش اسمزی (PEG). مجله پژوهش و سازندگی (در زراعت و باغبانی). ۶۲: ۵۷-۵۰.

پوستینی، ک.، ۱۳۷۳. واکنش‌های فیزیولوژیک دو رقم گندم نسبت به تنش‌شوری. مجله علوم کشاورزی ایران. ۲۶: ۶۳-۵۷.

پوستینی، ک. و زهتاب سلمانی، س.، ۱۳۷۶. اثر شوری بر روی تولید و انتقال مجدد ماده خشک در دو رقم گندم. مجله علوم کشاورزی ایران. ۲۹ :۱۶-۱۱.

زرگری، ع.، ۱۳۷۶. گیاهان دارویی (جلد ٤). انتشارات دانشگاه تهران.

سلامی، م.ر.، صفرنژاد، ع. و حمیدی، ح.، ۱۳۸۵. اثر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژی زیره سبز و سنبل‌الطیب. مجله پژوهش و سازندگی (در منابع طبیعی). شماره ۷۲ :۸٤-۷۷.

صفرنژاد، ع.، و. صدر، ع. و حمیدی، ح.، ۱۳۸٦a. اثر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژی سیاهدانه *Nigella sativa*. فصلنامه تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، ۱۵ :۸٤-۷۵.

صفرنژاد، ع.، سلامی، م.ر. و حمیدی، ح.، ۱۳۸٦b. بررسی خصوصیات مورفولوژی گیاهان دارویی اسفرزه در برابر تنش شوری. مجله پژوهش و سازندگی. شماره ۷٦.

کریمی، ع. و شکاری، ف.، ۱۳۷۵. بررسی تحمل واریته جو یزد ۵ (چاه افضل) در مرحله جوانه‌زنی به غلظت‌های مختلف آنیونها در خاکهای شور دشت تبریز. نشریه تحقیقات کشاورزی نهال و بذر. ۱۲: ۹-۱.

Abdul-baki, A.A. and Anderson, J.D., 1970. Viability and leaching of sugars from germinating barely. Crop Sci., 10: 31-34.

Chipa, B.R. and Lal, P., 1995. Na/K ratio as basis of salt tolerance in wheat. Aust. J. Agric. Res,. 46:533-539.

Francois, L.E., Maas, E.V., Donovan, T.J. and Youngs, V. L., 1986. Effect of salinity in grain yield and quality, vegetative growth and germination of semi-dwarf and durum wheat. Agron. J., 78: 1053-1058.

Gorham, J., 1996. Mechanisms of salt tolerance of halophytes. *In*: Halophytes ecologic agriculture. (eds: R. C. Allah, C. V. Nalcolm and A. Aamdy). Marcel Dekker. Inc., 30-53.

Kerepesi, H. and G. Galiba. 2000. Osmotic and salt stress Induced alteration in soluble carbohydrate content in wheat seedling. Crop Sci., 40: 482-487.

Munns, R., Greenway, H., Delane, R. and Gibbs, J., 1982. Ion concentration and carbohydrate status of the elongating leaf tissue of *Hordeum vulgare* growing at high extrnal NaCl. J. Exp Bot., 33: 574-583.

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

Penuelas, J., Isla, R., Filella, I. and Araus, J.L. 1997. Visible and neart-infrared reflectance assessment of salinity effects on barely. Crop Sci., 37: 198-202.

Pessarakli, M., Tucker, T.C. and Nakabayashi, K., 1991. Growth response of barley and wheat to salt stress. J. Plant Nutrition. 14: 331-340.

Safarnejad, A., Collin, H., Bruce, K.D. and McNeilly, T., 1996. Characterization of alfalfa following *in vitro* selection for salt tolerance. Euphytica, 92: 55-61.

Shalhevet, J., 1993. Plant under salt and water stress. *In*: Plant adaptation to environmental stress (eds: L. Fowden, T. Mansfield and J. Stoddard). Chapman and Hall, 133-1554.

Shannon, M.C., 1986. Breeding, selection and the genetics of salt tolerance. *In*: Salinity tolerance in Plants. (eds: R. C. Staples. and G. H. Toenniessn). John Wiley and Sons, 231-252.

Singh, L. and Pal, B., 2001. Effect for saline water and ferility levels on yield, potassium, zinc content and uptake by blonde psyllium (*Plantago ovata* Forsk.). Crop Rese. (Hisar)., 22: 424-431.

Study of morphological characters of *Foeniculum vulgare* under salt stress

A. Safarnejad[1] and H. Hamidi[1]

1-Khorasan Agricultural and Natural Resources Research Center,.. E-mail: sebre14@yahoo.com

Abstract

Study of the salinity tolerance in medicinal plants is very important for cultivating them in saline lands. A factorial experiment based on completely randomized design was carried out in order to study the effect of salt stress on *'Foeniculum vulgare*' plants in hydroponic condition. The accessions of *F. vulgare* were originated from Isfahan, Ardabil, East Azerbaijan, Europe, Tehran, Yazd, Estahban and Shiraz. Salinity levels include 0 (control), 50, 100, 150 and 200 mM sodium chloride with four replications in the germination stage and three replications in the seedling stage. The results showed a significant reduction in germination rate, germination percentage, roots length, shoots length, plants vigor, root dry weight, shoot dry weight; shoot weight/root weight and biomass with increase of salt stress. There was a significant difference between accessions at presence of salt. Shiraz accession showed the lowest reduction in germination stage compared with the control. In the seedling stage, Yazd accession showed the lowest reduction compared with the control.

Key words: Salinity, NaCl, medicinal plants, hydroponic and *Foeniculum vulgare.*