

تأثیر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک، میزان اسانس و انباشت یونی در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum*) تحت شرایط کشت هیدروپونیک

آذین ارچنگی^{۱*} و محمود خدامباشی^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۹/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۴/۱۱)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک، میزان اسانس و انباشت عناصر در گیاه دارویی ریحان تحت شرایط کشت هیدروپونیک، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی روی سه توده سبز جهرم، بنفش و سبز اصفهان (تهجاورستان) با پنج سطح شوری کلرید سدیم (صفر، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌مولار) و سه تکرار در شرایط کنترل شده گلخانه انجام شد. نتایج حاصل حاکی از کاهش معنی‌دار در ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه با افزایش سطح شوری بود. توده بنفش دارای بیشترین بیومس نسبت به دو توده دیگر بود. همچنین، با افزایش سطح شوری، میزان یون سدیم در اندام هوایی گیاه و ریشه افزایش یافت. در صورتی که میزان یون‌های Ca^{2+} و K^+ و نسبت‌های K^+/Na^+ و Ca^{2+}/Na^+ در اندام هوایی و ریشه کاهش نشان دادند. در هر سه توده، مقدار این نسبت‌ها در اندام هوایی بیشتر از ریشه بود. میزان اسانس با افزایش سطح تنش افزایش پیدا کرد. البته افزایش اسانس در سطوح شوری بالا به دلیل کاهش شدید بیومس حائز اهمیت نیست. ولی در سطوح شوری متوسط این افزایش اسانس می‌تواند با توجه به مقدار بیومس تولیدی جبران کننده باشد. در بین ارقام، توده سبز جهرم دارای بیشترین میزان اسانس بود.

واژه‌های کلیدی: مقاومت به شوری، تجمع یونی، بیومس

مقدمه

استفاده قرار می‌گیرند. اسانس ریحان غنی از ترکیبات فنولی است که در صنایع داروسازی و عطرسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۵).

تولید متابولیت‌های ثانویه (اسانس) در گیاهان دارویی تحت کنترل ژنتیکی است. ولی عوامل محیطی، به‌ویژه شرایط تنش‌زا، نقش عمده‌ای در کمیت و کیفیت این مواد به عهده دارند (۸). در مطالعات اخیر که روی ریحان در محیط آزمایشگاهی و مزرعه انجام گرفته، پراساد (۲۷) و نایاک (۲۵) نشان دادند که: ۱. برای تولید عملکرد، میزان اسانس، ترکیبات اسانس و

ریحان (*Ocimum basilicum* L.) یکی از گیاهان مهم متعلق به تیره نعناع Lamiaceae است که به‌عنوان گیاه دارویی، ادویه‌ای و همچنین به‌صورت سبزی تازه مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۶). ریحان معمولی گیاهی یکساله، علفی، معطر، ایستاده، تقریباً بدون کرک، و به ارتفاع ۳۰-۶۰ سانتی‌متر می‌باشد (۴ و ۵). پیکر رویشی ریحان حاوی اسانس است. اسانس‌ها گروه متنوعی از تولیدات طبیعی هستند که به‌عنوان مواد معطر و طعم‌دهنده در فرآورده‌های غذایی، صنعتی و دارویی مورد

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: azin_archangi84@yahoo.com

سازگاری به شوری در ریحان تنوع داخل گونه‌ای وجود دارد، ۲. همیشه عملکرد زیاد دلیل بر زیاد بودن میزان اسانس نمی‌باشد و ۳. ریحان به‌عنوان یک گیاه میانه در تحمل به شوری رده‌بندی شده است (۲۰). تنش شوری، رشد و عملکرد گیاهان را در بسیاری از مناطق جهان و بسیاری از محصولات کشاورزی کاهش می‌دهد (۲۳ و ۳۲). شوری کلرید سدیم با تغییر آب موجود در بافت‌ها، انباشت Na و Cl در سطوح سمی، بر هم زدن تعادل یونی و القای تنش‌های ثانویه، مثل تنش اکسیداتیو، بر گیاهان تأثیر می‌گذارد (۲۴). تجمع بیش از حد نمک در محلول خاک، پتانسیل اسمزی محلول خاک را کاهش داده و گیاه در جذب آب با مشکل مواجه شده و دچار نوعی خشکی فیزیولوژیک یا تنش اسمزی می‌گردد. از سوی دیگر، به‌دلیل وجود یون‌های سمی در محلول خاک، گیاه با سمیت این گونه یون‌ها مواجه می‌گردد. یون‌های سمی عمدتاً کلر، سدیم و در برخی موارد بی‌کربنات می‌باشند (۱۰). خمیری و همکاران (۶) در آزمایشی که به بررسی اثر شوری بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه روی شش گونه گیاه دارویی از جمله ریحان انجام دادند بیان کردند که در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار در گیاه ریحان هیچ‌گونه جوانه‌زنی مشاهده نشد. برنستین و همکاران (۱۵) در آزمایشی که روی یک رقم ریحان انجام دادند گزارش کردند که با افزایش شوری از تعداد و سطح برگ‌ها کاسته شد؛ در حالی‌که میزان یون‌های Na و Cl در اندام هوایی و ریشه افزایش پیدا کرد. همچنین، میزان اسانس در برگ‌ها با افزایش تنش شوری افزایش پیدا کرد. در آزمایش دیگری که روی رشد و عملکرد اسانس سه گونه نعنا انجام گرفت، تحت تنش شوری، کاهش در رشد و عملکرد اسانس در هر سه گونه مشاهده شد (۱۴). بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی و مطالعه اثر سطوح مختلف تنش شوری بر رشد، میزان اسانس و انباشت عناصر Ca^{2+} و Na^+ , K^+ در اندام هوایی و ریشه ریحان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه، بذره‌های سه توده بومی ریحان شامل سبز جهرم،

بنفش و سبز اصفهان (قهباورستان) برای کشت استفاده گردید. این پژوهش در قالب طرح فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در محیط کشت هیدروپونیک در مجتمع گلخانه‌های تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد در سال ۱۳۸۹ انجام شد. ابتدا بذره‌های مورد استفاده در بستری مرکب از یک سوم خاک، یک سوم ماسه و یک سوم خاک برگ کشت گردید. پس از جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه، بین مراحل دو تا چهار برگی، از هر توده گیاهچه‌های یک اندازه و مشابه از نظر شرایط رویشی انتخاب و پس از شستشوی ریشه‌ها با آب، گیاهچه‌ها به محیط هیدروپونیک منتقل گردیدند. در محیط هیدروپونیک، محلول غذایی هوگلند استفاده گردید (۱۹). در تمام تیمارها برای هر تکرار تعداد ۱۰ گیاهچه به محیط هیدروپونیک انتقال یافت. یک هفته پس از انتقال نشاها به محیط هیدروپونیک، سطوح شوری صفر (شاهد)، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌مولار کلرید سدیم که به ترتیب دارای هدایت الکتریکی صفر، ۳/۶۶، ۷/۳۱، ۱۰/۹ و ۱۴/۶ دسی‌زیمنس بر متر بود، اعمال گردید. اعمال تیمارها به‌طور تدریجی و با اضافه کردن روزانه ۴۰ میلی‌مولار نمک NaCl انجام شد. پس از پایان آزمایش، یعنی سه هفته پس از اعمال تیمارهای شوری، گیاهچه‌ها از محیط کشت خارج و صفات ارتفاع بوته، طول ریشه، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه و تعداد برگ و میزان عناصر سدیم، پتاسیم و کلسیم در اندام هوایی اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری اسانس، سرشاخه‌های گیاهان از هر تیمار به‌طور جداگانه برداشت و خشک گردید. سپس مقدار ۵۰ گرم از سرشاخه‌های گیاه ریحان خشک شده پس از آسیاب و مخلوط شدن با آب، در دستگاه کلونجر قرار گرفت و به‌مدت یک ساعت حرارت داده شد. پس از عمل تقطیر، اسانس به‌صورت یک لایه مجزا روی آب تشکیل گردید که پس از جداسازی، توسط سرنگ به شیشه‌های کوچک منتقل شد. به منظور جلوگیری از تابش نور، روی نمونه‌ها با فویل آلومینیومی پوشانده شد و در یخچال معمولی قرار گرفتند.

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس روی برخی صفات مورفولوژیک در ریحان

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییرات
میزان اسانس	وزن خشک ریشه	وزن خشک اندام هوایی	ارتفاع اندام هوایی		
۳۹۳۲۱۲/۹**	۰/۳۵**	۰/۳۰۶ ^{ns}	۲۷/۰۰ ^{ns}	۲	بلوک
۵۳۴۹۳۶/۲**	۰/۰۹ ^{ns}	۸/۷۴**	۲۰۱/۶۷**	۲	توده
۲۲۴۹۲۰/۲**	۰/۳۲**	۵/۰۴**	۱۴۸/۳۱**	۴	شوری
۱۲۱۴/۴ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۷۰ ^{ns}	۳/۶۸ ^{ns}	۸	ژنوتیپ × شوری
۱۵۶۷/۱۳	۰/۰۷	۰/۵۹	۸/۹۷	۲۸	خطا

**، * و ns به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد و غیرمعنی دار

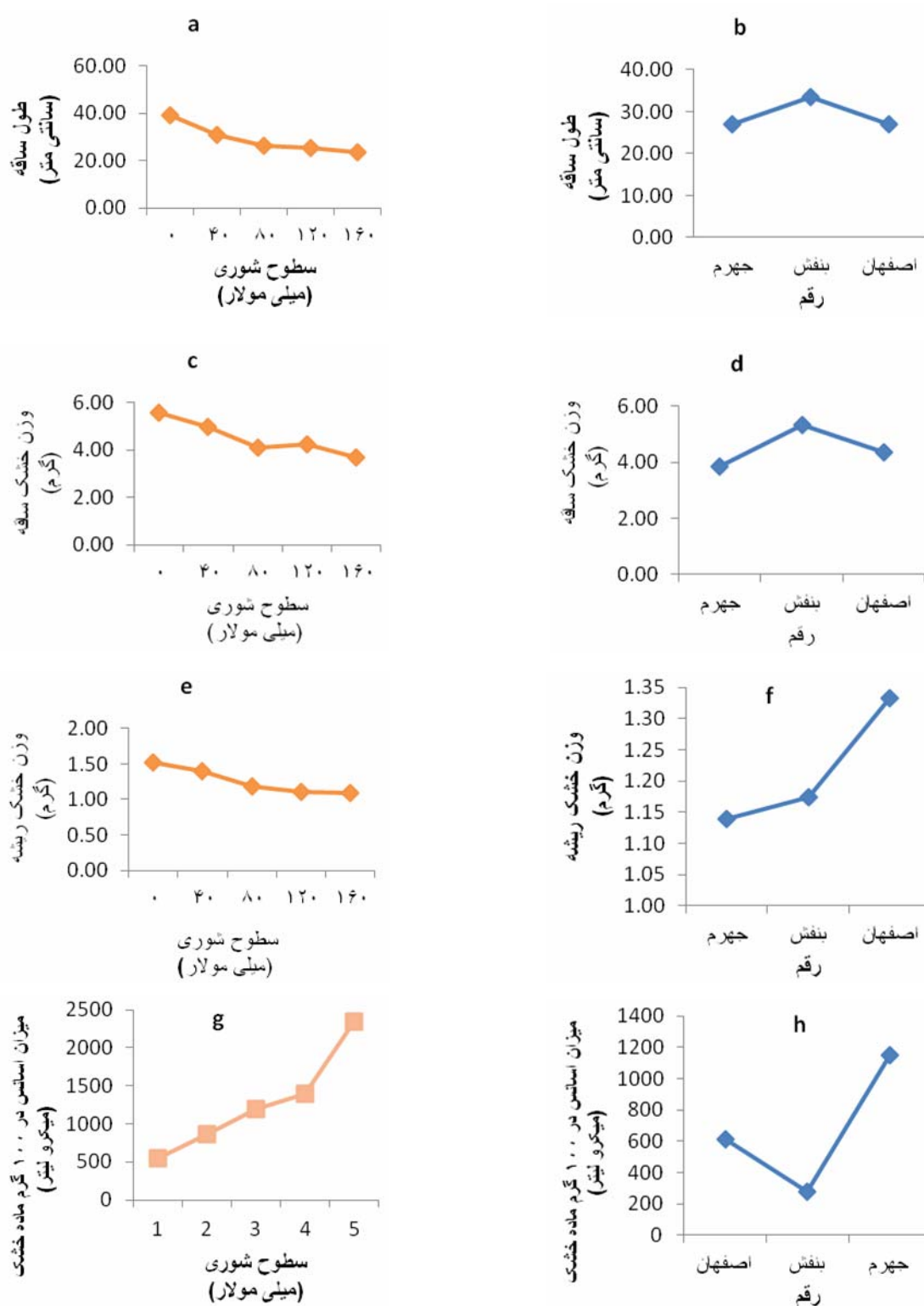
نهایت با کاهش ارتفاع گیاه همراه شده است. با توجه به اینکه یکی از آثار شوری افزایش پتانسیل اسمزی و در نتیجه ایجاد تنش خشکی است، نتایج گزارش شده با نتایج حاصل از آزمایش حاضر مطابقت دارد. اختلاف بین توده‌ها نیز از نظر صفت ارتفاع اندام هوایی در سطح ۱٪ معنی دار بود (جدول ۱). بین توده‌های موجود، توده بنفش دارای بیشترین ارتفاع و توده جهرم دارای کمترین ارتفاع بودند (شکل ۱b).

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) برای صفت وزن خشک اندام هوایی نشان داد که اثر شوری و رقم در سطح احتمال ۱٪ معنی دار است. نتایج مقایسه سطوح شوری (شکل ۱c) نشان می‌دهد که با افزایش شوری از میانگین وزن خشک اندام هوایی کاسته شده است. بیشترین میانگین (۵/۵۷ گرم) مربوط به تیمار شاهد و کمترین میانگین (۳/۶۹ گرم) مربوط به تیمار ۱۶۰ میلی‌مولار نمک بود. در بین توده‌های موجود، بیشترین میانگین مربوط به توده بنفش (۵/۳۴ گرم) و کمترین میانگین مربوط به توده سبز جهرم (۳/۸۴ گرم) بود (شکل ۱d). همان‌طور که نتایج نشان می‌دهند، شوری باعث کاهش وزن خشک اندام هوایی شد. کاهش در وزن خشک ناشی از کاهش ارتفاع است. به طوری که ژنوتیپ بنفش که ارتفاع آن در سطوح شوری بالا کمتر کاهش یافت، دارای وزن خشک اندام هوایی بیشتری در مقایسه با دو ژنوتیپ دیگر بود. برنستین و همکاران (۱۵) نیز در آزمایش مشابهی روی ریحان، عزیزا و همکاران (۱۴) در آزمایشی روی

داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و Excel مورد تجزیه قرار گرفتند و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون LSD استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) برای صفت ارتفاع اندام هوایی نشان داد که اثر شوری و رقم بسیار معنی دار می‌باشد. نتایج مقایسه سطوح شوری برای ارتفاع اندام هوایی در شکل ۱a نشان داده شده است. با توجه به این شکل، ارتفاع بوته با افزایش سطوح شوری کاهش معنی‌داری نشان داده است. به طوری که بیشترین ارتفاع بوته به میزان ۳۹/۱ سانتی‌متر در تیمار شاهد مشاهده شد و تیمار ۱۶۰ میلی‌مولار شوری با میانگین ۲۳/۶۸ سانتی‌متر بیشترین کاهش ارتفاع اندام هوایی را داشت. عزیزا و همکاران (۱۴) نیز در آزمایش مشابهی که روی سه گونه نعنا انجام دادند کاهش ارتفاع اندام هوایی را در تمام سطوح شوری گزارش کردند. کاهش ارتفاع بر اثر شوری می‌تواند یک راهکار مناسب برای مقابله با شوری باشد. در اثر کاهش ارتفاع، میزان مصرف آب به دلیل رشد کمتر و همچنین تعرق کمتر کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد کاهش طول ساقه در اثر شوری به دلیل کاهش فتوسنتز باشد (۷). هم‌چنین فرزانه و همکاران (۸) در آزمایشی که روی ریحان انجام دادند بیان کردند که با کاهش رطوبت خاک رشد گیاه محدود شده و در



شکل ۱. مقایسه صفات در ارقام ریحان و سطوح تنش شوری: a و b طول ساقه، c و d وزن خشک ساقه، e و f وزن خشک ریشه، g و h

میزان اسانس

بر میزان اسانس در سطح احتمال ۱٪ معنی دار گردیده است. با افزایش سطح شوری، میزان اسانس تا حدی افزایش پیدا کرد و اختلاف معنی داری بین میانگین‌ها مشاهده شد (شکل ۱g). تیمار ۱۶۰ میلی مولار نمک دارای بیشترین میانگین اسانس (۶۳۷/۵۶ میکرولیتر در ۱۰۰ گرم ماده خشک) و تیمار شاهد دارای کمترین میانگین اسانس (۱۰۶/۶۷ میکرولیتر در ۱۰۰ گرم ماده خشک) بود. برنستین و همکاران (۱۵) در آزمایشی مشابه روی ریحان دریافتند که با افزایش شوری، انباشت اسانس در بافت‌های گیاه افزایش پیدا کرد. آنها بیان کردند که یک همبستگی مثبت بین سطح تنش اعمال شده روی سلول‌ها و درصد اسانس در بافت‌های گیاهی وجود دارد. افزایش درصد اسانس ممکن است به دلیل تغییر در بیوسنتز اسانس تحت تنش و محدود شدن سطح برگ‌ها باشد که می‌تواند دلیل متراکم‌تر شدن غدد ترشحی اسانس در مقایسه با برگ‌های تحت شرایط غیر تنش باشد. هم‌چنین، در دو گیاه ریحان و نعنا گزارش شده که زیاد بودن تراکم غده‌های مترشحه اسانس در اثر کاهش سطح برگ ناشی از تنش، باعث تجمع بیشتر اسانس می‌شود (۸). هنداوای و خالید (۱۸) نیز به نتایج مشابهی در گیاه مریم گلی اشاره کرده‌اند. در توضیح افزایش درصد اسانس در شرایط تنش می‌توان گفت که چون میزان متابولیت‌های اولیه گیاه در شرایط تنش کاهش می‌یابند گیاه با تنش مواجه می‌شود، و چون تولید متابولیت‌های ثانویه نوعی سازوکار دفاعی در شرایط نامساعد محیطی هستند تولید آنها در گیاه افزایش می‌یابد (۲). اختلاف بین توده‌ها نیز از نظر صفت میزان اسانس در ۱۰۰ گرم ماده خشک در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود (جدول ۱). توده سبز جهرم دارای بیشترین میانگین و توده بنفش دارای کمترین میانگین (به ترتیب ۴۹۲/۸۰ و ۱۱۸/۲۷ میکرولیتر در ۱۰۰ گرم ماده خشک) بودند (شکل ۱h).

تأثیر شوری بر غلظت سدیم در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود (جدول ۲). با افزایش شوری، میزان سدیم در اندام هوایی افزایش پیدا کرد. تیمار شاهد کمترین میزان سدیم را داشت و تیمار ۱۶۰ میلی مولار دارای بیشترین میزان سدیم در اندام هوایی (۲۳/۹۱ میلی گرم بر گرم ماده خشک) بود. بین سطوح شوری

سه گونه نعنا و ارچنگی و همکاران (۳) در آزمایشی روی سه توده شنبلیله به نتایج مشابهی دست یافتند. سمیت احتمالی ناشی از تجمع بیش از حد یون سدیم در اندام‌های گیاهی، کاهش تولید ماده خشک گیاه را به دنبال خواهد داشت. معمولاً تحت شرایط تنش شوری، روزنه‌های هوایی بسته می‌شود و به دلیل کاهش تبادلات گازی، میزان فتوسنتز کاهش می‌یابد. در نهایت، شوری می‌تواند رشد ریشه را نیز متوقف نموده و بدین طریق ظرفیت جذب و انتقال آب و عناصر غذایی از خاک به طرف اندام هوایی را کاهش دهد. گزارش‌های متعددی مبنی بر کاهش تولید ماده خشک در اثر افزایش غلظت سدیم در گیاهان وجود دارد (۹) که برخی از محققین (۲۹) را متقاعد ساخته است که می‌توان از میزان تولید ماده خشک گیاه در محیط شور، به عنوان معیاری از تحمل به سدیم و به طور کلی تحمل به شوری ژنوتیپ‌ها استفاده نمود.

وزن خشک ریشه ریحان تحت تأثیر سطوح مختلف شوری قرار گرفت. به طوری که بین وزن خشک ریشه در سطوح مختلف شوری اختلاف آماری معنی داری مشاهده گردید (جدول ۱). سطح شوری ۴۰ میلی مولار اختلاف معنی داری با شاهد نشان نداد. سطوح ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی مولار اختلاف معنی داری با یکدیگر نشان ندادند، ولی با تیمار شاهد از نظر وزن خشک ریشه دارای اختلاف آماری معنی داری بودند. کمترین میانگین وزن خشک ریشه مربوط به تیمار ۱۶۰ میلی مولار نمک بود که نسبت به شاهد حدود ۲۸٪ کاهش نشان داد (شکل ۱e). کاهش وزن خشک ریشه بر اثر شوری در سایر گیاهان نیز دیده شده است. به طوری که سلامی و همکاران (۷) گزارش کردند که افزایش شوری باعث کاهش در وزن خشک ریشه در دو گیاه زیره سبز و سنبل الطیب شد. کووالاسکی و پلادا (۲۲) نیز گزارش کردند که در گوجه فرنگی، فلفل و ریحان با اعمال تنش شوری وزن خشک ریشه کاهش یافت، هرچند که اختلاف معنی داری در بین سطوح مختلف شوری مشاهده نشد. اختلاف بین توده‌ها از نظر صفت وزن خشک ریشه معنی دار نبود و توده‌های مختلف واکنش یکسانی از نظر میزان رشد ریشه نشان دادند (شکل ۱f).

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که اثر شوری

جدول ۱۰. نتایج تجزیه واریانس اثر شوری بر شاخص عناصر در اقدام هوانس و ریشه و حنجان

منابع تغییر	میادگی، مرصعات (اقدام هوانس)						میادگی، مرصعات (ریشه)					
	کلیسم به سداب	پنلسم به سداب	کلیسم سداب	پنلسم سداب	کلیسم به سداب	پنلسم به سداب	کلیسم سداب	پنلسم سداب	کلیسم به سداب	پنلسم به سداب	کلیسم سداب	پنلسم سداب
۱	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰
۲	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰
۳	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰
۴	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰
۵	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰
۶	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰
۷	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰
۸	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰
۹	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰
۱۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰

۰/۰۰: پانویس معنی‌دار در سطح احتمال ۱۰ درصد و غیرمعنی‌دار

خان و همکاران (۲۱) در یونجه و آروین و کاظم پور (۱) در پیاز گزارش شده است. اختلاف بین توده‌ها از نظر غلظت پتاسیم در اندام هوایی در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). توده بنفش با میانگین ۱۷/۷۰ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک بیشترین میزان پتاسیم در اندام هوایی و توده سبز اصفهان با میانگین ۱۲/۶۹ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک کمترین میزان پتاسیم در اندام هوایی را دارا بودند (شکل ۲d).

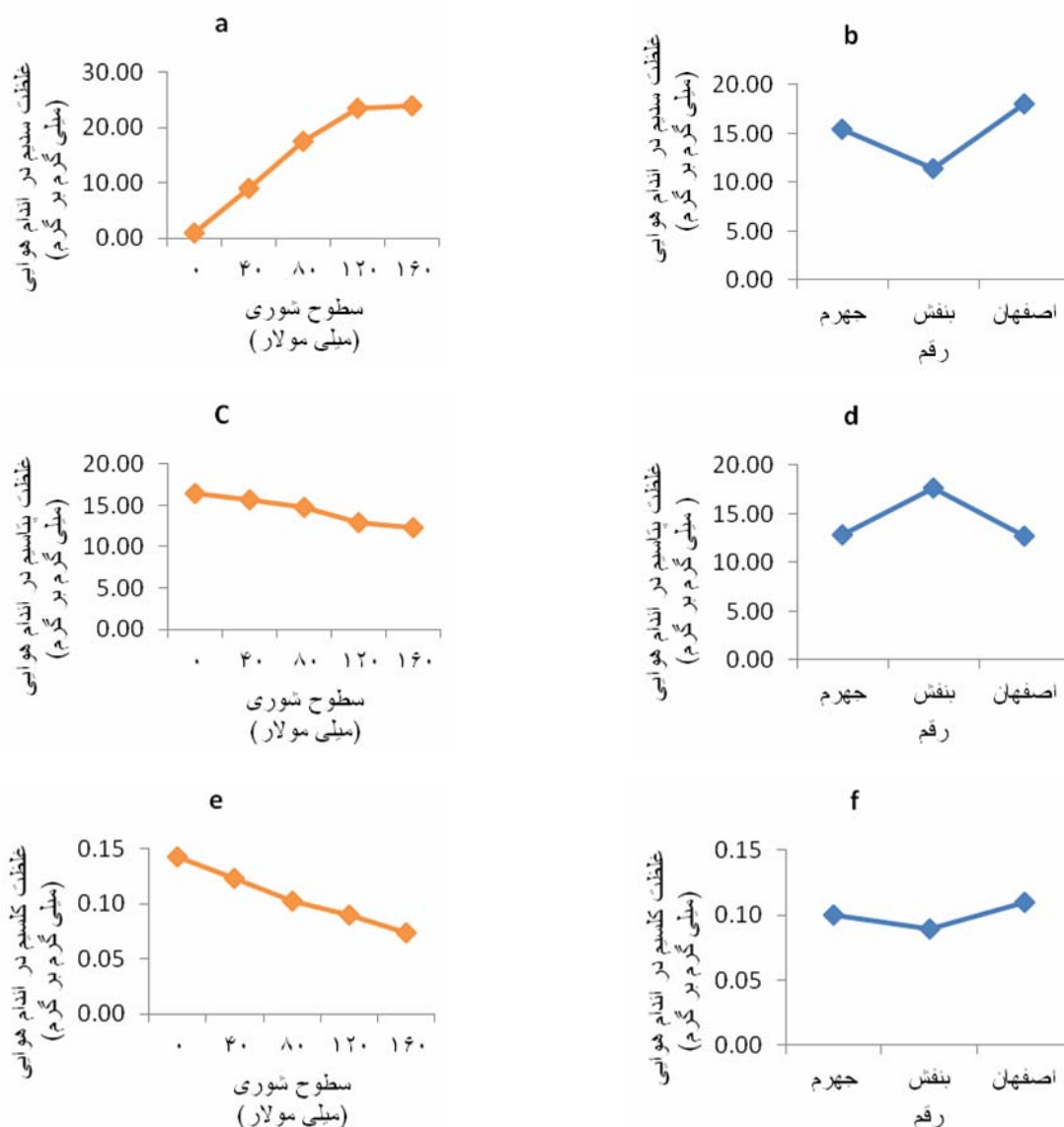
تأثیر شوری بر غلظت کلسیم در اندام هوایی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین در سطوح متفاوت شوری (شکل ۲e) نشان داد که با افزایش شوری، میزان کلسیم موجود در اندام هوایی کاهش یافته است. بیشترین میزان کلسیم در اندام هوایی (۱۴٪ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) مربوط به تیمار شاهد و کمترین میزان کلسیم (۷٪ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) مربوط به تیمار ۱۶۰ میلی‌مولار بود. کاهش غلظت کلسیم در بافت‌های گیاهی تحت شرایط شوری، توسط آلبریکو و کرامر (۱۱) در ذرت و گومز و همکاران (۱۶) در فلفل نیز گزارش گردیده است. در غلظت بالای نمک، Na^+ جایگزین Ca^{2+} موجود در غشای پلاسمایی تارهای کشنده شده و در نتیجه باعث تغییر در نفوذپذیری غشای پلاسمایی می‌گردد. با توجه به این امر، نشت کلسیم از سلول انجام شده و طبیعی است که مقدار کلسیم در گیاه کاهش می‌یابد (۲۸). اختلاف بین توده‌ها از نظر غلظت کلسیم در اندام هوایی در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). توده سبز اصفهان با میانگین ۱۱٪ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک بیشترین میزان کلسیم و توده بنفش با میانگین ۹٪ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک کمترین میزان کلسیم را دارا بودند (شکل ۲f).

تأثیر شوری بر غلظت سدیم در ریشه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش شوری بر غلظت سدیم در ریشه افزوده شد و سطوح شوری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان دادند (شکل ۳a). تیمار شوری ۱۶۰ میلی‌مولار دارای بیشترین میانگین (۱۷/۶۱ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک ریشه) بود. در آزمایش دیگری نیز که روی ریحان انجام گرفته نتایج

۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌مولار نمک تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۳a). غلظت زیاد سدیم در اندام هوایی دامنه‌ای از مشکلات اسمزی و متابولیک گیاه را موجب شده و سمیت احتمالی ناشی از تجمع بیش از حد این یون در اندام‌های گیاهی، کاهش تولید ماده خشک گیاه را به دنبال خواهد داشت (۳۱). کاهش در غلظت پتاسیم و افزایش مقدار سدیم در بافت‌های گیاهی، در اثر شوری را آلبریکو و کرامر (۱۱) در ذرت، گومز و همکاران (۱۶) در فلفل و هاسنی و همکاران (۱۷) در شبلیله گزارش کرده‌اند و از این لحاظ نتایج حاصل از این آزمایش با گزارش‌های مذکور مطابقت دارد. اختلاف بین توده‌ها از نظر غلظت سدیم در اندام هوایی در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). توده سبز اصفهان دارای بیشترین مقدار (۱۷/۹۹ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) و توده بنفش دارای کمترین میانگین (۱۱/۳۶ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) تجمع سدیم در اندام هوایی بود (شکل ۳b).

اثر متقابل رقم و شوری در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید (جدول ۲). با توجه به نتایج مشاهده شد که در شاهد، ارقام از نظر میزان سدیم در اندام هوایی اختلاف معنی‌داری نشان نمی‌دهند. در سطوح شوری بالاتر، از جمله ۱۲۰ میلی‌مولار، توده سبز اصفهان با میانگین ۲۶/۰۴ بیشترین میزان سدیم و توده بنفش با میانگین ۱۶/۸۹ کمترین میزان سدیم را دارا بودند. در تیمار ۱۶۰ میلی‌مولار شوری، توده سبز اصفهان با میانگین ۲۷/۲۴ بیشترین و توده بنفش با میانگین ۲۱/۶۷ کمترین مقدار سدیم در اندام هوایی را دارا بودند (جدول ارائه نشده است).

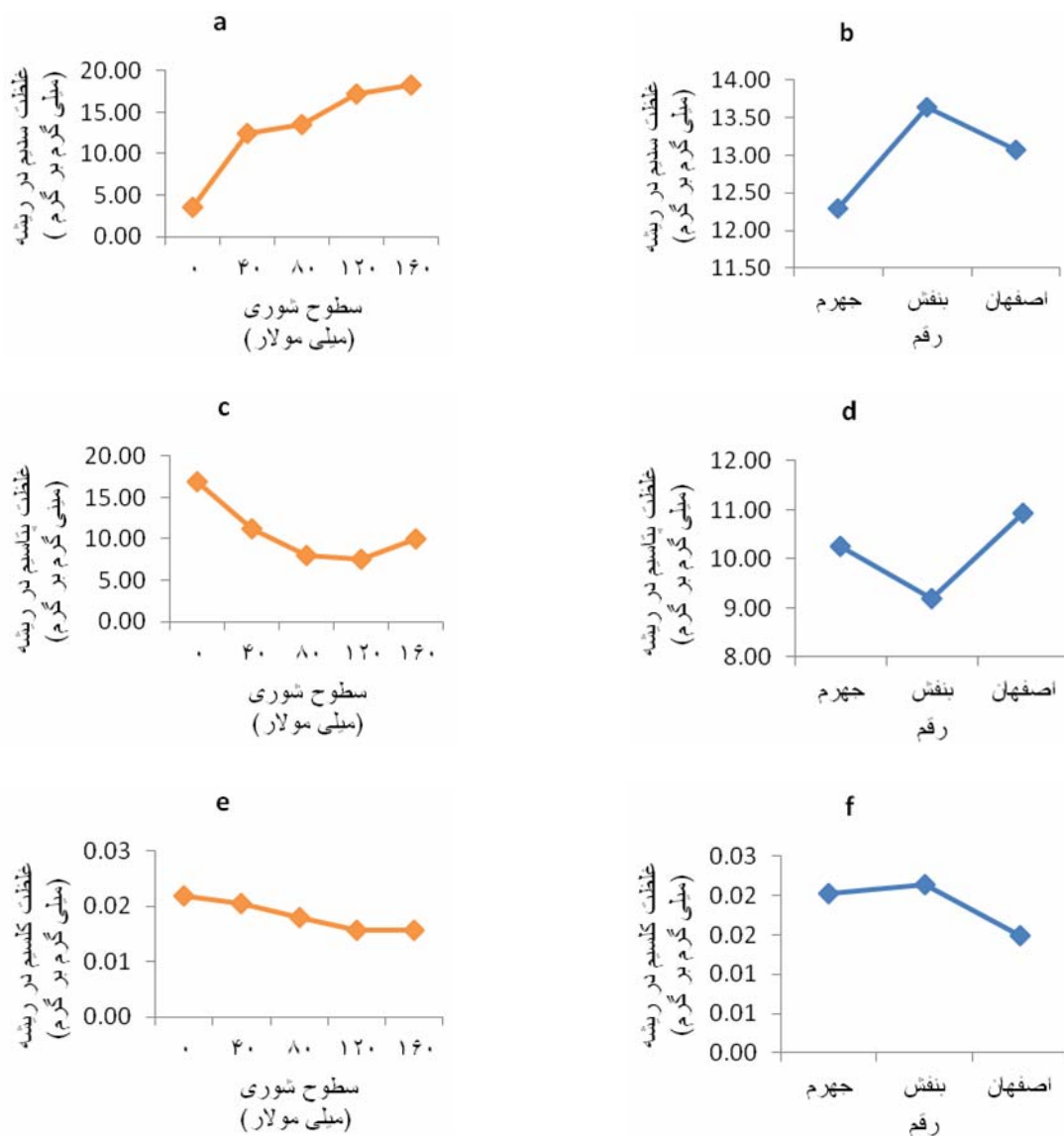
شوری بر غلظت پتاسیم در اندام هوایی نیز تأثیر گذاشت. به طوری که اختلاف تیمارهای شوری از نظر غلظت پتاسیم در اندام هوایی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید (جدول ۲). با افزایش شوری، میزان پتاسیم در اندام هوایی کاهش پیدا کرد. تیمار شاهد به طور معنی‌داری میزان پتاسیم بیشتری نسبت به سایر سطوح شوری داشت. غلظت پتاسیم در تیمار ۱۶۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد حدود ۲۱٪ کاهش نشان داد (شکل ۳c). کاهش غلظت پتاسیم در بافت‌های گیاهی توسط



شکل ۲. مقایسه صفات در ارقام ریحان و سطوح تنش شوری: a و b سدیم اندام هوایی، c و d پتاسیم اندام هوایی و e و f کلسیم اندام هوایی

اثر متقابل رقم و شوری برای میزان کلسیم موجود در اندام هوایی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). ارقام در سطح شوری ۱۶۰ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند. بیشترین میزان کلسیم در توده‌ها مربوط به تیمار شاهد بود. توده سبز جهرم در تیمار شاهد دارای بالاترین میانگین کلسیم (۵/۱۵) بود. ولی در سطوح شوری ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار توده سبز اصفهان بالاترین میانگین را به خود اختصاص داد (جدول ارائه نشده است).

مشابهی گزارش شده است (۱۵). اشرف و عروج (۱۲) گزارش کردند که در گیاه دارویی زنیان میزان سدیم ریشه با افزایش شوری افزایش پیدا کرد. اختلاف بین توده‌ها نیز از نظر غلظت سدیم در ریشه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). به‌طوری‌که بیشتر میانگین مربوط به توده بنفش (۱۳/۶۴ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) و کمترین میانگین مربوط به توده سبز جهرم (۱۲/۲۹ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) بود (شکل ۳b).



شکل ۳. مقایسه صفات در ارقام ریحان و سطوح تنش شوری: a و b سدیم ریشه، c و d پتاسیم ریشه، e و f کلسیم ریشه

کاهش غلظت پتاسیم در گیاه می‌شود. تحت شرایط شور، غلظت زیاد سدیم میزان جذب پتاسیم را توسط ریشه کاهش می‌دهد (۳۰). اختلاف بین توده‌ها نیز از نظر غلظت پتاسیم در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). توده سبز اصفهان با میانگین ۱۰/۹۳ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک دارای بیشترین میزان غلظت پتاسیم در ریشه و توده بنفش با میانگین ۹/۲۰ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک دارای کمترین میزان غلظت پتاسیم در ریشه بود (شکل ۳d).

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر شوری بر غلظت پتاسیم در ریشه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردیده است (جدول ۲). با افزایش سطح شوری، از غلظت پتاسیم در ریشه کاسته شد. براساس نتایج (شکل ۳c) بین تیمار شاهد و سطوح شوری اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. کمترین میزان غلظت پتاسیم مربوط به تیمار ۱۶۰ میلی‌مولار (۷/۱۸ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) بود. تنش شوری از طریق اختلال در مکانیسم جذب پتاسیم به‌وسیله ریشه، باعث

غشاء سلولی را به درستی انجام دهد (۱۲). هم‌چنین، نسبت‌های $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$ و K^+/Na^+ با افزایش شوری به‌طور معنی‌داری در ریشه و اندام هوایی توده‌های ریحان کاهش پیدا کرد. میزان هر دو نسبت به‌طور قابل توجهی در اندام‌های هوایی بیشتر از ریشه‌ها بود (شکل ۴a تا ۴h). حفظ میزان بیشتر نسبت‌های $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$ و K^+/Na^+ در اندام هوایی در هر سه توده ریحان می‌تواند یک مؤلفه مهم در تحمل به شوری این گیاه باشد. هاسنی و همکاران (۱۷)، اشرف و همکاران (۱۳) و اشرف و عروج (۱۲) نیز در این خصوص به نتایج مشابهی دست یافتند.

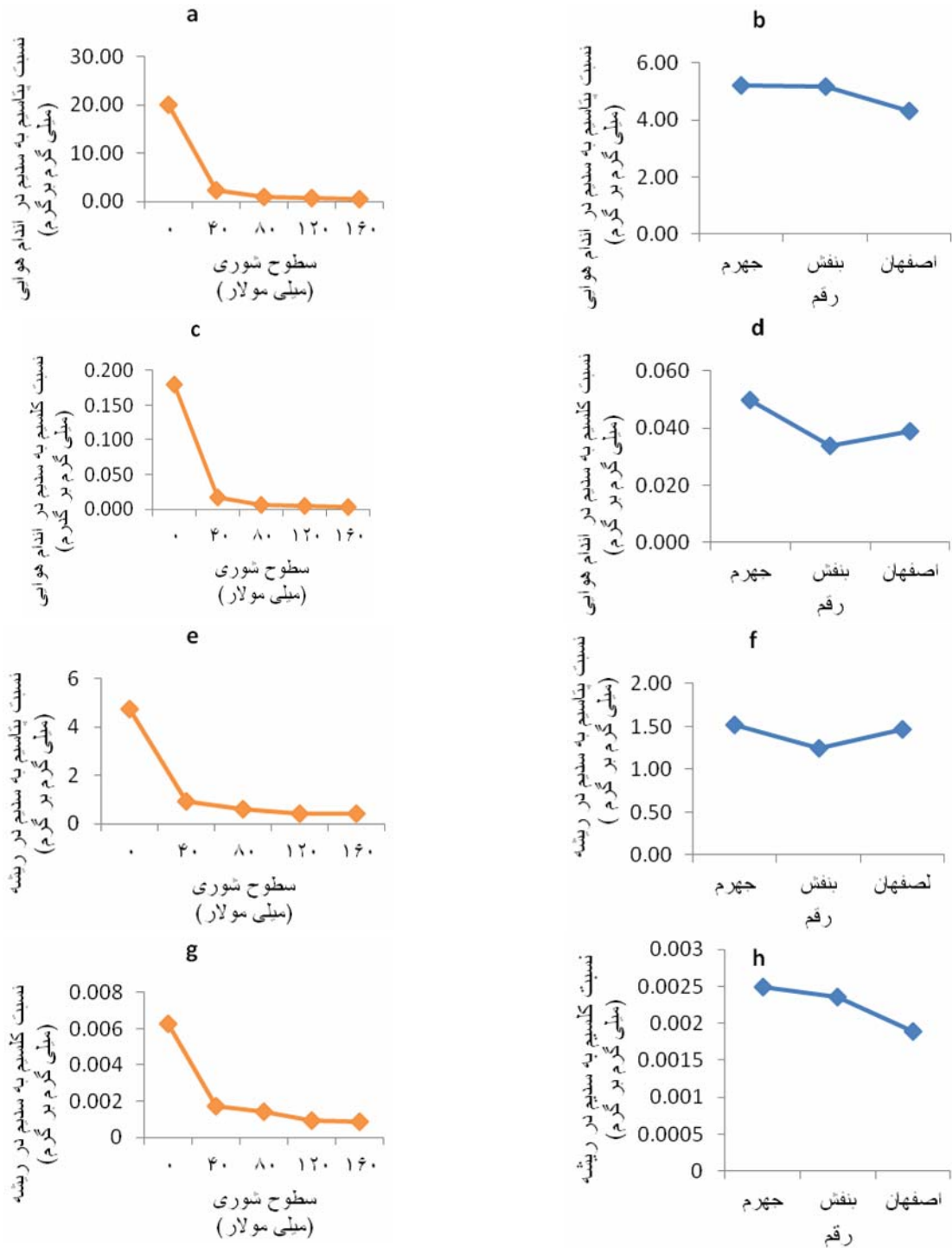
نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که با افزایش شوری، رشد گیاه ریحان کاهش پیدا کرد، میزان ارتفاع اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی و ریشه کاهش نشان داد و توده بنفش دارای بیومس بیشتری نسبت به دو توده دیگر بود. شوری باعث کاهش مقدار عناصر کلسیم، پتاسیم، نسبت پتاسیم به سدیم و نسبت کلسیم به سدیم و افزایش سدیم در اندام هوایی و ریشه در توده‌های ریحان شد. در توده بنفش ریحان، میزان سدیم کمتری در اندام هوایی در مقایسه با دو توده دیگر مشاهده شد و با توجه به اینکه در این توده عملکرد بیشتری مشاهده شد می‌توان بیان کرد که سدیم یک یون سمی و کاهش‌دهنده رشد در گیاه است. میزان اسانس با افزایش شوری افزایش پیدا کرد. البته این افزایش در سطوح شوری بالا به دلیل کاهش شدید بیومس قابل توجه نیست. ولی در سطوح شوری متوسط این افزایش اسانس می‌تواند با توجه به کاهش بیومس تولیدی جبران‌کننده باشد. در مجموع، می‌توان بیان کرد که گیاه ریحان یک مقاومت میانه نسبت به شوری دارد.

اثر متقابل رقم و شوری نیز در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید (جدول ۲). ارقام در تیمار شاهد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان دادند و توده سبز جهرم دارای بالاترین میانگین (۱۸/۲۷) بود. در دیگر سطوح شوری، توده سبز اصفهان دارای بالاترین میانگین‌ها به ترتیب در سطح شوری ۴۰ میلی‌مولار ۱۲/۶۸، در سطح شوری ۸۰ میلی‌مولار ۹/۴۹، در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار ۹/۲۹ و در سطح شوری ۱۶۰ میلی‌مولار ۷/۷۵ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک برای میزان پتاسیم در ریشه بود (جدول ارائه نشده است).

تأثیر شوری بر غلظت کلسیم در ریشه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). بین سطوح شوری تفاوت معنی‌داری مشاهده شد و با افزایش شوری از غلظت کلسیم در ریشه کاسته شد. کمترین میزان کلسیم در سطح شوری ۱۶۰ میلی‌مولار مشاهده شد که به میزان ۳۱ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان داد (شکل ۳e). نتایج مشابهی نیز در گیاه *Ammi majus* تحت تنش شوری گزارش شده است (۱۳). اشرف و عروج (۱۲) نیز گزارش کردند که شوری در گیاه زیان باعث کاهش کلسیم در ریشه می‌شود. اختلاف بین توده‌ها نیز از نظر میزان کلسیم ریشه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). دو توده سبز جهرم و بنفش با میانگین ۰/۰۲٪ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند. ولی توده سبز اصفهان با میانگین ۰/۰۱ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک تفاوت آماری معنی‌دار با آنها نشان داد (شکل ۳f).

مانند بسیاری از گیاهان نمک‌گریز، در اندام هوایی و ریشه ریحان نیز با افزایش شوری، یون سدیم افزایش و یون‌های پتاسیم و کلسیم کاهش نشان دادند. به‌طوری‌که نسبت پتاسیم به سدیم و کلسیم به سدیم در اندام هوایی و ریشه معنی‌دار گردید (جدول ۲). به‌طورکلی، مشاهده شد که گیاهان تحت تنش شوری میزان بیشتری Na^+ به جای K^+ و Ca^{2+} جذب می‌کنند. با این وجود، میزان قابل قبولی از هر دو یون پتاسیم و کلسیم نیاز است تا گیاه بتواند عملکرد



شکل ۴. مقایسه صفات در ارقام ریحان وسطوح تنش شوری: a و b نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی، c و d نسبت کلسیم به سدیم اندام هوایی، e و f نسبت پتاسیم به سدیم ریشه و g و h نسبت کلسیم به سدیم ریشه

منابع مورد استفاده

۱. آروین، م. ج. و ن. کاظم پور. ۱۳۸۰. آثار تنش شوری و خشکی بر رشد و ترکیب شیمیایی و بیوشیمیایی چهار رقم پیاز خوراکی.

مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی (۴)۵: ۴۲-۵۲.

۲. ارچنگی، آ. ۱۳۹۰. بررسی اثرات شوری بر جوانه‌زنی و رشد رویشی دو گیاه دارویی شنبلیله و ریحان. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه شهرکرد.

۳. ارچنگی، آ.، م. خدام‌باشی و ع. محمدخانی. ۱۳۹۱. تأثیر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک و میزان عناصر سدیم، پتاسیم و کلسیم در گیاه دارویی شنبلیله (*Trigonella foenum gracum*) تحت شرایط کشت هیدروپونیک. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۳(۱۰): ۳۳-۴۰.

۴. امیدبیگی، ر. ۱۳۷۹a. رهیافت‌های تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد اول، چاپ دوم، انتشارات طراحان نشر، تهران.

۵. امیدبیگی، ر. ۱۳۷۹b. رهیافت‌های تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد سوم، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.

۶. خمیری، ع.، ش. ا. سارانی و م. ده‌مرده. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر شوری بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه در شش گونه گیاه دارویی. فصلنامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۳(۳): ۳۳۱-۳۳۹.

۷. سلامی، م.، ر. ع. صفرنژاد و ح. حمیدی. ۱۳۸۵. اثر تنش شوری بر خصوصیت مورفولوژی زیره سبز و سنبل‌الطیب. مجله پژوهش و سازندگی ۷۲: ۷۷-۸۳.

۸. فرزانه، ا.، ع. غنی و م. عزیزی ارانی. ۱۳۸۹. تأثیر تنش آبی بر خصوصیات ظاهری، عملکرد و درصد اسانس در گیاه ریحان (رقم کشکنی لولو). مجله پژوهش‌های تولید گیاهی ۱۷(۱): ۱۰۳-۱۱۱.

۹. فیضی، م. ۱۳۸۱. تأثیر شوری آب آبیاری بر عملکرد محصول گندم. مجله علوم خاک و آب ۱۶(۲): ۲۱۴-۲۲۲.

۱۰. کوچکی، ع. و م. نصیری محلاتی. ۱۳۷۳. اکولوژی گیاهان زراعی. جلد اول، انتشارات جهاد دانشگاهی، مشهد.

11. Albercio, G. J. and G. R. Cramer. 1993. Is the salt tolerance of maize related to sodium exclusion? Preliminary screening of seven cultivars. *J. Plant Nutr.* 16(11): 2289-2303.
12. Ashraf, M. and A. Orooj. 2005. Salt stress effects on growth, ion accumulation and seed oil concentration in an arid zone traditional medicinal plant ajwain (*Trachyspermum ammi* L. Sprague). Dept. of Bot., Univ. of Agric., Faisalabad, Pakistan.
13. Ashraf, M., N. Mukhtar, S. Rehman and E. S. Rha. 2004. Salt-induced change in photosynthetic activity and growth in a potential medicinal plant bishop's weed (*Ammi majus* L.). *Photosynthetica* 42(4): 543-550.
14. Aziza, E. E., H. Al-Amir and L. E. Craker. 2008. Influence of salt stress on growth and essential oil production in peppermint, pennyroyal and apple mint. *J. Herbs, Spices & Medicinal Plants* 14: 77-87.
15. Bernstein, N., M. Kravchik and N. Dudai. 2009. Salinity-induced changes in essential oil, pigments and salts accumulation in sweet basil (*Osimum basilicum*) in relation to alteration of morphological development. *Annals Appl. Biol.* 156(2): 167-177.
16. Gomez, I., J. Navarro Pedreno, R. Moral, M. R. Ibrera, G. Palacios and J. Mataix. 1993. Salinity and nitrogen fertilization affecting the macronutrient content and yield of sweet pepper plant. *J. Plant Nutr.* 19(2): 353-359.
17. Hasni, I., H. Ben Ahmed, E. Bizid, A. Raies, G. Samson and E. Zid. 2009. Physiological characteristics of salt tolerance in fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L.). *Proc. of Intl. Plant Nutrition Colloquium XVI*, Retrieved from: <http://escholarship.org/uc/item/5049c5qc>.
18. Hendawy, S. F. and Kh. A. Khalid. 2005. Response of sage (*Salvia officinalis* L.) plants to zinc application under different salinity levels. *J. Appl. Sci. Res.* 1: 147-155.
19. Hoagland, D. R. and D. I. Arnon. 1950. The water culture method for growing plants without soil. Circular 347, California Agriculture Experiment Station, Berkeley, 32 p.
20. Herrera, E. 2005. Soil test interpretation: Guide A-122. New Mexico State University, <http://aces.nmsu.edu/pubs/a/a-122.html>.
21. Khan, M. S. A., A. Hamid and M. A. Karim. 1998. Effect of sodium chloride on germination and seedling characters of different types of rice (*Oryza sativa* L.). *Crop Sci.* 176: 163-169.
22. Kowalaski, J. A. and M. C. Plada. 1995. Response of selected vegetable crops to saline water. University of the Virgin Island, Agricultural Experiment Station, pp. 232-237.
23. Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environ.* 25: 239-250.

24. Munns, R., R. A. James and A. Lauchil. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *J. Exp. Bot.* 57: 1025-1043.
25. Nayak, A. K., R. K. Gautam, D. K. Sharma, V. K. Mishra, C. S. Singh and S. K. Jha. 2008. Growth, oil yield, and ion partitioning in basil grown on sodic soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 39: 833-844.
26. Ozcan, M., A. M. Derya and A. Unver. 2005. Effect of drying methods on the mineral content of basil (*Ocimum basilicum*). *J. Food Engine* 69: 375-379.
27. Prasad, A., R. K. Lal, A. Chattopadhyay, V. K. Yadav and A. Yadav. 2007. Response of basil species to soil sodicity stress. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 38: 2705-2715.
28. Rameeh, V., A. Rezaei and G. Saeidi. 2004. Study for salinity tolerance in rapeseed. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 35: 2849-2866.
29. Rawson, H. M., R. A. Richards and R. Munns. 1988. An examination of selection criteria for salt tolerance in wheat, barley and triticale genotypes. *Aust. J. Agric. Res.* 39: 759-772.
30. Stuciffe, J. and D. A. Baker. 1981. *Plants and Mineral Salts*. Edward Arnold Publisher, Southampton, pp. 16-18.
31. Tester, M. and R. Davenport. 2003. Na tolerance and Na transport in higher plants. *Annals Bot.* 91: 503-527.
32. Zadeh, H. M. and M. B. Naeini. 2007. Effect of salinity stress on the morphology and yield of two cultivars of canola (*Brassica napus* L.). *J. Agron.* 6: 409-414.

Effects of salinity stress on morphological characteristics, essential oil content and ion accumulation in basil (*Ocimum basilicum*) plant under hydroponic conditions

A. Archangi^{1*} and M. Khodambashi¹

(Received: 01 Dec-2012 ; Accepted: 02 July-2013)

Abstract

In order to study the effects of salinity stress on morphological traits, essential oil content and ion accumulation in basil (*Ocimum basilicum*) plant under hydroponic conditions, a factorial experiment based on completely randomized blocks design with three replications was conducted on three landraces (Jahrom, Banafsh and Isfahan) and five NaCl salinity levels (0, 40, 80, 120 and 160 mM) in controlled greenhouse conditions. The results indicated a significant reduction in plant height, shoot dry weight and root dry weight due to increasing salinity level. Among the landraces, Banafsh landrace had the highest biomass. Also, with the increase in salinity level, sodium ion content of shoot and root increased. However, Ca²⁺ and K⁺ contents and Ca²⁺/Na⁺ and K⁺/Na⁺ ratios of both shoot and root decreased. These ratios were higher in shoots, as compared to roots, of all three landraces. Essential oil content increased with the increase in stress level. However, this much increase in essential oil content is not important at high salinity levels due to high reduction in biomass. This could be important at moderate stress considering produced biomass. Among the studied landraces, Jahrom landrace contained the highest essential oil content.

Keywords: Resistance to salinity, Ion accumulation, Biomass.

1. Dept. of Agron. and Plant Breed., College of Agric., Shahrekord Univ., Shahrekord, Iran.

*: Corresponding Author, Email: azin_archangi84@yahoo.com