نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۳۵، شماره ۳، صفحه ۳۸۰-۳۶۷ (۱۳۹۸)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijmapr.2019.121434.2298
شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0905.1398.35.367.95.3.1575.1610

ارزیابی تغییرات عملکرد کمّی و کیفی اسانس رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) در شرایط تنش شوری

لیلی صفائی[۱*]، حسین زینلی[۲] و داوود افیونی[۳]

۱*- نویسنده مسئول، مربی پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران، پست الکترونیک: safaii2000@yahoo.com

۲- دانشیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

۳- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی- باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۷ تاریخ اصلاح نهایی: دی ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۷

چکیده

به‌منظور بررسی اثر شوری آب آبیاری بر عملکرد کمّی و کیفی اسانس رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)، آزمایشی به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در شرایط زراعی انجام شد. تیمارهای آزمایشی چهار ژنوتیپ رازیانه شامل دو رقم P11-820065 آلمانی و ۱۱۴۸۶ اروپایی و دو ژنوتیپ بومی همدان و لرستان بودند. تیمارهای شوری آب آبیاری نیز شامل سه سطح ۲ (شاهد)، ۵ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر بود. برای استخراج اسانس از دستگاه کلونجر استفاده شد. نتایج نشان داد که شوری بر کلیه صفات به استثناء آلفا-پینن، میرسن و درصد اسانس معنی‌دار بود. ژنوتیپ‌ها نیز از نظر آنتول، آلفا-فلاندرن، گاما-ترپینن، درصد و عملکرد اسانس تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. برهم‌کنش ژنوتیپ در شوری بر کلیه صفات اثر معنی‌داری داشت. ژنوتیپ P11-820065 بیشترین درصد اسانس (۳/۹۰٪)، عملکرد اسانس (۹۱/۴۱ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد خشک بذر (۲۳۵۹/۷ کیلوگرم در هکتار) را در سطح شوری شاهد دارا بود، ولی با افزایش سطح شوری روند کاهش عملکرد بذر و اسانس در ژنوتیپ‌های غیربومی با شیب تندتری نسبت به ژنوتیپ‌های بومی بود. میزان آنتول به‌عنوان مهمترین ترکیب رازیانه نیز تا شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر افزایش و بعد کاهش نشان داد که روند تغییرات آن عکس میزان اسانس بود. براساس نتایج این تحقیق، در شرایط شوری آب آبیاری ژنوتیپ‌های بومی به علت تحمل بیشترشان نسبت به استرس شوری، از بازده اقتصادی بالاتری برخوردار بودند. شوری آب بر نوع مواد تشکیل‌دهنده اسانس بی‌تأثیر بود و تنها مقادیر این ترکیب‌ها تحت تأثیر آن قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: اسانس، شوری، رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)، بذر.

مقدمه

رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) گیاهی علفی، چندساله و متعلق به خانواده چتریان (Apiaceae) می‌باشد. این گیاه دارای ریشه‌ای مستقیم، ساقه‌ای استوانه‌ای به رنگ سبز روشن و به ارتفاع ۱۵۰ تا ۲۰۰ سانتی‌متر، برگ‌های سبز تیره، متناوب و دارای بریدگی با دمبرگ پهن است. گل‌های کوچک و زرد رنگ گیاه به‌صورت مجتمع در چتر مرکب قرار می‌گیرند (Mozaffarian, 1993). میوه رازیانه دوکی شکل با دو انتهای باریک و رنگ آن سبز یا قهوه‌ای روشن است (Anant *et al*., 2005). امروزه از مواد مؤثره آن در داروسازی برای مداوای سرفه، دل درد، نفخ، سوءهاضمه در کودکان و تحریک تولید شیر در مادران شیرده استفاده می‌شود. همچنین اسانس آن به‌عنوان چاشنی در صنایع نوشابه‌سازی، غذایی و آرایشی- بهداشتی کاربرد دارد (Khan, 2002).

شوری یکی از مهمترین عوامل محدودکننده تولید در گیاهان می‌باشد. تنش شوری کاهش تولید متابولیت‌های اولیه را به همراه دارد که در نتیجه آن کمبود مواد اولیه برای سنتز متابولیت‌های ثانویه مشاهده می‌گردد (Alaei *et al*., 2014). تحقیقات متعدد انجام شده روی گیاهان دارویی نشان‌دهنده تأثیر شوری بر عملکرد کمّی و کیفی این گیاهان می‌باشد. براساس نظر Munns (۲۰۰۳) کاهش رشد گیاه در دو مرحله انجام می‌شود: مرحله اول کاهش رشد سریع اتفاق می‌افتد و به‌دلیل املاح بیرون و اطراف ریشه است که قابلیت اسمزی خاک را کاهش داده و جذب آب را کم می‌کند و به‌دنبال آن انبساط و تقسیم سلولی و سرعت رشد کم می‌شود. مرحله دوم که طولانی‌تر است به‌دلیل تجمع بیش از حد املاح به‌ویژه سدیم در سیتوپلاسم سلول‌ها است که باعث سمّیت یونی شده و باعث اختلال در فرایند فتوسنتز و تنفس شده و رشد را کاهش می‌دهد. شوری، نیاز به انرژی اضافی را به گیاه تحمیل می‌کند که در نتیجه آن کربن لازم برای رشد کاهش می‌یابد و کاهش درصد اسانس نیز مشاهده می‌شود (Cheesman, 1988). تحقیق Ghassemi-Golezani و همکاران (۲۰۱۱) روی گیاه شوید نشان داد که عملکرد خشک اندام هوایی و عملکرد اسانس این گیاه تحت تأثیر تنش شوری کاهش معنی‌داری داشته اما درصد اسانس تغییری نکرده است. همچنین مطالعات نشان داده است که شوری باعث کاهش عملکرد خشک و میزان اسانس در گیاه دارویی گل مکزیکی (*Agatache foeniculum*) گردید (Khorsandi *et al*., 2010). براساس تحقیق Abd و Wahab (۲۰۰۶)، شوری ویژگی‌های رویشی و زایشی گیاه رازیانه را تحت تأثیر قرار داده و این مسئله در مورد عملکرد دانه، عملکرد اسانس و میزان آنتول نیز مشاهده شده است. اثر منفی شوری بر درصد اسانس گیاهانی مانند زنیان رومی (*Trachyspermum ammi*) (Ashraf & Orooj, 2006)، ریحان (basil) (Said-Al *et al*., 2010) و مریم‌گلی (*Salvia officinalis*) (Ben Taarit *et al*., 2010) گزارش شده است. این در حالیست که در تحقیق Omer و همکاران (۲۰۱۴) بیان شده که میزان اسانس رازیانه در شرایط تنش شوری افزایش نشان داده است. Hassani (۲۰۰۶) گزارش نموده است که شوری آب آبیاری محتوای آب، عملکرد خشک و اسانس گیاه بادرشبویه را کاهش می‌دهد اما روی کیفیت اسانس بی‌تأثیر است. تحقیق Roodbari و همکاران (۲۰۱۳) روی گیاه نعناع نشان داد که افزایش شوری آب آبیاری به‌طور معنی‌داری کاهش بیوماس و درصد اسانس را به همراه دارد. کاهش پارامترهای رشد در گیاه سیاه‌دانه (Razmjoo *et al*., 2008)، عملکرد اسانس در بادرنجبویه (*Melissa officinalis*) (Ozturk *et al*., 2004) و کیفیت اسانس در گیاه به‌لیمو (Tabatabaie & Nazari, 2007) نیز گزارش شده است. Baâtour و همکاران (۲۰۰۹، ۲۰۱۲) کاهش محتوای اسانس را در گیاه مرزنجوش (*Origanum majorana*) در اثر افزایش سطح شوری اعلام نموده‌اند. همچنین گزارش کرده‌اند که شوری باعث تغییر ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس در این گیاه می‌گردد. به‌عنوان مثال ترکیب میرسن در حالت شاهد وجود دارد اما در گیاهان تحت تنش شوری دیده نمی‌شود. Charles و همکاران (۱۹۹۰) کاهش تولید اسانس خانواده نعناع در اثر شوری را به‌دلیل عرضه محدود سیتوکنین از ریشه به اندام هوایی

می‌دانند که در نتیجه آن نسبت آبسیزیک اسید و سیتوکنین تغییر می‌نماید. در تحقیق Ershad Langroudi و همکاران (۲۰۱۳) روی گیاه رزماری نشان داده شد که میزان اسانس در بالاترین سطح شوری یعنی تیمار آب دریا، بیشترین مقدار را داشته است. در تحقیق El-Keltawi و Croteau (۱۹۸۷) بیان شده که شوری ۲۰٪ عملکرد اسانس را در خانواده نعناع کاهش می‌دهد.

با توجه به اینکه اطلاعاتی در مورد تفاوت کمّیت و کیفیت اسانس ژنوتیپ‌های بومی رازیانه با ارقام خارجی در شرایط تنش شوری آب آبیاری در دسترس نبود، ازاین‌رو این تحقیق به‌منظور بررسی این مسئله اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر شوری آب آبیاری بر عملکرد کمّی و کیفی گیاه دارویی رازیانه در استان اصفهان، مطالعه‌ای در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان انجام شد. زمین مورد استفاده در این آزمایش در پاییز سال ۱۳۹۱ شخم، دیسک‌زده و تسطیح شده و برای کشت رازیانه پاییز آماده گردید. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شده در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای طرح (عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر)

بافت خاک	کربن آلی (%)	ازت کل (%)	ECe (dS/m)	گل اشباع pH	جمع آنیون‌ها (meq/l)	جمع کاتیون‌ها (meq/l)	Ca^{++} Mg^{++} (meq/l)	HCO_3^- (meq/l)	Cl^- (meq/l)	SO_4^{--} (meq/l)	Na^+ (meq/l)
لومی رسی	۱/۴۴	۰/۱۴	۱/۷۵	۷/۶۴	۱۰۲	۱۱۰	۸۵	۱۰/۸	۳۶	۵۵/۲	۲۵

آزمایش به‌صورت کرت‌های یکبار خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی و ۳ تکرار انجام شد. تیمار اصلی شوری آب آبیاری شامل سه سطح شاهد (۲)، ۵ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار فرعی ۴ ژنوتیپ رازیانه شامل دو رقم P11-820065 آلمانی و ۱۱۴۸۶ اروپایی و دو توده همدان و لرستان بود که براساس نتایج بدست‌آمده از طرح خاتمه یافته بررسی تنوع ژنتیکی رازیانه (Safaei *et al.*, 2007) به‌عنوان ژنوتیپ‌های منتخب از نظر عملکرد بذر و میزان اسانس مشخص شده بودند. برای تهیه آب شور از سنگ نمک استفاده گردید. به همین منظور برای تهیه آب شور تیمارهای آزمایش، مقادیر زیادی سنگ نمک در یک ظرف آب حل و محلول غلیظ اشباع نمک تولید گردید. به‌طوری که مقادیری از نمک در ته ظرف به‌صورت رسوب باقی ماند. سپس با پارچ، آب شور غلیظ به‌تدریج به بشکه‌های شیردار ۲۰۰ لیتری اضافه و مرتب شوری آن با دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد تا محلول یکنواخت با شوری مورد نظر حاصل گردید.

پس از تقسیم مزرعه به سه بلوک و ایجاد فاصله یک متری بین بلوک‌ها براساس نقشه، طرح کرت‌بندی انجام گردید. کرت‌ها در این طرح به مساحت ۶ مترمربع (۳×۲) و فاصله هر کرت ۰/۵ متر در نظر گرفته شد. کاشت بذر در تاریخ ۱۷ مهرماه ۱۳۹۱ به‌صورت ردیفی با فاصله ۵۰ سانتی‌متر انجام شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت بذرها و دومین آن ۳ روز پس از کاشت با آب معمولی با شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر انجام گردید. پس از آن تا اواخر اسفندماه با توجه به رطوبت خاک به‌طور میانگین ۱۰ روز یک‌بار آبیاری با اعمال تیمارهای شوری انجام شد. پس از استقرار بوته‌ها در اوایل فروردین، فاصله بوته‌ها روی هر کرت با تنک کردن، حدود ۲۰ سانتی‌متر تنظیم شد و اعمال تیمارهای شوری با استفاده از آب شور تهیه شده در بشکه‌های شیردار از ۱۴ فروردین ۱۳۹۲ آغاز گردید. وجین به‌صورت دستی و در چند مرحله انجام شد. اولین وجین در مرحله ۴ برگی، دومین و سومین وجین هریک به فاصله یک ماه و وجین نواحی حاشیه طرح تا یک ماه قبل

از برداشت ادامه داشت. با توجه به اینکه استقرار رازیانه در سال اول به کندی انجام می‌شود، ازاین‌رو سال ۱۳۹۲ سال استقرار گیاه در نظر گرفته شد و داده‌برداری‌ها در سال ۱۳۹۳ انجام گردید.

بذرهای ژنوتیپ‌های بومی در اواخر تیرماه و ژنوتیپ‌های خارجی در اواسط تا اواخر مردادماه هنگامی که به حد کافی سفت شده و به‌رنگ خاکستری مایل به سبز درآمدند جمع‌آوری گردید و عملکرد بذر محاسبه شد. همچنین نمونه خاک در پایان سال از عمق توسعه ریشه (۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متری) تهیه و برای بررسی میزان شوری به آزمایشگاه ارسال گردید.

به‌منظور تعیین میزان اسانس، ابتدا ۱۰۰ گرم از بذرهای خشک شده هر ژنوتیپ با آسیاب برقی خرد و برای یکنواخت بودن اندازه ذرات از الک شماره ۱۶ (مش ۱۶) عبور داده شد. پودر بدست‌آمده در بالن ۱۰۰۰ میلی‌لیتری با ۵۰۰CC آب کاملاً مخلوط شده و پس از افزودن ۲ پرل شیشه‌ای به بالن، بالن به دستگاه اسانس‌گیری وصل شد. اسانس به دلیل داشتن وزن سبک‌تر در روی آب قرار گرفت. بعد از آن اسانس از طریق پیپت پاستور از سطح آب جدا گردید. اسانس هر نمونه در شیشه‌های درب‌دار کوچک قرار گرفت و وزن آن اندازه‌گیری شد. سپس برای تجزیه اسانس، نمونه‌ها به آزمایشگاه بخش تحقیقات گیاهان دارویی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور (تهران) ارسال شد. اسانس استخراج شده توسط دستگاه کروماتوگراف گازی (GC) و کروماتوگراف گازی مجهز به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) واقع در مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور (تهران) آنالیز شد که مشخصات دستگاه‌های مورد استفاده به‌شرح زیر بود.

مشخصات گاز کروماتوگرافی (GC): کروماتوگراف گازی مدل (Shimadzu) مجهز به دتکتور F.I.D (یونیزاسیون شعله هیدروژن) و داده‌پرداز Chromatepac، ستون DB-5 و نیمه قطبی به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۲۵ میکرون و ضخامت لایه فاز ساکن برابر ۰/۲۵ میکرون، گاز حامل هلیوم، سرعت جریان گاز حامل ۲۲/۷ سانتی‌متر بر ثانیه، برنامه حرارتی ۲۵۰–۵۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۴ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه و دمای محفظه تزریق ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد بود.

مشخصات گاز کروماتوگرافی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS): کروماتوگراف گازی Varin-3400 متصل شده به طیف‌سنج جرمی (Saturn II)، ستون DB-5 و نیمه قطبی به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۲۵ میکرون و ضخامت لایه فاز ساکن برابر ۰/۲۵ میکرون، دتکتور Ion trap، گاز حامل هلیوم، سرعت جریان گاز حامل ۳۵ میلی‌لیتر بر دقیقه و انرژی یونیزاسیون در طیف‌سنج جرمی برابر ۷۰ الکترون ولت، برنامه حرارتی ۲۴۰–۶۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۳ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه و دمای محفظه تزریق ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد بود.

پس از تزریق اسانس به دستگاه‌های اشاره شده، با استفاده از زمان بازداری ترکیب‌ها (tR)، اندیس بازداری (RI)، طیف جرمی و مقایسه این پارامترها با ترکیب‌های استاندارد و یا با اطلاعات موجود در کتابخانه نسبت به شناسایی ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس اقدام گردید. درصد کمّی این ترکیب‌ها نیز با محاسبه سطوح زیرمنحنی در کروماتوگرام‌ها محاسبه شد (Adams, 2007؛ Davies, 1990؛ Shibamoto, 1987). عملکرد اسانس نیز از حاصلضرب درصد اسانس در عملکرد بذر بدست آمد. در این تحقیق برای انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها از نرم‌افزار SAS و برای بررسی برهم‌کنش‌ها از برنامه MSTAT-C استفاده گردید.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که تأثیر شوری بر کلیه صفات مورد مطالعه به استثناء آلفا–فلاندرن، میرسن و درصد اسانس معنی‌دار بود. اثر ژنوتیپ تنها روی آنتول، آلفا–فلاندرن، گاما–ترپینن، درصد و عملکرد اسانس معنی‌دار شد. برهم‌کنش ژنوتیپ در شوری نیز بر کلیه صفات اثر معنی‌داری داشت.

براساس جدول ۳، ترکیب‌های آلفا–پینن، سابینن، میرسن، کامفور، گاما–ترپینن و دو صفت عملکرد بذر و اسانس در شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین مقدار را داشتند و تفاوت معنی‌داری با دو سطح دیگر شوری نشان ندادند. همچنین درصد دو ترکیب استراگول و لیمونن نیز در

شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد که تفاوت معنی‌داری با میزان این ترکیب در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر نداشت. درصد لیمونن در شوری ۵ و فنکون در ۸ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین مقدار را دارا بود. درصد اسانس در شوری‌های مختلف تفاوت معنی‌داری نشان نداد.

نتایج مقایسه میانگین جدول ۴ نشان داد که ژنوتیپ P11-820065 بیشترین مقدار آلفا–پینن، کامفور، آلفا–فلاندرن، درصد و عملکرد اسانس را دارا به خود اختصاص داد. بیشترین مقدار آنتول به ژنوتیپ لرستان و لیمونن به ژنوتیپ همدان تعلق داشت. بالاترین میزان گاما–ترپینن در ژنوتیپ ۱۱۴۸۶ مشاهده شد که تفاوت آن با ژنوتیپ P11-820065 معنی‌دار نبود.

برهم‌کنش شوری در ژنوتیپ (جدول ۵) نشان داد که در شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین مقدار آلفا–پینن مربوط به ژنوتیپ‌های همدان (۱۰/۲۶٪) و P11-820065 (۱۱/۰۲٪) بود. این ترکیب در شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر در ژنوتیپ‌های ۱۱۴۸۶ و P11-820065 و در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر در ژنوتیپ همدان بالاترین میزان خود را نشان داد. بالاترین میزان سابینن در شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر و ژنوتیپ P11-820065، شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر در ژنوتیپ‌های همدان، لرستان و P11-820065 و در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر در ژنوتیپ‌های همدان، لرستان و ۱۱۴۸۶ مشاهده گردید. کمترین میزان میرسن در شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر مربوط به ژنوتیپ لرستان (۱/۹۲٪) بود. سایر ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. ژنوتیپ P11-820065 در شوری ۵ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب بیشترین (۴/۱۳٪) و کمترین (صفر درصد) مقدار این ترکیب را به خود اختصاص داد. بیشترین مقدار کامفور در شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر مربوط به دو ژنوتیپ لرستان و P11-820065، در شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر به P11-820065 و در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر به ژنوتیپ ۱۱۴۸۶ تعلق داشت. از نظر ترکیب استراگول ژنوتیپ‌ها در شوری ۲ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. تنها در شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر در ژنوتیپ لرستان کمترین میزان این ترکیب مشاهده شد و بقیه ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. بالاترین مقدار آنتول در شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر مربوط به دو ژنوتیپ لرستان و ۱۱۴۸۶ بود. در شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر دو ژنوتیپ همدان و لرستان بیشترین میزان این ترکیب را نشان دادند. ولی در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها مشاهده نشد. در شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر ترکیب لیمونن مشاهده گردید. بیشترین مقدار این ترکیب در ژنوتیپ همدان و کمترین آن در ژنوتیپ لرستان مشاهده شد. ژنوتیپ‌ها در شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند، اما در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر ژنوتیپ P11-820065 کمترین مقدار این ترکیب را نشان داد. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر ترکیب آلفا–فلاندرن و گاما–ترپینن در کلیه سطوح شوری تفاوت معنی‌دار نشان دادند. ترکیب فنکون در ژنوتیپ‌های غیربومی در شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده نشد. ژنوتیپ‌ها از نظر این ترکیب در شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین مقدار این ترکیب در ژنوتیپ P11-820065 مشاهده شد. عملکرد بذر و عملکرد اسانس ژنوتیپ‌های غیربومی در شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر بیشتر از ژنوتیپ‌های بومی بود ولی با افزایش شوری کاهش این صفات در ژنوتیپ‌های غیربومی بیشتر مشاهده شد. درصد اسانس ژنوتیپ‌های غیربومی در شوری ۲ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر بیشتر از ژنوتیپ‌های بومی بدست‌آمد و کاملاً تفاوت معنی‌داری داشت. در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر نیز ژنوتیپ P11-820065 بیشترین درصد اسانس برابر ۳/۴۸ را به خود اختصاص داد.

نتایج شوری انتهای فصل خاک (جدول ۶) نشان داد که با اعمال تیمارهای شوری آب آبیاری ۲، ۵ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر، میزان شوری خاک از ۱/۷۵ دسی‌زیمنس بر متر در ابتدای اجرای طرح (جدول ۱) به ۳/۱، ۷/۵ و ۱۲/۳ دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافت.

جدول ۲- میانگین مربعات تأثیر شوری آب آبیاری و ژنوتیپ بر صفات کمّی و کیفی رازیانه (***F. vulgare***)

منابع تغییرات	درجه آزادی	MS														
		آلفا-پینن	سابینن	میرسن	کامفور	استراگول	آنتول	لیمونن	آلفا-فلاندرن	گاما-ترپینن	فنکون	عملکرد بذر	درصد اسانس	عملکرد اسانس
بلوک	۲	۹/۵۲	۰۲/۰	۰/۳	۰/۳	۷/۴۸	۶۲/۳۶	۴/۵۳	۰/۰۵	۰/۳۳	۱۴۲	۵۵۳۲۷/۲	۰/۰۳	۶۰/۳۸
شوری	۲	۸/۶۲ns	۵/۰۷**	۳/۰۵ns	۹/۸**	۲۶/۶۸**	۱۰۴۶/۶۹**	۳۰/۵۷*	۴/۳۵**	۴/۰۲**	۹۸۱/۵۲**	۶۷۶۵۵۱۸/۷**	۰/۰۵ns	۳۴۶۸/۴۵**
خطای شوری	۴	۴/۷۴	۰/۱۹	۰/۲	۰/۷	۹/۰۳	۱۴۵/۹۲	۹/۹	۰/۱۳	۰/۳	۱۳۰/۹	۲۳۸۰۶۶/۸	۰/۰۸	۶۷/۱۸
ژنوتیپ	۳	۲۴/۱ns	۰/۲۳ns	۰/۶۸ns	۱/۰۲ns	۷/۲۲ns	۴۹۲/۲۶**	۱۵/۲۶ns	۹/۴۲**	۲۸/۵۳**	۸۷/۴۵ns	۷۰۲۷۰۱/۱ns	۳/۳۶**	۸۲۶/۲۵**
ژنوتیپ×شوری	۶	۳۷/۴**	۰/۸۴**	۴/۷۳**	۱/۷۸*	۶/۰۷*	۲۵۳/۹*	۲۲/۱۸*	۵/۸۶**	۱/۷۷**	۳۰۸/۹*	۵۱۲۸۱۸۱/۴**	۰/۳۳*	۱۳۳۹/۵۳**
خطای کل	۱۸	۹/۸	۰/۱۷	۰/۹۷	۰/۵۵	۳/۹۹	۸۰/۲	۷/۰۳	۰/۰۳	۰/۴	۱۰۴/۳۵	۱۶۰۳۸۹/۹	۰/۱۷	۱۶۸/۸۵

** و *: به‌ترتیب در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ معنی‌دار است.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر شوری آب آبیاری بر صفات کمّی و کیفی رازیانه (***F. vulgare***) با استفاده از آزمون دانکن و سطح احتمال ۱٪

شوری	آلفا-پینن (٪)	سابینن (٪)	میرسن (٪)	کامفور (٪)	استراگول (٪)	آنتول (٪)	لیمونن (٪)	آلفا-فلاندرن (٪)	گاما-ترپینن (٪)	فنکون (٪)	عملکرد بذر (kg/ha)	درصد اسانس (٪)	عملکرد اسانس (kg/ha)
۲	۸/۳۶a	۱/۸۳a	۲/۸۱a	۲/۹۰a	۸/۶۹a	۲۷/۹۴b	۱۵/۳۶a	۱/۲۸c	۳/۰۲a	۹/۲۷b	۱۶۶۵/۹۰a	۲/۷۹a	۵۰/۴۲a
۵	۷/۰۴a	۰/۶۲b	۲/۵۹ab	۱/۴۴b	۶/۰۶b	۴۵/۸۰a	۱۲/۵۶b	۱/۶۶b	۱/۸۹b	۱۷/۶۶b	۹۰۷/۵۰b	۲/۹۳a	۲۵/۲۵b
۸	۶/۷۸a	۰/۸۱b	۱/۸۵b	۱/۲۶b	۸/۵۸a	۳۲/۱۳b	۱۵/۳۰a	۲/۴۶a	۲/۲۵b	۲۷/۳۴a	۶۴۳/۰b	۲/۸۴a	۱۸/۰۲b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ با هم ندارند.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر ژنوتیپ بر صفات کمّی و کیفی رازیانه (***F. vulgare***) تحت شوری آب آبیاری با استفاده از آزمون دانکن و سطح احتمال ۱٪

ژنوتیپ	آلفا-پینن (٪)	سابینن (٪)	میرسن (٪)	کامفور (٪)	استراگول (٪)	آنتول (٪)	لیمونن (٪)	آلفا-فلاندرن (٪)	گاما-ترپینن (٪)	فنکون (٪)	عملکرد بذر (**kg/ha**)	درصد اسانس (٪)	عملکرد اسانس (**kg/ha**)
همدان	۷/۸۶ab	۱/۲۲a	۲/۴۰a	۱/۴۹b	۸/۵۳a	۳۲/۴۲b	۱۵/۶۵a	۱/۳۴c	۰/۳۳c	۲۰/۸۹a	۱۰۰۵/۸۰a	۲/۳۹c	۲۴/۱۱b
لرستان	۴/۹۹b	۱/۱۹a	۲/۰۳a	۱/۹۴ab	۶/۴۸a	۴۶/۲۴a	۱۴/۹۴ab	۰/۵۹d	۱/۴۹b	۱۶/۳۹a	۱۲۱۵/۲۰a	۲/۴۵c	۲۹/۱۶b
P11-820065	۸/۶۱a	۱/۰۷a	۲/۶۵a	۲/۲۹a	۷/۹۸a	۲۹/۹۸b	۱۲/۶۰b	۲/۷۷a	۳/۷۳a	۲۰/۵۲a	۱۱۹۲/۴۰a	۳/۷۱a	۴۵/۲۶a
11486	۸/۱۲ab	۰/۸۷a	۲/۵۹a	۱/۷۴ab	۸/۱۱a	۳۲/۰۱b	۱۴/۴۳ab	۲/۵۰b	۴/۰۲a	۱۴/۵۶a	۸۷۵/۳۰a	۲/۸۷b	۲۶/۳۸b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ با هم ندارند.

جدول ۵- مقایسه میانگین برهم‌کنش شوری آب آبیاری و ژنوتیپ بر صفات کمّی و کیفی رازیانه (***F. vulgare***)

شوری	ژنوتیپ	آلفا-پینن (٪)	سابینن (٪)	میرسن (٪)	کامفور (٪)	استراگول (٪)	آنتول (٪)	لیمونن (٪)	آلفا-فلاندرن (٪)	گاما-ترپینن (٪)	فنکون (٪)	عملکرد بذر (**kg/ha**)	درصد اسانس (٪)	عملکرد اسانس (**kg/ha**)
۲	همدان	۱۰/۲۶a	۱/۶۵b	۳/۰۴a	۲/۱۷b	۸/۶۵a	۱۸/۸۳b	۱۸/۳۳a	۲/۰۰a	۰/۰۰c	۲۲/۰۱a	۱۱۰۳/۲۰c	۲/۴۷b	۲۷/۹۲c
۲	لرستان	۶/۵۰b	۱/۶۱b	۱/۹۲b	۳/۹۷a	۶/۶۹a	۴۱/۸۷a	۱۱/۶۱d	۱/۳۸b	۲/۸۸b	۱۵/۰۷a	۱۴۶۳/۴۰c	۲/۳۶b	۳۴/۷۲c
۲	**P11-820065**	۱۱/۰۲a	۲/۴۴a	۳/۸۱a	۳/۲۶a	۹/۷۳a	۱۹/۳۸b	۱۴/۸۳c	۱/۰۵c	۴/۹۱a	۰/۰۰b	۲۳۵۹/۶۵a	۳/۹۰a	۹۱/۴۱a
۲	**11486**	۵/۶۸b	۱/۶۳b	۲/۴۶a	۲/۲۱b	۹/۷۰a	۳۱/۶۹a	۱۶/۶۹b	۰/۶۹d	۴/۳۲a	۰/۰۰b	۱۹۳۰/۰۳b	۳/۱۲a	۵۹/۶۵b
۵	همدان	۳/۵۰b	۰/۸۳a	۱/۹۰b	۱/۲۵ab	۷/۴۳a	۵۱/۸۰a	۱۱/۸۶a	۰/۵۶c	۰/۰۰c	۱۶/۶۶a	۱۰۹۶/۸۰a	۲/۱۵b	۲۳/۶۳a
۵	لرستان	۳/۲۲b	۰/۹۱a	۲/۰۱b	۰/۸۳b	۳/۳۵b	۶۲/۷۵a	۱۴/۴۱a	۰/۳۷c	۰/۴۵c	۱۲/۳۸a	۱۲۷۶/۳۰a	۲/۱۱b	۲۶/۹۳a
۵	**P11-820065**	۸/۴۶a	۰/۷۷a	۴/۱۳a	۲/۵۷ba	۶/۷۴a	۳۴/۵۸b	۱۱/۱۱a	۳/۵۵a	۲/۹۸b	۱۹/۶۵a	۷۳۹/۵۸b	۳/۷۵a	۲۷/۷۱a
۵	**11486**	۱۲/۹۸a	۰/۰b	۲/۳۴b	۱/۱۴b	۶/۶۹a	۳۴/۰۷b	۱۲/۸۹a	۲/۱۶b	۴/۱۵a	۲۱/۹۳a	۳۲۳/۶۵b	۳/۰۱a	۱۰/۶۷b
۸	همدان	۹/۸۳a	۱/۱۰a	۲/۲۶a	۱/۰۴b	۹/۵۲a	۲۶/۶۵a	۱۶/۷۸a	۱/۴۵c	۰/۹۹b	۲۴/۰۲b	۸۱۶/۴۰a	۲/۵۴c	۲۰/cd
۸	لرستان	۵/۲۵b	۱/۱۵a	۲/۱۸a	۱/۰۲b	۹/۴۰a	۳۴/۱۱a	۱۸/۸۰a	۰/۰۰d	۱/۱۴b	۲۱/۷۰b	۹۰۵/۰۳a	۲/۸۶b	۲۵/۸۱a
۸	**P11-820065**	۶/۳۶b	۰/۰b	۰/۰b	۱/۰۴b	۷/۴۸a	۳۵/۹۹a	۱۱/۸۸b	۳/۷۳b	۳/۳۲a	۴۱/۹۰a	۴۷۸/۴۰b	۳/۴۸a	۱۶/۶۶a
۸	**11486**	۵/۷۱b	۰/۹۹a	۲/۹۵a	۱/۸۸a	۷/۹۴a	۳۱/۷۷a	۱۳/۷۳a	۴/۶۶a	۳/۵۷a	۲۱/۷۴b	۳۷۱/۴۳b	۲/d-fc	۸/۸۲b

میانگین‌های با حروف یکسان در هر ستون و هر سطح شوری به‌طور جداگانه در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی‌دار با هم ندارند (آزمون دانکن).

جدول ۶- شوری خاک در ابتدا و پایان اجرای طرح در منطقه توسعه ریشه (۰ تا ۳۰ سانتی‌متر)

شوری	۲ دسی‌زیمنس بر متر	۵ دسی‌زیمنس بر متر	۸ دسی‌زیمنس بر متر
ابتدای آزمایش	۱/۷۵	۱/۷۵	۱/۷۵
انتهای آزمایش	۳/۱	۷/۵	۱۲/۳

بحث

گزارش‌های موجود نشان داده است که تنوع قابل ملاحظه‌ای در ژرم‌پلاسم رازیانه وجود دارد (Massoud, 1992؛ Bernath *et al*., 1996؛ Patel *et al*., 2008؛ Zahid *et al*., 2009؛ Menna *et al*., 2010). این تنوع می‌تواند واکنش متفاوت این ژنوتیپ‌ها را به عوامل مختلف محیطی به همراه داشته باشد. ازاین‌رو مشاهده واکنش‌های متفاوت ژنوتیپ‌های این مطالعه نیز نسبت به تیمارهای مختلف شوری امری بدیهی به نظر می‌رسد.

در محیط شور به‌دلیل شرایط خاص شیمیایی و بالا بودن غلظت برخی عناصر مانند سدیم و کلر، قابلیت استفاده و جذب عناصر غذایی گیاه تحت تأثیر قرار می‌گیرد. ازاین‌رو کاهش رشد و کیفیت محصول کاملاً مشهود می‌باشد. تنش‌ها و ازجمله آن تنش شوری، رشد و تقسیم سلول‌ها را تحت تأثیر قرار داده که در نتیجه آن کاهش مشخص در اندازه و تعداد برگ، کاهش تورژسانس سلولی و در نهایت کاهش رشد و توسعه سلول به‌ویژه در ساقه و برگ‌ها قابل مشاهده است (Sultana *et al*., 1999). در اثر توقف رشد برگ سطح فتوسنتزی کاهش یافته و این امر موجب کاهش سرعت رشد گیاه می‌گردد که کاهش عملکرد را نیز به‌دنبال دارد. عملکرد بذر و عملکرد اسانس که ازجمله فاکتورهای مهم در گیاه رازیانه می‌باشند نیز از این قاعده مستثنی نبوده و با توجه به نتایج این تحقیق با افزایش سطح شوری روند کاهشی داشته‌اند. مسئله قابل توجه این است که گرچه کاهش عملکرد در ژنوتیپ‌های بومی و غیر بومی دیده شده اما شیب این کاهش در ژنوتیپ‌های بومی بسیار ملایم‌تر از غیربومی بوده است. کاهش عملکرد بیولوژیک رازیانه در اثر افزایش میزان شوری آب آبیاری گزارش شده است (Davazdah-emami *et al*., 2015). براساس تحقیقات Semiz و همکاران (۲۰۱۲) روی گیاه رازیانه مشخص شده است که کاهش عملکرد گیاه از شوری ۲/۶ دسی‌زیمنس بر متر شروع می‌گردد. این مسئله توسط Graifenberg و همکاران (۱۹۹۶) نیز تأیید شده است. براساس تحقیق Abd و Wahab (۲۰۰۶) نیز گزارش شده است که افزایش شوری در گیاه رازیانه ویژگی‌های رویشی و زایشی آن را تحت تأثیر قرار داده و این مسئله در مورد عملکرد دانه، عملکرد اسانس و میزان آنتول مشاهده گردیده است که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. گزارش Davazdah-Emami و همکاران (۲۰۱۰) و Akbarinia (۲۰۰۳) روی گیاه زنیان نیز نشان‌دهنده کاهش عملکرد این گیاه در شرایط شوری می‌باشد.

تحقیقات زیادی بیانگر کاهش درصد اسانس گیاهان دارویی در نتیجه افزایش شوری آب آبیاری می‌باشد (Ashraf & Orooj, 2006؛ Najafi *et al*., 2010؛ Said-Al *et al*., 2010؛ Ben Taarit *et al*., 2010). البته در تحقیق Omer و همکاران (۲۰۱۴) گزارش شده است که میزان اسانس رازیانه در شرایط تنش شوری افزایش نشان داده است.

در این تحقیق درصد اسانس در ژنوتیپ‌های بومی با افزایش سطح شوری افزایش ولی در ژنوتیپ‌های غیربومی روند معکوسی داشته است. با توجه به اینکه عوامل مختلفی می‌توانند در کاهش میزان اسانس نقش داشته باشند که ازجمله آنها می‌توان به عدم رشد و نمو کامل گیاه و کاهش آنابولیسم آن اشاره نمود؛ ازاین‌رو شاید بتوان نتیجه گرفت که ژنوتیپ‌های بومی گیاه رازیانه با وجود افزایش میزان شوری توانسته‌اند تمام مراحل رشد و نمو خود را کامل کرده

و از ایجاد خلل در فعالیت‌های آنابولیسمی خود جلوگیری نمایند، در نتیجه میزان اسانس کافی را در سطوح مختلف شوری اعمال شده تولید کنند ولی این مسئله در ژنوتیپ‌های غیر بومی اتفاق نیفتاده است.

نتایج این تحقیق نشان داده است که اثر شوری و ژنوتیپ بر نوع ترکیب‌های اسانس معنی‌دار نبوده است. Mimica-Dukie و همکاران (۲۰۰۳) ترانس آنتول و فنکون را اصلی‌ترین ترکیب‌های اسانس رازیانه معرفی کرده‌اند. براساس نتایج این تحقیق نیز اصلی‌ترین ترکیب اسانس رازیانه آنتول بوده است. میزان آنتول تا شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر افزایش نشان داده است ولی پس از آن کاهش این ترکیب مشاهده می‌شود. بنابراین به نظر می‌رسد گیاه با وجود کاهش عملکرد بذر، توانایی تولید متابولیت‌های ثانویه را حفظ کرده است. ترکیب فنکون روند متفاوتی را در ژنوتیپ‌ها داشته است. این ترکیب در ژنوتیپ‌های بومی ابتدا کاهش و بعد افزایش نشان داده ولی در ژنوتیپ‌های غیر بومی با روند افزایش شوری، افزایش داشته است. تحقیقات نشان داده است که ترکیب‌های اصلی اسانس و اجزاء اسانس رازیانه از نظر کیفیت در بین واریته‌های مختلف رازیانه متفاوت است (Kandil, 2002) که این تفاوت بین ژنوتیپ‌های این تحقیق نیز مشاهده شد. در این تحقیق میزان ترکیب آنتول در ژنوتیپ‌های بومی بالاتر از ژنوتیپ‌های غیربومی بدست آمد. ازاین‌رو در صورتی که هدف تولید مقادیر بالای ترکیب آنتول باشد استفاده از ژنوتیپ‌های بومی توصیه می‌گردد. از سویی میزان ترکیب استراگول در ژنوتیپ‌های غیر بومی کمتر از ژنوتیپ های بومی بدست آمد. از آنجا که استراگول به‌عنوان یک ماده مضر شناخته شده و ایجاد کننده سرطان به‌ویژه سرطان کبد در موش می‌باشد، بنابراین سعی می‌شود در برنامه‌های اصلاحی در جهت کاهش این ترکیب تلاش گردد. بنابراین می‌توان از این ژنوتیپ‌های غیر بومی در برنامه‌های اصلاحی به‌منظور ایجاد رازیانه‌هایی با میزان استراگول پایین به‌عنوان والد استفاده نمود. Pank و همکاران (۲۰۰۳) در تحقیقی نشان دادند که با افزایش میزان استراگول مقدار آنتول کاهش می‌یابد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. همچنین براساس نتایج همبستگی ویژگی‌های رازیانه، در این تحقیق با افزایش ترکیب‌های اصلی اسانس میزان ترانس آنتول کاهش می‌یابد که با نتایج Ehsanipoor (۲۰۰۹) مطابقت دارد.

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی باید اشاره کرد که میزان شوری خاک اندازه‌گیری شده در پایان آزمایش در منطقه توسعه ریشه برابر ۳/۱، ۷/۵ و ۱۲/۳ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب برای تیمارهای آب آبیاری ۲، ۵ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر بدست آمده که با توجه به نوع بافت خاک محل آزمایش (جدول ۱) که لومی رسی برآورد شده است، منطقی به نظر می‌رسد. نقطه تعادل شوری خاک برای بافت‌های متوسط بعد از چند بار آبیاری با آب شور، یک و نیم برابر شوری آب آبیاری ذکر شده است. علاوه بر آن توجه به این نکته که در فاصله بین دو آبیاری، میزان شوری در عمق‌های مختلف خاک تغییر می‌کند، یعنی در زمان آبیاری نمک از سطح خاک به عمق خاک (با توجه به حجم آبیاری) و با گذشت زمان و انجام تبخیر از عمق به سطح منتقل می‌شود، نشان‌دهنده این موضوع است که در عمل، ژنوتیپ‌های مورد بررسی در معرض تنش‌های شوری بالاتری نسبت به اعداد ذکر شده قرار می‌گیرند. ازاین‌رو براساس نتایج این آزمایش ژنوتیپ‌های رازیانه در شوری خاک بالای ۷ دسی‌زیمنس بر متر بقای خود را حفظ کرده و تولید محصول نموده‌اند. همچنین میزان ترکیب‌های اسانس آنها قابل مقایسه با تیمارهای با شوری کمتر بوده و اسانس کیفیت خود را حفظ نموده است.

براساس نتایج عملکرد اسانس ژنوتیپ‌های غیربومی در شرایط غیر شور نسبت به ژنوتیپ‌های بومی بالاتر بوده ولی با افزایش شوری، ژنوتیپ‌های بومی عملکرد بیشتری را به خود اختصاص دادند. عملکرد اسانس ژنوتیپ لرستان و همدان در شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب ۱۵٪ و ۲۳٪ و شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب ۲۵٪ و ۲۶٪ نسبت به تیمار شاهد کاهش داشته است. در صورتی که در ژنوتیپ‌های غیر بومی ۱۱۴۸۶ و P11-820065 با افزایش

شوری از شاهد به ۵ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب کاهش ۶۹ تا ۸۲ و ۸۱ تا ۸۵ درصدی عملکرد اسانس مشاهده می‌گردد. این مسئله در عملکرد بذر رازیانه نیز دیده می‌شود. کاهش عملکرد بذر در ژنوتیپ لرستان در تیمار ۸ دسی‌زیمنس بر متر ۳۸٪ و در گونه P11-820065 به میزان ۸۰٪ نسبت به شاهد می‌باشد. البته درصد اسانس و درصد آنتول گیاه با افزایش شوری روند عکسی داشته است. در ژنوتیپ‌های غیربومی درصد اسانس با افزایش سطح شوری کاهش یافته و محدوده کاهش آن بین ۴٪ تا ۱۱٪ نسبت به تیمار شاهد بدست آمده است. این در حالیست که روند تولید ترانس آنتول افزایشی بوده است. ولی در ژنوتیپ‌های بومی با افزایش شوری ابتدا افزایش درصد اسانس و بعد کاهش آن را شاهد هستیم. عکس این موضوع در مورد ترانس آنتول صادق است، یعنی با افزایش شوری ابتدا کاهش این ترکیب و بعد افزایش آن قابل مشاهده است. البته با توجه به اینکه آنتول و استراگول ایزومر یکدیگر می‌باشند، این مسئله قابل توجیه می‌باشد. ازاین‌رو با توجه به نتایج این تحقیق در صورتی‌که اقدام به کاشت این گیاه در شرایط مشابه اجرای تحقیق شود، بهتر است از ژنوتیپ‌های بومی به دلیل مقاومت بیشتر به شرایط شوری و عملکرد بالاتر استفاده گردد. از آنجا که هر گیاهی که بتواند چرخه زندگی خود را در زیستگاه شور (شوری ۷ تا ۸ دسی‌زیمنس بر متر) طی کند، شورزی محسوب می‌شود (Ungar, 1991)، ازاین‌رو گیاه رازیانه را می‌توان به‌عنوان یک گیاه شورزی معرفی نمود.

منابع مورد استفاده

- Abd, M.A. and Wahab, El., 2006. The efficiency of using saline and fresh water irrigation as alternating methods of irrigation on the productivity of *Foeniculum vulgare* Mill. subsp. *vulgare* var. *vulgare* under north Sinai conditions. Research Journal of Agricultural and Biological Sciences, 2(6): 571-577.
- Adams, R.P., 2007. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectroscopy. Allured Publishing Crop., USA, 750p.
- Akbarinia, A., 2003. Study of yield and oil components *of Carum copticum* in conventional, organic and combination farming systems. Agriculture Ph.D. thesis, Agriculture faculty, Tarbiat Modarres University, (in persian).
- Alaei, Sh., Khoshkhui, M., Kobraee, S. and Zaji, B., 2014. Effect of different salinity levels on essential oil content and composition of *Dracocephalum moldavica*. Agricultural communications, 2(2): 42-46.
- Anant, K.J, Sanket, K.J and Tarun, P., 2005. Seed Album of Some Medicinal Plants of India. Asian Medicinal Plants & Health Care Trust, 107p.
- 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(2): 209-220.
- Baâtour, O., Kaddour, R., Aidi Wannes, W., Lachaâl, M. and Marzouk, B., 2009. Salt effects on the growth, mineral nutrition, essential oil yield and composition of Marjoram (*Origanum majorana*). Acta Physiologiee Plantarum, 32: 45-51.
- Baâtour, O., Tarchoune, I., Mahmoud, H., Nassri, N., Abidi, W., Kaddour, P., Hamdaoui, G., Nasri-Ayachi, M.., Lachaal, M. and Marzouk, B., 2012. Culture conditions and salt effects on essential oil composition of sweet marjoram (*Origanum majorana*) from Tunisia. Acta Pharmacy, 62(2): 251-261.
- Ben Taarit, M.K., Msaada, K., Hosni, K. and Marzouk, B., 2010. Changes in fatty acid and essential oil composition of sage (*Salvia officinalis* L.) leaves under NaCl stress. Food Chemistry, 9(3): 951-956.
- Bernath, J., Kattaa, A., Nemeth, E. and Franke, R., 1996. Production biological investigation of fennel (*Foeniculum vulgare*) population of different genotype. Proceedings of the international conference: Cultivation and Improvement of Medicinal Plants, Trento, Italy, 2-3 June: 287-292.
- Charles, D.J., Joly, R.J. and Simon, J.E., 1990. Effect of osmotic stress on the essential oil content and composition of Peppermint. Phytochemistry, 29: 2837-2840.
- Cheesman, J.M., 1988. Mechanisms of salinity tolerance in plants. Journal of Plant Physiology, 87: 547-550.
- Davazdah-Emami, S., Rezaii, M., Safaei, L. and Shiran, S., 2015. Evaluation of microelements effects on seed yield and yield components of black seed in salinity stress. National Salinity Research Center of Yazd Project, 48168, (in persian).

- Massoud, H., 1992. Study on the essential oil in seed of some fennel cultivars under Egyptian environmental conditions. Planta Medica, 58(S1): 681-682.
- Menna, R.S., Kakani, R.K., Anwer, M.M. and Panwar, A., 2010. Variability of some morphological characters in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). The Indian Journal of Agricultural Science, 80(8): 710-712.
- Mimica-Dukie, N., Kujundzic, S., Sokovie, M. and Couladis, M., 2003. Essential oil composition and antifungal activity of *Foeniculum vulgare* Mill. obtained by different distillation conditions. Phytotherapy Research, 17(4): 368-371.
- Mozaffarian, V., 1993. Apiaceae Family in Iran, Identification Keys and Distribution. Research Institute of Forests and Rangelands, 388p.
- Munns, R., 2003. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment, 25(2): 239-250.
- Najafi, F., Khavari-Nejad, R.A. and Ali, M.S., 2010. The effects of salt stress on certain physiological parameters in summer savory (*Satureja hortensis* L.) plants. Journal of Stress Physiology & Biochemistry, 6(1): 13-21.
- Omer, E.A., Said-Al Ahl, H.A.H. and El-Gendy, A.G., 2014. Productivity and essential oil of *Foeniculum vulgare* cultivated under soil salinity in Sinai comparing to non-saline soil in Giza, Egypt. The Journal of Plant Physiology, 115: 217-227.
- Ozturk, A., Unlukara, A., Ipek, A. and Gurbuz, B., 2004. Influence of nutrient concentrations and NaCl salinity on the plant growth and essential oil content of Lemon Balm (*Melissa officialis* L.). Pakistan Journal of Botany, 36(4): 787-792.
- Pank, F., Schneider, E. and Krüger, H., 2003. Possibilities and limitations of estragole content reduction of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and its preparations. Zeitschrift fur Arznei and Gewurzpflanzen, 8(4): 165-172.
- Patel, D.G., Patel, P.S. and Patel, I.D., 2008. Studies on variability of some morphological characters in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). The Indian Journal of Agricultural Science, 17(1): 29-32.
- Razmjoo, K., Heydarizadeh, P. and Sabzalian, M.R., 2008. Effects of salt stress and water deficit growth parameters and essential oil content of *Matricaria chamomila*. International Journal of Agriculture and Biology, 10: 451-454.
- Roodbari, N., Roodbari, Sh., Ganjali, A., Sabeghi nejad, F. and Ansarifar, M., 2013. The effect of salinity stress on growth parameters and essential oil
- Davazdah-emami, S., Sefidkon, F., Jahansooz, M.R. and Mazaheri, D., 2010. Evaluation of water salinity effects on yield and essential oil content and composition of *Carum copticum* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 25(4): 504-512.
- Davies, N.W., 1990. Gas chromatographic retention indices of monoterpenes and sesquiterpenes on methyl silicone and carbowax 20M phases. Journal Chromatogeraphy, 503: 1-24.
- Ehsanipoor, A., 2009. Effect of different values of N fertilizers on yield, essential oil components and oil of fennel populations. Agriculture M.Sc. Thesis, Agriculture faculty, Isfahan University of Technology, (in Persian).
- El-Keltawi, N.E. and Croteau, R., 1987. Salinity depression of growth and essential oil ormation in spearmint and marjoram and its reversal by foliar applied cytokinin. Phytochemistry, 26: 1333-1334.
- Ershad Langroudi, M., Sedaghathoor, Sh. and Bidarigh, S., 2013. Effect of different salinity levels on the composition of Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) essential oils. American-Eurasian Journal of Agriculture & Environment Science, 13(1): 68-71.
- Ghassemi-Golezani, K., Zehtab-Salmasi, S. and Dastborhan, S., 2011. Changes in essential oil content of dill (*Anethum graveolens*) organs under salinity stress. Journal of Medicinal Plants Research, 5(14): 3142-3145.
- Graifenberg, A., Botrini, L., Giustiniani, L., Lipucci, M. and Paola, D., 1996. Salinity affects growth, yield and elemental concentration of fennel. Hortscience, 31(7):1131-1134.
- Hassani, A., 2006. Effect of water deficit stress on growth, yield and essential oil content of *Dracocephalum moldavica*. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 22(3): 256-261.
- Kandil, M.A.M.H., 2002. The effect of fertilizers for conventional and organic farming on yield and oil quality of fennel (*Foeniculum vulgare*) in Egypt. Ph.D. thesis, 74p.
- Khan, M.A., 2002. Halophyte seed germination: Success and Pitfalls. International Symposium on Optimum Resource Utilization in Salt Affected Ecosystems in Arid and Semi-Arid Regions, Cairo, 8-11 April: 1-21.
- Khorsandi, O., Hassani, H., Sefidkon, F., Shirzad, H. and Khorsandi, A., 2010. Effect of salinity (NaCl) on growth, yield, essential oil content and composition *of Agastache foeniculum* Kuntz. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 26(3): 438-451.

percentage of peppermint (*Mentha piperita* L.). International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research, 1(9): 1009-1015.
- Safaei, L., Zeinali, H. and Safari, M., 2007. Study of Fennel Variation. Finished project of Research Institute of Forests and Rangelands, 1614.86 (in Persian).
- Said-Al, H.A.H., Meawad, A.A., Abou-Zeid, E.N. and Ali, M.S., 2010. Response of different basil varieties to soil salinity. International Agrophysics, 24(2): 183-188.
- Semiz, D.G., Ünlukara, A., Yurtseven, E., Suarez, D. and Telci, I., 2012. Salinity impact on yield, water use, mineral and essential oil content of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Journal of Agricultural Sciences, 18: 177-186.
- Shibamoto, T., 1987. Retention Indices in Essential oil Analysis: 259-274. In: Sandra, P. and Bicchi, C., (Eds.). Capillary Gas Chromatography in Essential Oil Analysis. Dr Alfred Huethig Verlag, New York, 748p.
- Sultana, N., Ikeda, T. and Itoh, R., 1999. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. Environmental and Experimental Botany, 42: 211-220.
- Tabatabaie, J. and Nazari, J., 2007. Influence of nutrient concentrations and NaCl salinity on the growth, photosynthesis and essential oil content of peppermint and lemon verbena. Turkish Journal of Agriculture and Foresty, 31(4): 245-253.
- Ungar, I.A., 1991. Ecophysiology of Vascular Halophytes. CRC Press, Boca Raton, Florida, 221p.
- Zahid, N.Y., Abbasi, N.A., Hafiz, I.A. and Ahmad, Z., 2009. Genetic diversity of indigenous fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) germplasm in Pakistan assessed by RAPD Markers. Pakistan Journal of Botany, 41(4): 1759-1767.

Qualitative and quantitative changes in essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under salinity stress

L. Safaei[1*], H. Zeinali[2] and D. Afiuni[3]

1*- Corresponding author, Research Division of Natural Resources, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Isfahan, Iran, E-mail: safaii2000@yahoo.com
2- Research Division of Natural Resources, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Isfahan, Iran
3- Horticulture Crops Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Isfahan, Iran

Received: April 2018 Revised: December 2018 Accepted: February 2019

Abstract

In order to study the effect of irrigation water salinity on the quantity and quality of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) oil, and seed production, a field experiment was conducted in a split-plot based on randomized complete block design with three replications. The experimental treatments included fennel genotype at four levels (German P11-820065, European 11486, and two indigenous genotypes including Lorestan and Hamedan) and water salinity at three levels (2 (control), 5, and 8 dS/m). The results showed that the effect of salinity was significant on all traits except *α*-pinene, myrcene, and essential oil percentage. Genotypes showed no significant difference in anethole, α-phellandrene, γ-terpinene, percentage, and essential oil yield. The interaction of salinity × genotype had a significant effect on all traits. Genotype P11-820065 had the highest essential oil percentage (3.90%) and yield (91.41 kg ha^{-1}), and seed dry yield (2359.7 kg ha^{-1}) between genotypes at control salinity level. With increasing salinity level, the seed and essential oil yield in non-indigenous genotypes decreased by a slope more than that of indigenous genotypes. Moreover, the content of anethole as the most important essential oil component of fennel increased to 5 dS/m salinity and then decreased. Based on the results of this study, under irrigation water salinity conditions, indigenous genotypes had higher economic efficiency due to their higher resistance to salinity stress. Water salinity affected only the content of essential oil components, but had no effect on its composition.

Keywords: Essential oil, salinity, fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.), seed.