

بررسی تأثیر قارچ میکوریزا بر میزان و ترکیب اسانس اندام‌های مختلف گیاه دارویی شوید (*Anethum graveolens* L.) در شرایط تنش شوری

امید یونسی^{۱*}، علی مرادی^۲، محمد رضا محمدشفیعی^۳

چکیده

تحقیق حاضر با هدف ارزیابی نقش قارچ میکوریزایی بر ترکیب و میزان اسانس گیاه دارویی شوید تحت تنش شوری در گلخانه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام شد. آزمایش بصورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح تنش شوری (شاهد (بدون تنش)، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار نمک کلرید سدیم)، دو سطح تلقیح میکوریزایی (تلقیح و عدم تلقیح قارچ میکوریزایی *Glomus mosseae*) و اندام گیاهی (برگ، سرشاخه گلدار و بذر) بودند. اسانس اندام‌های مورد ارزیابی به روش تقطیر با آب استخراج و با بهره‌گیری از دستگاه‌های کروماتوگرافی گازی (GC) و کروماتوگرافی گازی متصل به طیف سنج جرمی (GC/MS) تجزیه گردید. نتایج بدست آمده افزایش درصد و عملکرد اسانس اندام‌های مختلف شوید را در شرایط تنش شوری نشان داد. در تمامی تیمارهای شوری درصد و عملکرد اسانس سرشاخه‌های گلدار و بذرهای بیشتر از برگ‌ها بود. به کارگیری قارچ میکوریزایی در شرایط تنش اثر چندانی بر درصد اسانس نداشت. هرچند عملکرد اسانس اندام‌های مختلف به ویژه سرشاخه‌های گلدار به میزان قابل توجهی افزایش یافت. آلفا فلاندرن، لیمونن، کاروون، آلفا توچن، دیل اتر و دی هیدروکاروون ترکیباتی بودند که به طور مشترک در هر سه اندام مورد ارزیابی یافت شدند. آلفا فلاندرن و کاروون ترکیبات اصلی برگ و سرشاخه‌های گلدار و لیمونن ترکیب اصلی موجود در اسانس بذر بود. در شرایطی که واکنش همه ترکیبات به تنش شوری مثبت بود، آلفا توچن در شرایط تنش کاهش یافت. تیمار میکوریزایی میزان کاروون و آلفا فلاندرن موجود در سرشاخه‌های گلدار و برگ گیاهان میکوریزایی را نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی افزایش داد. این در حالی است که میزان لیمونن بذر گیاهان میکوریزایی نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی بالاتر بود. در سایر ترکیبات بذر اختلاف معنی‌داری میان گیاهان میکوریزایی با شاهد مشاهده نشد. براساس نتایج به دست آمده به نظر می‌رسد که اعمال تنش ملایم شوری بتواند بدون آنکه اثر منفی معنی‌داری بر رشد گیاه داشته باشد، میزان و کیفیت اسانس گیاه دارویی شوید را بهبود بخشد.

واژه‌های کلیدی: ترکیب اسانس، شوری، شوید، قارچ میکوریزا، میزان اسانس

^{۱*}- نویسنده مسئول، دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران، omidyounesi@gmail.com

^۲- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، ایران

^۳- استادیار گروه علوم پایه، دانشکده مواد هسته‌ای و علوم پایه دانشگاه آزاد نجف آباد اصفهان

مقدمه

شوید با نام علمی *Anethum graveolens* L. گیاهی یکساله، علفی و معطر می‌باشد. این گیاه متعلق به تیره چتریان است. از ویژگی‌های ظاهری این گیاه ساقه استوانه‌ای و منشعب، برگ‌های کوچک و گل‌هایی زرد رنگ، کوچک و دوجنسی است که در انتهای ساقه‌های اصلی و فرعی در چترهای مرکب به قطر ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر دیده می‌شوند. میوه این گیاه فندقه و قهوه‌ای رنگ است. ترکیبات و مواد مؤثره این گیاه موارد کاربردی متعددی در صنایع دارویی و غذایی دارد که از جمله می‌توان به درمان بیماری‌های دستگاه گوارش، کاهش چربی خون و نیز معطر کننده مواد غذایی اشاره داشت (Mahram et al. 1992). دانه‌های شوید به عنوان کاهنده چربی به خصوص تری‌گلیسرید خون، پیشگیری و درمان تصلب شرایین و ناراحتی‌های صفراوی استفاده می‌شود (یزدان پناه، ۱۳۸۰).

مقدار اسانس تولید شده در اندام‌های مختلف شوید متفاوت بوده و بسته به شرایط اقلیمی بسیار متغیر است. تحقیقات انجام گرفته نشان می‌دهد که مقدار اسانس از شروع ساقه‌دهی به تدریج افزایش می‌یابد و در مرحله گلدهی به حداکثر میزان خود می‌رسد و از این مرحله به بعد به تدریج از میزان آن کاسته می‌شود. بیشترین درصد اسانس در بذرهای کاملاً رسیده به میزان ۲ تا ۵ درصد و کمترین آن در برگ این گیاه در حدود ۰/۱ تا ۰/۵ درصد گزارش شده است. گل‌ها نیز حاوی درصد بالایی از اسانس می‌باشند (مجنون حسینی و دوازده امامی، ۱۳۸۶). آلفا تو جن، کاروون، دی هیدروکاروون، آپیل، دپینن، ایزومیرستین، لیمونن، او ۸ سینئول، کارواکرول، منوترپن، میرستین، دیلاتر و فلاندرن ترکیباتی هستند که حضور آن‌ها در اسانس شوید در تحقیقات مختلف مورد تأیید قرار گرفته است (سفیدکن، ۱۳۸۰). پنج ترکیب آلفا فلاندرن، لیمونن، دیلاتر، کاروون و ترانس دی-هیدروکاروون مجموعاً بیش از ۹۵ درصد اسانس شوید بومی ایران را تشکیل می‌دهند (سفیدکن، ۱۳۸۰؛ یزدانی

و همکاران ۱۳۸۳). مقایسه نتایج حاصل از آنالیز اسانس شوید بومی ایران با دیگر کشورها نشان می‌دهد که با وجود اینکه میزان اسانس شوید ایرانی پایین‌تر است، ولیکن این اسانس از کیفیت بالاتری برخوردار می‌باشد. گیاهان اغلب در معرض عوامل محدود کننده محیطی نظیر شوری خاک و کمبود آب آبیاری قرار دارند که با ایجاد محدودیت در آب قابل استفاده گیاه کلیه فرایندهای متابولیکی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (et al., 2001 Grover). تنش شوری و کمبود آب همواره رابطه مستقیم و غیرقابل تفکیکی با یکدیگر دارند. در گیاهان مواجه با شوری به واسطه تأثیر اسمزی تنش شوری، روابط آبی درون گیاه دچار اختلال می‌شود و رشد گیاه کاهش یافته و یا به طور کامل متوقف می‌شود. با این حال تشکیل و تجمع اسانس در شرایط تنش تمایل به افزایش نشان می‌دهد. Herms و Mattson (۱۹۹۲)، فرضیه‌ای را با عنوان فرضیه موازنه رشد - تمایز ارائه نموده و اظهار داشتند که هر کمبودی که رشد را بیش از فتوسنتز محدود کند تولید و تجمع متابولیت‌های ثانویه را افزایش می‌دهد.

یکی از راهکارهای اساسی گیاهان برای مقابله با شرایط تنش‌زای محیط بیرونی، همزیستی با میکروارگانیسم‌های خاک برای جذب بهتر آب و مواد غذایی است. قارچ‌های میکوریزا از جمله میکروارگانیسم‌های خاک هستند که می‌توانند با ریشه طیف وسیعی از گیاهان همزیستی ایجاد کنند و روی رشد گیاه میزبان اثر بگذارند. همزیستی یک گیاه با قارچ‌های میکوریزا باعث می‌شود که گیاه بتواند مواد غذایی کم تحرک را در خاک‌های فقیر جذب کند (et al., 2013 Younesi). این قارچ‌ها جزء مهمی از اکوسیستم‌های طبیعی هستند و در محیط‌های شور هم شناسایی شده‌اند (Paul et al., 2000). هر چند شوری ممکن است تشکیل و عملکرد همزیستی‌های میکوریزایی را تحت تأثیر قرار دهد، لیکن مطالعات انجام شده نشان داده است که آغشتگی

ریشه گیاهان با قارچ‌های میکوریزا رشد گیاهان تحت تنش شوری را بهبود می‌بخشد.

نتایج برخی از تحقیقات صورت گرفته بر نقش مثبت کاربرد کودهای زیستی نظیر قارچ‌های میکوریزایی در افزایش تولید اسانس گیاهان دارویی بویژه در شرایط تنش تاکید دارد. در این راستا سیاوش مقدم و همکاران (۱۳۹۶) بهبود عملکرد اسانس گیاه دارویی شنبلیله را در واکنش به تلقیح میکوریزایی در شرایط تنش خشکی گزارش کردند. همچنین شباهنگ و همکاران (۱۳۹۲) عنوان داشتند که تلقیح میکوریزایی به واسطه توسعه سیستم ریشه‌ای و فراهمی عناصر غذایی بویژه فسفر باعث افزایش عملکرد اسانس در دو گیاه دارویی رازیانه و زنیان گردید. میرشکاری و فرح‌وش (۱۳۹۰) نیز تأثیر مثبت قارچ میکوریزایی بر عملکرد اسانس گیاه رازیانه را تأیید کرده‌اند.

بر این اساس و با توجه به افزایش روزافزون زمین‌های شور و تأثیر تنش شوری بر میزان متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی، در این مطالعه اثر تنش شوری بر میزان و ترکیب اسانس اندام‌های مختلف گیاه دارویی شوید در شرایط تلقیح و عدم تلقیح میکوریزایی مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

محل و مشخصات آزمایش

تحقیق حاضر با هدف ارزیابی نقش قارچ میکوریزایی بر تغییرات میزان و ترکیب اسانس اندام‌های مختلف گیاه دارویی شوید (*Anethum graveolens* L.) تحت تنش شوری به صورت آزمون گلخانه‌ای در گلخانه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در بهار ۱۳۸۹ اجرا گردید. آزمایش بصورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح تنش شوری (شاهد) (بدون

تنش)، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار نمک کلرید سدیم)، دو سطح تلقیح میکوریزایی (تلقیح و عدم تلقیح قارچ میکوریزایی *Glomus mosseae*) و اندام گیاهی (برگ، سرشاخه گلدار و بذر) بودند. قارچ میکوریزایی مورد استفاده در این آزمایش *Glomus mosseae* بود. تیمار شوری از طریق آب آبیاری اعمال گردید. بذر مورد استفاده در تحقیق توده بومی خراسان بود و در سال ۱۳۸۸ تهیه شده بود. قارچ میکوریزایی لازم جهت اجرای تحقیق از موسسه تحقیقاتی واقع در منطقه اسدآباد همدان تأمین گردید.

اجرای آزمایش

برای اجرای آزمایش ابتدا بذرهای تهیه شده برای جلوگیری از آلودگی قارچی، توسط محلول هیپوکلریت سدیم ۵ درصد به مدت ۵ دقیقه استریل شدند. سپس چندین مرحله شستشو توسط آب مقطر انجام شد تا هیپوکلریت سدیم کاملاً شسته شود. بذرهای استریل شده در پتری‌دیش‌های استریل و محتوی کاغذ صافی مرطوب شده با آب مقطر قرار گرفتند و با فویل آلومینیومی پوشانده شدند تا از نور دور بمانند. پس از ۱۰ روز بذرهای جوانه زده و فویل آلومینیومی از پتری‌دیش‌ها جدا گردید. گیاهچه‌ها آماده انتقال به گلدان‌ها شدند.

برای اجرای تیمار تلقیح ۱۰۰ گرم خاک حاوی اسپور قارچ به گلدان‌های حاوی تیمار میکوریزا اضافه گردید. تعداد ۱۰ گیاهچه در گلدان‌های بزرگ استوانه‌ای کشت گردید. خاک مورد استفاده برای اجرای طرح از مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در شهرستان کرج تهیه گردید. شوری خاک مذکور برابر ۱/۲۶ دسی‌زیمنس بر متر، بافت خاک متوسط تا سبک (لومی شنی) و میزان فسفر و پتاسیم خاک به ترتیب برابر ۹ و ۲۸۰ پی‌پی‌ام بود (جدول ۱). پیش از اجرای آزمایش خاک مورد استفاده برای پر کردن گلدان‌ها استریل گردید.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

بافت خاک	قدرت نگهداری آب (درصد)	شوری (dS/m)	pH	کربن آلی (%)	ازت کل (%)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	نمونه خاک مزرعه
لومی شنی	۳۱	۱/۲۶	۷/۳	۱/۱۱	۰/۱۶	۹	۲۸۰	

یک درصد قرار داده شد تا آماده رنگ پذیری شوند. سپس ریشه‌ها مستقیماً از محلول اسیدی به محلول رنگی ترین بلو یک درصد منتقل و به مدت ۱۰ دقیقه در این محلول نگهداری شد.

تعیین درصد کلونیزاسیون بر اساس روش بیرمن و لیندرمن (Bierman and Linderman, 1981) انجام گرفت. بر اساس این روش ریشه‌های رنگ آمیزی شده به قطعات یک سانتی متری تقسیم شدند. هر قطعه ریشه بر روی لام و در داخل محلول لاکتوفنل در زیر میکروسکوپ ارزیابی شد. میزان کلونیزاسیون با برآورد تعداد قطعات آلوده به ساختمان قارچی محاسبه شد.

استخراج اسانس

جهت استخراج اسانس از نمونه‌های خشک شده از روش تقطیر با آب استفاده شد. بدین منظور ۳۰ گرم از اندام‌های خشک شده شوی (با احتساب میزان رطوبت موجود در هر اندام) به همراه ۳۰۰ میلی لیتر آب مقطر درون بالن مخصوص دستگاه ریخته شد و عمل اسانس گیری با دمای جوش آب به مدت دو ساعت برای برگ‌ها و سرشاخه‌های گلدار و پنج ساعت برای دانه‌ها ادامه یافت. اسانس استخراج شده به صورت یک لایه روغنی زرد روشن در سطح آب جمع شد. پس از جدا کردن اسانس از آب و آگیری کامل آن توسط سدیم سولفات بدون آب، درصد اسانس‌ها نسبت به وزن خشک محاسبه گردید. عملکرد اسانس نیز بر اساس وزن خشک برای تیمارهای مختلف تعیین گردید. اسانس‌های به دست آمده به دستگاه‌های کروماتوگرافی گازی (GC) و کروماتوگرافی گازی متصل

پس از استقرار کامل، بوته‌ها تنک شده و ۵ بوته در هر گلدان حفظ شد. با رسیدن رطوبت خاک به ۸۰ درصد ظرفیت زراعی، آبیاری گیاهان مطابق به تیمارهای شوری به صورت دستی صورت گرفت. گیاهان در گلخانه زیر نور طبیعی با میانگین دمای گلخانه در روز حدود ۲۵ درجه سانتی گراد و در شب در حدود ۱۷ درجه سانتی گراد، رشد کردند. برای استخراج اسانس اندام‌های مختلف شوی (برگ‌ها، سرشاخه‌های گلدار و بذرها)، در سه مرحله رشدی (قبل از ساقه دهی، گلدهی کامل و رسیدگی فیزیولوژیکی دانه‌ها)، گیاهان بطور کامل از خاک خارج شدند و اندام گیاهی مورد ارزیابی برای تعیین وزن خشک و نیز مهیا کردن شرایط اسانس گیری، در سایه و در جریان طبیعی هوا کاملاً خشک و سپس وزن خشک آن‌ها تعیین گردید.

تعیین درصد کلونیزاسیون

برای تعیین درصد کلونیزاسیون ریشه از روش فیلپس و هایمن (Phillips and Hayman, 1970) استفاده شد. بر اساس این روش ابتدا ریشه‌های تازه چندین بار در زیر آب جاری شستشو داده شد. در مرحله بعد برای بی رنگ کردن و نرم شدن بافت‌ها نخست آن‌ها را در محلول هیدروکسید پتاسیم ۱۰ درصد به مدت ۲۴ ساعت در شرایط آزمایشگاه قرار گرفت. ریشه‌ها برای بی رنگ شدن کامل بافت‌ها به محلول حاوی آب اکسیژنه انتقال داده شده و به مدت دو ساعت در این محلول نگهداری شدند. سپس نمونه‌ها با آب مقطر شسته شد تا اثر آب اکسیژنه از بین برود. در مرحله بعد نمونه‌ها به مدت پنج دقیقه در محلول اسید کلریدریک

به طیف سنج جرمی (GC/MS) با مشخصات زیر تزریق شد.

شناسایی ترکیب اسانس

شناسایی ترکیب‌ها با استفاده از پارامترهای مختلف از جمله زمان بازداری، اندیس کوآنس و بررسی طیف‌های جرمی پیشنهادی کتابخانه کامپیوتری دستگاه صورت گرفت. همچنین محاسبات کمی (درصد نسبی اجزا تشکیل دهنده اسانس‌ها) با توجه به سطح زیر منحنی پیک‌های کروماتوگرام مربوط به اجزا تشکیل دهنده

نتایج و بحث

نتایج به دست آمده نشان داد که درصد اسانس اندام‌های مختلف گیاه دارویی شوید به طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح تنش شوری قرار گرفتند (جدول ۲). به نحوی که با اعمال تنش شوری درصد اسانس تولید شده در هر سه اندام مورد ارزیابی به میزان قابل توجهی افزایش یافت (جدول ۳). بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش تیمار شاهد که تحت تنش شوری قرار نگرفته بود، دارای کمترین درصد اسانس بود. بالاترین درصد اسانس به بذره‌های گیاهانی که در معرض تنش شوری ۱۲۰ میلی مولار کلرید سدیم قرار گرفته بودند، تعلق داشت و کمترین آن مربوط به برگ گیاهان شاهد بود (جدول ۳). با این حال بین سطوح تنش ۶۰ و ۱۲۰ میلی مولار نمک کلرید سدیم به لحاظ میزان درصد اسانس تولید شده در برگ اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. با اعمال اولین سطح شوری (۶۰ میلی مولار)، روند افزایش درصد اسانس در سرشاخه‌های گلدار نسبت به شاهد بیش از برگ‌ها و دانه‌ها بود، با این وجود، بذور شوید در همه سطوح تنش شوری از درصد اسانس بالاتری نسبت به دو اندام دیگر برخوردار بودند. دلایل مستدلی مبنی بر نحوه واکنش متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارویی به شرایط تنش‌زای محیط بیرونی وجود ندارد. تنها دو فرضیه در مورد نحوه تأثیر شرایط محیطی بر متابولیت‌های ثانویه این گیاهان ارائه شده است. فرضیه اول که با عنوان موازنه کربن - عناصر غذایی (CNB)

اسانس‌ها محاسبه و ارایه گردید. تجزیه تحلیل داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات با استفاده از نرم افزار SAS (SAS Institute Inc., 1997) انجام گردید. قبل از تجزیه واریانس داده‌ها فرض نرمال بودن آنها بررسی شد. برای نرمال بودن داده‌ها از نرم افزار MINTAB استفاده گردید. مقایسه میانگین هر صفت به کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

مطرح است، میزان هزینه کربوهیدرات برای تولید متابولیت‌های ثانویه را در قالب موازنه بین فتوسنتز و رشد بیان می‌دارد (Tuomi et al., 1984). بر اساس این فرضیه در شرایط دسترسی کامل به عناصر غذایی، گیاه بخش عمده کربوهیدرات تولید شده را به رشد خود تخصیص می‌دهد. لیکن در شرایط محدودیت دسترسی به عناصر غذایی، رشد گیاه بیش از فتوسنتز محدود می‌شود و منجر به شکل‌گیری کربوهیدرات‌هایی می‌شود که در مسیر تولید متابولیت‌های ثانویه به کار گرفته می‌شوند. بر اساس فرضیه دوم یا موازنه رشد - تمایز، تا زمانی که شرایط محیطی (عدم وجود عوامل تنش‌زا در محیط اطراف گیاه) اجازه تقسیم و گسترش سلولی را بدهد کربوهیدرات صرف رشد گیاه می‌شود. اما با وقوع تنش فرایند رشد متوقف شده، سلول‌ها تمایز یافته و مخازن متابولیت‌های ثانویه را تشکیل می‌دهند و گیاه کربن را به تولید مواد مؤثره دارویی اختصاص می‌دهد. در این راستا Herms و Mattson (۱۹۹۲) عنوان کردند که هر کمبودی که رشد را بیش از فتوسنتز محدود کند، تولید متابولیت‌های ثانویه را افزایش می‌دهد. افزایش درصد اسانس گیاهان دارویی نعنای (Simon et al., 1992)، مرزنگوش (Rhizopoulous and Diamatoglou, 1991)، آویشن (Letchamo and Gosselin, 1996)، اسطوخودوس، بابونه و افسنتین (کرمزاده، ۱۳۸۲؛ سیاوش مقدم و همکاران، ۱۳۹۶) تحت شرایط تنش نیز تأیید کننده مطالب فوق می‌باشد.

جدول ۲ - تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر شوری و تلقیح میکوریزایی بر درصد و عملکرد اسانس اندام‌های مختلف گیاه دارویی شوید

تیمار	درصد اسانس	عملکرد اسانس
تکرار	۲۳/۱۶۵**	۱۸/۳۷۶**
شوری	۸/۵۴۳**	۱۲/۴۵۶**
اندام گیاهی	۱۵/۱۶۷**	۷/۵۹۸**
تلقیح میکوریزایی	۴/۲۴۳*	۲/۶۵۲**
شوری × اندام گیاهی	۰/۷۱*	۰/۹۶*
شوری × تلقیح میکوریزایی	۱/۲۱۱*	۱/۴۳۲**
اندام گیاهی × تلقیح میکوریزایی	۰/۵۴*	۱/۷۶۵*
شوری × تلقیح میکوریزایی × اندام گیاهی	۰/۳۸ ^{ns}	۱/۲۳ ^{ns}
خطای آزمایشی	۱/۴۳	۱/۲
ضریب تغییرات (درصد)	۱۱/۲۳	۷/۷۵

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ^{ns} غیر معنی‌دار.

جدول ۳ - اثر تنش شوری بر درصد و عملکرد اسانس اندام‌های مختلف شوید

تیمار	اندام گیاهی	درصد اسانس	عملکرد اسانس
شاهد	برگ	۰/۶۵f	۰/۵۳f
	سرشاخه گلدار	۱/۲۶d	۳/۲۳d
	بذر	۲/۳۸c	۳/۲۸d
شوری متوسط	برگ	۰/۸e	۰/۷۴e
	سرشاخه گلدار	۲/۴۲c	۴/۳۶a
	بذر	۲/۸۲b	۴/۱۲b
شوری شدید	برگ	۰/۸۸e	۰/۴۸f
	سرشاخه گلدار	۲/۷۳b	۴/۲۷ab
	بذر	۳/۱۳a	۳/۸۷c

حروف غیرمشابه نشان دهنده اختلاف معنی‌دار و حروف مشابه نشان دهنده اختلاف غیرمعنی‌دار است.

وارد سیستم ریشه گیاه شده و سبب کاهش غلظت آبسزیک اسید گشته و میزان سیتوکنین را افزایش می‌دهند. این عمل سبب گسترش سیستم ریشه‌ای و افزایش جذب آب و بهبود رشد در شرایط تنش می‌گردد (میرشکاری و فرح‌وش، ۱۳۹۰).

مشاهده نتایج جدول تجزیه واریانس بیانگر اختلاف معنی‌دار سطوح تنش شوری به لحاظ عملکرد اسانس با اطمینان ۹۹ درصد بود (جدول ۲). بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها، بالاترین میزان عملکرد اسانس در سرشاخه‌های گلدار و در شرایط تنش ملایم شوری (۶۰ میلی مولار) بدست آمد (جدول ۳). پایین‌ترین عملکرد اسانس هم در برگ‌های گیاهانی مشاهده شد که در مرحله رویشی تحت تنش شدید شوری (۱۲۰) قرار داشتند. با توجه به نتایج به دست آمده که نشان دهنده تأثیر مثبت به مراتب بالاتر تنش ملایم

بررسی اثر تیمار میکوریزایی بر درصد اسانس اندام‌های مختلف شوید نشان داد که بین تیمار میکوریزای و عدم تیمار میکوریزای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد (جدول ۲). بر اساس نتایج به دست آمده اعمال تیمار میکوریزایی موجب کاهش درصد اسانس گیاهان میکوریزایی نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی گردید (جدول ۴). هرچند اختلاف معنی‌داری میان گیاهان میکوریزایی و غیرمیکوریزایی به لحاظ درصد اسانس برگ و بذر مشاهده نگردید. دلیل این امر می‌تواند به نظر می‌رسد دلیل این امر بهبود وضعیت آبی گیاهان میکوریزایی نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی و اختصاص بخش بیشتر فتوآسیمات‌ها برای رشد گیاه باشد (et al., 2013). به نظر می‌رسد پس از رویش اسپوره‌های قارچی و گسترش آن‌ها در ریزو سفر بخشی از ریشه‌ها

شوری بر افزایش درصد اسانس در مقایسه با تأثیر منفی آن در کاهش شاخصه‌های رشد گیاه بود و با توجه به این که عملکرد اسانس، حاصل درصد اسانس در بیوماس اندام گیاهی مورد ارزیابی می‌باشد، لذا به نظر می‌رسد با اعمال تنش شوری در زمان و شدت مناسب بتوان عملکرد اسانس گیاه را بدون آنکه تأثیر چندانی بر شاخصه‌های رشد گیاه داشته باشد به طور معنی‌داری افزایش داد. روند مشابه نتایج تحقیق حاضر، در آویشن (Rhizopoulous and Diamatoglou, 1991)، ریحان (Simon et al., 1992) و گیاه دارویی بادرنجبی (صفی‌خانی و همکاران، ۱۳۸۶) نیز گزارش شده است.

به کارگیری قارچ میکوریزا منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد اسانس گیاهان میکوریزایی نسبت به شاهد (عدم تلقیح) گردید (جدول ۲). در میان اندام‌های مختلف مورد

ارزیابی بالاترین عملکرد اسانس به سرشاخه‌های گلدار گیاهان میکوریزایی تعلق داشت که تفاوت معنی‌داری را با عملکرد اسانس سرشاخه‌های گلدار گیاهان غیرمیکوریزایی نشان داد (جدول ۴). میزان عملکرد اسانس در برگ گیاهان میکوریزایی در مقایسه با بذر و سرشاخه گلدار گیاهان میکوریزایی به مراتب پایین‌تر بود و تفاوت معنی‌داری را با عملکرد اسانس برگ گیاهان غیرمیکوریزایی نشان نداد. در مطابقت با نتایج بدست آمده در این تحقیق، سیاوش مقدم و همکاران (۱۳۹۶) بر نقش مثبت قارچ میکوریزا بر عملکرد اسانس گیاه شنبلیله در شرایط تنش اشاره داشته‌اند. این تحقیق و تحقیقات مشابه نشان می‌دهد که گیاهان میکوریزایی در وضعیت تنش شوری، رشد بهتری نسبت به گیاهان تلقیح نشده نشان می‌دهند.

تیمار	اندام گیاهی	درصد اسانس	عملکرد اسانس
بدون میکوریزا	برگ	۱/۳۳d	۰/۸۳d
	سرشاخه گلدار	۳/۵۷b	۵/۱۲c
	بذر	۴/۴۸a	۵/۰۴c
با میکوریزا	برگ	۰/۹۵d	۰/۹۲d
	سرشاخه گلدار	۲/۵۹c	۶/۷۴a
	بذر	۴/۱a	۶/۲۳b

حروف غیرمشابه نشان دهنده اختلاف معنی‌دار و حروف مشابه نشان دهنده اختلاف غیرمعنی‌دار است.

اثرات متقابل شوری و تیمار میکوریزایی در سطح احتمال ۵ درصد بر عملکرد اسانس معنی‌دار بود (جدول ۲). بر اساس نتایج بدست آمده گیاهان میکوریزایی در شرایط تنش، عملکرد اسانس بیشتری نسبت به گیاهان تلقیح نشده داشته‌اند (جدول ۵). بر این اساس بالاترین میزان عملکرد اسانس در شرایط تنش ملایم (۶۰ میلی‌مولار) و در سر شاخه‌های گلدار گیاهان میکوریزایی به دست آمد. افزایش مستقیم رشد معمولاً مستلزم تولید یک ترکیب

خاص و مؤثر بر رشد گیاه و یا تسهیل در جذب آب و عناصر غذایی مورد نیاز می‌باشد (Rabie and Almadini, 2005). قارچ‌های میکوریزی در شرایط شور با نفوذ ریشه‌های خود به ریشه‌های گیاه و محیط خاک اطراف ریشه موجب بهبود جذب آب و روابط آبی گیاه و تغذیه معدنی می‌گردند و در نتیجه سرعت رشد گیاه افزایش می‌یابد (Sharifi et al., 2007).

جدول ۵- اثر تنش شوری بر درصد و عملکرد اسانس و درصد کلونیزاسیون ریشه در گیاهان میکوریزایی و غیرمیکوریزایی شوید

تیمار	درصد اسانس	عملکرد اسانس	درصد کلونیزاسیون
شاهد	بدون میکوریزا	۲/۲۲cd	۳/۱۶d
	با میکوریزا	۲/۰۲d	۳/۸۸c
شوری متوسط	بدون میکوریزا	۳/۴۶a	۳/۸۶c
	با میکوریزا	۲/۵۸c	۵/۳۶a
شوری شدید	بدون میکوریزا	۳/۷a	۳/۹۷c
	با میکوریزا	۳/۰۴b	۴/۶۵b

حروف غیرمشابه نشان دهنده اختلاف معنی دار و حروف مشابه نشان دهنده اختلاف غیرمعنی دار است.

ترکیبات تشکیل دهنده اسانس اندام‌های مختلف شوید

با مطالعه طیف‌های جرمی حاصل از تجزیه GC/MS و اعداد کواتس محاسبه شده برای هر ترکیب توسط GC به طور کلی ۶ ترکیب مشترک در اسانس برگ‌ها، سرشاخه‌های گلدارها و دانه‌ها شناسایی گردید. این ترکیبات عبارت از آلف فلاندرن، کاروون، آلفا توجن، دیل اتر، دی‌هیدروکاروون و لیمونن بودند. بررسی نتایج حاصل از تجزیه واریانس حاکی از نقش مؤثر تنش شوری در میزان ترکیبات یافته شده در اسانس گیاه دارویی شوید بود (جدول ۶). تنش شدید شوری (۱۲۰ میلی مولار) میزان آلف فلاندرن را به طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد و گیاهانی که سطح شوری ۶۰ میلی مولار برای آن‌ها اعمال شده بود افزایش داد. مقایسه میانگین‌های ترکیبات دیل اتر و کاروون نشان داد که اعمال تنش ملایم شوری سبب افزایش میزان این ترکیبات نسبت به شاهد گردید. با این حال اختلاف معنی‌داری میان دو سطح شوری به لحاظ دو ترکیب مذکور مشاهده نگردید. مقایسه میانگین داده‌های حاصل از ترکیب آلفا توجن حاکی از وجود یک رابطه معکوس میان شدت تنش و میزان هریک از این ترکیبات در اسانس بود. به نحوی که با اعمال تنش ملایم و شدید شوری درصد آلفا توجن روند نزولی را نشان داد. مقایسه میانگین‌های لیمونن در سطوح مختلف تنش شوری افزایش قابل توجه این ترکیب را با اعمال اولین سطح شوری نشان داد. درصد دی‌هیدروکارون با اعمال تنش شوری رابطه مثبت نشان داد

به گونه‌ای که با افزایش شدت تنش میزان آن افزایش یافت. درمقایسه میانگین داده‌ها بالاترین درصد دی‌هیدروکارون از تیمار تنش شدید شوری و پایین‌ترین میزان هم در گیاهان شاهد به دست آمد. هم راستا با نتایج به دست آمده در این تحقیق، اعمال تنش مقدار منتون و کل سزکویی ترپن‌ها در نعناع (Charles et al., 1995)، مقدار کل لیپیدها در مرزنگوش (Rhizopoulous and Diamatoglou, 1991)، لینالول و کایکول در ریحان (Simon et al., 1992) را افزایش داد. در مقابل میزان منتول، سینئول، پولگون و منتوفوران در اسانس نعناع (Charles et al., 1995)، سزکویی ترپن‌ها در ریحان (Simon et al., 1992) و کارواکرول در مرزه (قربانلی و همکاران، ۱۳۸۰) با اعمال تنش روند نزولی را نشان داد. اثرات متقابل شوری و اندام گیاهی در سطح احتمال ۵ درصد برای دو ترکیب آلفا فلاندرن و لیمونن معنی‌دار بود (جدول ۶). بر اساس نتایج بدست آمده بالاترین میزان آلفا فلاندرن در سرشاخه‌های گلدار و در تنش شدید شوری به دست آمد (جدول ۷). ارزیابی میزان آلفا فلاندرن برگ تفاوت معنی‌داری را میان تنش ملایم و شدید شوری نشان نداد. این در حالی است که بیشترین میزان لیمونن از بذر و در تنش ۱۲۰ میلی مولار کلرید سدیم حاصل شد. کمترین میزان لیمونن به برگ گیاهان شاهد تعلق داشت. اعمال اولین سطح تنش شوری موجب بهبود نسبی میزان لیمونن برگ گردید. هرچند با تشدید تنش شوری تغییر معنی‌داری در لیمونن برگ مشاهده نشد.

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns غیر معنی‌دار.

جدول ۶ - تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر شوری و تلقیح میکوریزایی بر درصد و عملکرد اسانس اندام‌های مختلف گیاه دارویی شوید

تیمار	آلفا - فلائدرن	دیل اتر	لیمونن	کاروون	دی هیدرو کارون	آلفا توچن
تکرار	۱۶/۸۷۴**	۲۱/۸۵۳**	۸/۱۷۶**	۴/۴۳۵**	۱۲/۲۴۵**	۶/۱۵۶**
شوری	۲۲/۵۸۷**	۳/۰۱۸**	۱۷/۵۴۳**	۱۳/۹۰۷**	۷/۰۷۴۳**	۱۵/۰۰۴**
تلقیح میکوریزایی	۲/۰۲۳**	۱/۵۳۵ ^{ns}	۳/۶۳۴**	۱/۶۴۱**	۰/۸۲۴ ^{ns}	۱/۳۴۸ ^{ns}
اندام گیاهی	۱/۸۷۴**	۰/۰۳۴*	۴/۰۸۶**	۱/۰۳۶۲**	۲/۰۲۴۱*	۱/۴۰۶ ^{ns}
شوری × تلقیح میکوریزایی	۱/۵۸۷*	۰/۰۹۲ ^{ns}	۱/۹۸۶*	۰/۳۷۸*	۰/۰۷۶۵ ^{ns}	۰/۰۴۲ ^{ns}
شوری × اندام گیاهی	۲/۰۲۳*	۱/۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۷۳*	۱/۰۰۴ ^{ns}	۰/۴۵۶ ^{ns}	۱/۳۷۸ ^{ns}
اندام گیاهی × تلقیح میکوریزایی	۰/۸۷۴*	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۵۶*	۰/۰۷۶۹*	۰/۷۸۵ ^{ns}	۰/۰۸۵ ^{ns}
شوری × تلقیح میکوریزایی × اندام گیاهی	۰/۰۳۸۴ ^{ns}	۰/۰۷۲ ^{ns}	۰/۰۹۵ ^{ns}	۰/۰۰۶۹ ^{ns}	۰/۰۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۵۴ ^{ns}
خطای آزمایشی	۱/۲۳	۰/۷۵	۱/۰۶	۰/۴۷	۰/۶۸	۱/۳۸
ضریب تغییرات (درصد)	۴/۳۴	۱۹/۱۶	۹/۷۲	۷/۶۳	۱۲/۲۷	۱۰/۷۳

جدول ۷ - اثر تنش شوری بر درصد و عملکرد اسانس اندام‌های مختلف شوید

تیمار	اندام گیاهی	آلفا فلائدرن	لیمونن
شاهد	برگ	۱/۶۱g	۲/۱۹h
	سرشاخه گلدار	۸/۲۳d	۱۴/۲۲f
	بذر	۵/۳۱e	۲۷/۵۲c
	برگ	۳/۰۶f	۳/۶۹g
شوری متوسط	سرشاخه گلدار	۱۵/۶۴b	۱۷/۴۴e
	بذر	۸/۴۲d	۳۲/۲۷b
	برگ	۳/۷۹f	۴/۱۹g
	سرشاخه گلدار	۲۶/۵۳a	۲۱/۵۸d
شوری شدید	بذر	۱۲/۷۲c	۳۸/۲۵a
حروف غیرمشابه			نشان دهنده
اختلاف معنی‌دار			و حروف مشابه

نشان دهنده اختلاف غیرمعنی‌دار است.

گیاهان میکوریزایی با شاهد مشاهده نشد. در تحقیقات مختلف صورت گرفته در زمینه تأثیر میکروارگانیسم‌ها بر ترکیب اسانس گیاهان داریی نتایج و گزارش‌های ضد و نقیضی وجود دارد. بر این اساس هم راستا با نتایج این تحقیق، Kandeel و همکاران (۲۰۰۲) کاهش ترکیب لینالول و افزایش متیل کایکول را در اسانس ریحان گزارش کردند. Banchio و همکاران (۲۰۰۹) نیز به ترتیب افزایش ده و دو برابری میزان دو ترکیب اوژنول و آلفا تربینئول را در اسانس ریحان را در واکنش به باکتری‌های حل کننده فسفات گزارش کرده‌اند. همچنین کاربرد دو

بررسی اثرات تیمار میکوریزایی بر ترکیبات تشکیل دهنده اندام‌های مختلف شوید در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). نتایج نشان داد که تیمار میکوریزایی بر برخی از ترکیبات تشکیل دهنده اسانس شوید تأثیر مثبت داشت. بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها میزان ترکیب کاروون، آلفا فلائدرن در سرشاخه‌های گلدار گیاهان میکوریزایی نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی بیشتر بود (جدول ۸). این در حالی است که در بذر گیاهان میکوریزایی میزان لیمونن بیشتری را نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی نشان داد و در سایر ترکیبات بذر اختلاف معنی‌داری میان

زیستی هیچ نقشی در بهبود ترکیب اسانس پنج رقم ریحان نداشت. Kumar و همکاران (۲۰۰۹) عدم تأثیر معنی‌دار تیمارهای زیستی را بر ترکیب اسانس گیاه درمنه را گزارش کرده‌اند.

گونه قارچ گلوموس روی گیاه شوید سبب افزایش میزان کاروون و لیمون موجود در اسانس شده است (Kapoor et al., 2002). این در حالی است که Klimankova و همکاران (۲۰۰۸) اظهار داشتند که به کارگیری ترکیبات

جدول ۸- اثر تلقیح میکوریزایی بر درصد آلفا فلاندرن، لیمون و کاروون اندام‌های مختلف شوید

تیمار	اندام گیاهی	آلفا فلاندرن	لیمون	کاروون
بدون میکوریزا	برگ	۳/۹e	۴/۸f	۱۱/۳۲d
	سرشاخه گلدار	۲۲/۸۴b	۲۵/۱d	۲۵/۳۲b
	بذر	۱۲/۹۷d	۴۳/۵۱b	۲۲/۴۳c
با میکوریزا	برگ	۵/۶۳e	۵/۲۷e	۱۲/۱۲d
	سرشاخه گلدار	۲۵/۴۲a	۲۸/۱۴c	۲۹/۶۴a
	بذر	۱۴/۶۲c	۵۴/۵۳a	۲۴/۳۳ b

حروف غیرمشابه نشان دهنده اختلاف معنی‌دار و حروف مشابه نشان دهنده اختلاف غیرمعنی‌دار است.

جدول ۹- اثر تنش شوری بر درصد آلفا فلاندرن، لیمون و کاروون در گیاهان میکوریزایی و غیرمیکوریزایی شوید.

تیمار	آلفا فلاندرن	لیمون	کاروون
بدون میکوریزا	۶/۴۲e	۲۱/۸e	۱۱/۲۶d
با میکوریزا	۸/۷۳d	۲۲/۱۳de	۱۴/۳۸c
بدون میکوریزا	۱۳/۵۲c	۲۳/۱۶d	۲۳/۶۴b
با میکوریزا	۱۳/۶c	۳۰/۲۴b	۲۵/۶۶ab
بدون میکوریزا	۱۹/۷b	۲۸/۳۷c	۲۴/۱۷b
با میکوریزا	۲۳/۳۴a	۳۵/۶۵a	۲۶/۰۵a

حروف غیرمشابه نشان دهنده اختلاف معنی‌دار و حروف مشابه نشان دهنده اختلاف غیرمعنی‌دار است.

موجب افزایش معنی‌دار هر سه ترکیب مذکور نسبت به گیاهان تلقیح نشده گردید که نشان دهنده نقش مؤثر تیمار میکوریزایی در بهبود کیفیت اسانس گیاهان دارویی شوید در شرایط تنش و بدون تنش بود.

نتیجه گیری کلی

متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارویی نتیجه بارز اعمال تنش‌های محیطی هستند. بنابراین محصولات دارویی بر خلاف همه محصولات کشاورزی که در شرایط تنش نمی‌توانند عملکرد بالقوه خود را بروز دهند، در این شرایط، تولید متابولیت‌های ثانویه و متعاقباً بازده

اثرات متقابل شوری و تیمار میکوریزایی در سطح احتمال ۵ درصد بر سه ترکیب آلفا فلاندرن، لیمون و کاروون معنی‌دار بود (جدول ۶). بر اساس نتایج بدست آمده میزان آلفا فلاندرن، لیمون و کاروون گیاهان میکوریزایی در شرایط تنش شدید شوری نسبت به گیاهان تلقیح نشده به مراتب بالاتر بود (جدول ۹). با این حال در تنش متوسط شوری اختلاف معنی‌داری میان گیاهان میکوریزایی و شاهد به لحاظ میزان ترکیب آلفا فلاندرن و کاروون مشاهده نشد. همچنین اختلاف میان گیاهان میکوریزایی بین دو سطح شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی مولار معنی‌دار نبود. در شرایط بدون تنش (شاهد) تلقیح میکوریزایی گیاهان

کرم زاده، س. (۱۳۸۲). خشکی و مواد مؤثره در گیاهان دارویی و معطر. خشکی و خشکسالی کشاورزی، ۷، ۹۵-۹۰.
مجنون حسینی، ن. و دوازده امامی، س. (۱۳۸۶). زراعت و تولید برخی گیاهان دارویی و ادویه‌ای. انتشارات دانشگاه تهران.
یزدانی، د.، شهنازی، س. و سیفی، ح. (۱۳۸۳). کاشت، داشت و برداشت گیاهان دارویی. انتشارات جهاد دانشگاهی، واحد شهید بهشتی.

میرشکاری، ب. و فرح‌وش، ف. (۱۳۹۰). مدیریت آبیاری و کوددهی نیتروژن در گیاه دارویی رازیانه در شرایط آب و هوایی نیمه خشک تبریز. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۴(۴)، ۵۴۱-۵۵۰.

یزدان پناه، ک. (۱۳۸۰). اثر عصاره شوید بر سطح پروتئین‌های کم چگالی، تری‌گلیسرید و لیپوپروتئین‌های پرچگالی خون در بیماران مبتلا به هیپرلیپیدمی. مجله علمی علوم پزشکی کردستان، ۵(۱۹)، ۱-۳.

Banchio, E., Xie, X., Zhang, H. and Pare, P.W. (2009). Soil bacteria elevate essential oil accumulation and emissions in sweet basil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 653-657.
Bierman, B. and Linderman, R. (1981). Quantifying vesicular arbuscular mycorrhizae: Proposed method towards standardization. *New Phytologist*, 87, 63-67.

Charles, D., Simon, J. and Widrelechner, M. (1995). Characterization of essential oil of fruits of *Anethum graveolens* L.. *Journal of Essential Oil Research*, 7, 1-11.

Grover, A., Kapoor, A., Satya Lakshmi, O., Agarwal, S., Sahi, C.S. and Dubey, H. (2001). Understanding molecular alphabets of the plant abiotic stress responses. *Current Science*, 80(2), 206-216.

Herms, D.A. and Mattson, W.J. (1992). The dilemma of plants: To grow or defend. *Quarterly Review of Biology*, 67, 283-325.

Kandeel, A.M., Naglaa, S.A.T. and Sadek, A.A. (2002). Effect of biofertilizers on the growth, volatile oil yield and chemical composition of *Ocimum basilicum* L. *Plant. Annals of Agricultural Science*, 47, 351-371.

Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K.G. (2002). *Glomus macrocarpum*: A potential bioinoculant to improve essential oil quality and concentration in Dill (*Anethum graveolens* L.) and Carum (*Trachyspermum ammi* (Linn.) Sprague). *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 18, 5, 459-463.

اقتصادی آن‌ها افزایش می‌یابد. بنابراین در پرورش این گیاهان همان قدر که وجود آب یکی از الزامات کلیدی زیست محیطی است، تنش کمبود ناشی از اثر اسمزی تنش شوری نیز یک واقعیت است که توان افزایش مواد مؤثره را دارا می‌باشد. بنابراین محدودیت دسترسی به آب نه تنها یک عامل نامساعد نیست، بلکه راهکاری در جهت افزایش تولید ترکیبات دارویی است.

با وجود این که در صد اسانس شوید ایران در مقایسه با شوید سایر کشورها کمتر است، ولی کیفیت آن بالاتر می‌باشد. درصد فلائدرن و لیمون در اسانس سرشاخه‌های گلدار و کاروون در اسانس دانه‌های شوید ایران بیشتر از اسانس شوید سایر کشورها است. چنین تفاوت‌هایی در میزان و نوع ترکیبات تشکیل دهنده اسانس یک گیاه در رویشگاه‌های مختلف ناشی از شرایط اکولوژیکی متفاوت این مناطق است.

منابع

سفیدکن، ف. (۱۳۸۰). بررسی کمی و کیفی اسانس شوید ایران. *مجله پژوهش و سازندگی*، ۵۱، ۷۷-۷۳.

سیاوش مقدم، س.، رحیمی، ا.، حیدرزاده، س.، مرادزاده، س. و حسنلو، م. (۱۳۹۶). اثر همزیستی قارچ میکوریزا بر عملکرد و خصوصیات بیوشیمیایی گیاه دارویی شنبلیله تحت تنش کم آبی. *مجله زیست فناوری گیاهان دارویی*، ۳(۱)، ۵۱-۳۹.

شباهنگ، ج.، خرم دل، س. و قشم، ر.ا. (۱۳۹۲). ارزیابی تأثیر همزیستی با میکوریزا بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس دو گونه دارویی رازیانه و زنیان تحت تأثیر مقادیر نیتروژن. *بوم شناسی کشاورزی*، ۵(۳)، ۲۸۹-۲۹۸.

صفی‌خانی، ف.، عباس‌زاده، ب.، رهگذر، ا. و رضایی سرخوش، م. (۱۳۸۶). تأثیر تنش خشکی بر تعدادی از ویژگی‌های مورفولوژیک بادرشبو در شرایط گلخانه. *سومین همایش گیاهان دارویی ایران*، دانشگاه شاهد، تهران، ۲۵-۲۸.

قربانلی، م.، باهر، ز.، میرزا، م. و رضایی، م. (۱۳۸۰). بررسی برخی از پارامترهای رشد و تغییرات کمی و کیفی ترکیبات موجود در اسانس مرزه، تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری در طی دوره‌های رشد رویشی و زایشی. *مجله پژوهش و سازندگی*، ۵۲، ۴۵-۴۰.

- Vicia faba* plants under salinity stress. African Biotechnology, 4(3), 210-222.
- Rhizopoulous, S. and Diamatoglon, S. (1991). Water stress induced diurnal variations in leaf water relations, stomatal conductance, soluble sugars, lipids and essential oil content of *Origanum majorana* L.. Journal of Horticultural Science, 66 (1), 119-125.
- Sharifi, M., Ghorbanli, M. and Ebrahimzadeh, H. (2007). Improved growth of salinity-stressed soybean after inoculation with salt pre-treated mycorrhizal fungi. Journal of Plant Physiology, 164, 1144-1151.
- Simon, J.E., Bubenheim, R.D., Joly, R.J. and Chares, D.J. (1992). Water stress induced alteration in essential oil content and composition of sweet basil. Journal of Essential Oil Research, 4, 71-75.
- Tuomi, J., Niemela, P., Haukioja, E. and Neuvonen, S. (1984). Nutrient stress an explan- at ion for plant anti-herbivore responses to defoliation. Oecologia, 61, 208-210.
- Younesi, O., Moradi, A. and Namdari, A. (2013). Influence of arbuscular mycorrhiza on osmotic adjustment compounds and antioxidant enzyme activity in nodules of salt-stressed soybean (*Glycine max*). Acta agriculturae Slovenica, 101-102, 219-230.
- Klimankova, E., Holadova, K., Hajslova, J., Ajka, T.C., Poustka, J. and Koudela, M. (2008). Aroma profiles of five basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars grown under conventional and organic conditions. Food Chemistry, 107, 464-472.
- Kumar, T.S., Swaminathan, V. and Kumar, S. (2009). Influence of nitrogen, phosphorus and biofertilizers on growth, yield and essential oil constituents in ratoon crop of davana (*Artemisiapallens* Wall.). Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry, 8, 86-95.
- Letchamo, W. and Gosselin A. (1996). Transpiration, essential oil glands, epicuticular wax and morphology of *Thymus vulgaris* are influenced by light intensity and water supply. Journal of Horticultural Science, 71 (1), 123-134.
- Mahram, G., Kadry, H., Thabet, C., Olem, N., Azizi, M., Shiff, J., Wong, L. and Liv, N. (1992). GC/MS analysis of volatile oil of fruits of *Anethun graveolens* L.. International Journal of Pharmacognoy, 30 (2), 139-144.
- Paul, M., Hasegawa Bressan, R.A., Zhu, J.K. and Bohnert, H.J. (2000). Plant cellular and molecular response to high salinity. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 51, 463-499.
- Phillips, J. and Hayman, D. (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society, 55, 158-161.
- Rabie, G.H. and Almadini, A.M. (2005). Role of bioinoculants in development of salt-tolerance of