Archive of SID

نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران | شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijmapr.2021.351323.2835
جلد ۳۶، شماره ۶، صفحه ۱۰۳۷-۱۰۲۲ (۱۳۹۹) | شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0905.1399.36.1022.104.6.1575.1610

ارزیابی اثرات تاریخ برداشت و کاربرد قارچ میکوریزا بر عملکرد کمی و کیفی اسانس آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) در سطوح مختلف آبیاری

مصطفی امانی ماچیانی[۱]، عبدالله جوانمرد[۲*]، علی استادی[۱]، محمدرضا مرشدلو[۳] و جعفر چابک‌پور[۴]

۱- دانشجوی دکترای اگروتکنولوژی- اکولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

۲*- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

پست الکترونیک: a.javanmard@maragheh.ac.ir

۳- استادیار، گروه مهندسی علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

۴- دانشیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹۹ | تاریخ اصلاح نهایی: مهر ۱۳۹۹ | تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۹

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثر کاربرد قارچ میکوریزایی *Funneliformis mosseae* و زمان برداشت بر کمیت و کیفیت اسانس آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) در رژیم‌های مختلف آبیاری، آزمایشی به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه در سال ۱۳۹۸ اجرا شد. فاکتورها و سطوح آنها شامل ۱- فاکتور اصلی: رژیم آبیاری در سه سطح آبیاری پس از ۲۰ (W_{20} به عنوان شاهد)، ۵۰ (W_{50} به عنوان تنش ملایم) و ۸۰ (W_{80} به عنوان تنش شدید) درصد حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی، ۲- فاکتور فرعی: مصرف و عدم مصرف قارچ میکوریزا، و ۳- فاکتور فرعی- فرعی: زمان برداشت در دو سطح برداشت در تیرماه (چین اول) و شهریورماه (چین دوم) بودند. نتایج نشان داد که بیشترین مقادیر ارتفاع بوته، قطر کانوپی و عملکرد ماده خشک آویشن در تیمار W_{20} (شاهد)+ کاربرد قارچ میکوریزا+ چین اول به‌دست آمد. علاوه بر این، بیشترین درصد اسانس در W_{50} و پس از آن W_{80} حاصل شد که به‌ترتیب ۳۸/۲ و ۲۳/۷ درصد بیشتر از W_{20} (شاهد) بود. همچنین، کاربرد قارچ میکوریزا موجب افزایش ۸/۵ درصدی اسانس آویشن نسبت به عدم مصرف قارچ شد. بیشترین و کمترین میزان تیمول، گاماترپینن و پارا-سیمن به‌ترتیب در W_{50} و W_{20} به‌دست آمدند. همچنین، با کاربرد قارچ میکوریزا میزان ترکیب‌های ذکر شده به‌ترتیب ۳/۸، ۶/۹ و ۷/۱ درصد نسبت به عدم مصرف قارچ افزایش یافتند. به‌طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت که تیمار W_{50} (تنش ملایم) همراه با کاربرد قارچ میکوریزایی *F. mosseae* منجر به بهبود کمیت و کیفیت اسانس آویشن گردید.

واژه‌های کلیدی: آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.)، تیمول، تنش خشکی، قارچ میکوریزا، کیفیت اسانس.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

تنش خشکی یکی از مهمترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان در جهان و جزو شایع‌ترین تنش‌های محیطی محسوب می‌شود. آب یکی از منابع کمیاب در ایران است که تحت تأثیر میزان بارندگی در کشور قرار دارد. میانگین بارندگی سالانه در ایران ۲۷۵-۲۲۴ میلی‌متر در سال بوده که از میانگین جهانی آن حدود ۷۰٪ کمتر می‌باشد (Biglari *et al*., 2019). تنش آبی با توجه به مدت زمان، دوام و اندازه کمبود آن، تأثیرات منفی بر مشخصات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه دارد که در نهایت منجر به کاهش عملکرد کمّی و کیفی گیاهان تحت این شرایط خواهد شد (Gao *et al*., 2020). کمبود آب علاوه بر کاهش توسعه برگ می‌تواند از طریق ریزش و مرگ برگ‌ها در طول مراحل مختلف رشد بر شاخص سطح برگ مؤثر باشد. به طور کلی تنش آب از طریق کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش در قابلیت هدایت روزنه‌ها، کاهش در آبگیری کلروپلاست و سایر بخش‌های پروتوپلاسم (که به نحوی کارآیی فتوسنتز را کاهش می‌دهد)، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل سبب تقلیل فرایند فتوسنتز می‌گردد (Okunlola *et al*., 2017). تنش آب به‌طور مستقیم می‌تواند بر فرایندهای بیوشیمیایی مربوط به فتوسنتز اثر گذاشته و به طور غیرمستقیم ورود دی‌اکسیدکربن را به داخل روزنه‌ها که به‌علت شرایط کم آبی بسته‌اند، کاهش دهد. ازاین‌رو انتقال مواد فتوسنتزی نیز تحت تأثیر تنش آب قرار گرفته و موجب اشباع برگ‌ها از این مواد می‌گردد که ممکن است فتوسنتز را محدود نماید (Gao *et al*., 2020). بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و در نهایت عملکرد آن دچار نقصان می‌شود. از سویی کارایی جذب عناصر غذایی به‌ویژه در مناطقی که از کودهای شیمیایی فراوانی برای تولید حداکثر عملکرد استفاده می‌شود، در شرایط خشکی کاهش می‌یابد. کم بودن کارایی جذب کودهای شیمیایی از یکسو و اثرهای منفی کاربرد کودهای شیمیایی (آلودگی‌های زیست محیطی، کاهش کیفیت محصولات تولیدی، هجوم علف‌های هرز رقابت کننده با گیاهان زراعی و شیوع آفات و بیماری‌ها) در درازمدت از سوی دیگر، لزوم استفاده از روش‌های کشاورزی پایدار را ضروری می‌سازد. بنابراین استفاده از کودهای زیستی به‌عنوان جایگزین مناسب مورد توجه تولیدکنندگان بخش کشاورزی قرار گرفته است. کودهای زیستی حاوی قارچ‌ها و باکتری‌های مفید حل‌کننده عناصر غذایی هستند که معمولاً با اسیدی کردن خاک و یا ترشح آنزیم‌ها باعث آزادسازی عناصر از ترکیب‌های پیچیده معدنی و آلی شده و در دسترس گیاه قرار می‌دهند.

قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار، یکی از عوامل بیولوژیک خاک‌های زراعی می‌باشند که به‌دلیل افزایش سطح مؤثر ریشه و به‌دنبال آن سطح جذب و توانایی افزایش جذب فسفر از منابع غیرمتحرک به دلیل فعالیت آنزیم فسفاتاز و ترکیب‌های آلی حل‌کننده فسفات نامحلول، موجب استفاده تجاری از این قارچ‌ها به‌عنوان کودهای زیستی شده است (Mohammadi *et al*., 2016). قارچ میکوریزا مقاومت گیاه در برابر تعدادی از تنش‌های زیستی و غیرزیستی از قبیل خشکی، کمبود مواد غذایی، رسوب فلز سمّی و شوری را بهبود می‌بخشد. Amiri و همکاران (۲۰۱۵) مشاهده کردند که فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، درصد اسانس و کیفیت اسانس گیاه شمعدانی معطر (*Pelargonium graveolens*) در شرایط تنش خشکی با کاربرد قارچ میکوریزا افزایش یافت. Ostadi و همکاران (۲۰۲۰) نتیجه گرفتند که درصد اسانس نعناع فلفلی و کیفیت اسانس حاصل از آن با کاربرد قارچ میکوریزا بهبود پیدا کرد. این ویژگی‌های سودمند گیاهان کلونیزه شده با قارچ به آنها اجازه می‌دهد تا نسبت به گیاهانی که با قارچ کلونیزه نشده‌اند، اهمیت ویژه‌ای برای محیط‌های چالش‌برانگیز ازجمله شرایط تنش‌زا داشته باشند. Golubkina و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که استفاده از قارچ‌های میکوریزا به‌عنوان فناوری سازگار با محیط‌زیست با افزایش سطح دسترسی به عناصر غذایی، بهبود جذب آب و افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی منجر به بهبود

www.SID.ir

Archive of SID

شرایط رشدی گیاهان در این شرایط خواهد شد. همچنین این محققان بیان کردند که کاربرد قارچ میکوریزا منجر به افزایش عملکرد ماده خشک و عملکرد اسانس در گیاهان ترخون (*Artemisia dracunculus*) و زوفا (*Hyssopus officinalis*) گردید. شواهد واضحی وجود دارد که قارچ میکوریزا می‌تواند به گیاهان برای بدست آوردن عناصری همانند روی، فسفر، آمونیوم، نیترات، مس و پتاسیم کمک کند (Lehmann *et al.*, 2014؛ Begum *et al.*, 2019). Kapoor و همکاران (۲۰۰۲) کاربرد دو گونه قارچ میکوریزا *Glomus macrocarpum* و *Glomus fasciculatum* را روی اسانس و بیوماس گیاه شوید (*Anethum graveolens* L.) و زنیان (*Trachyspermum ammi* (Linn.) Sprague) مورد ارزیابی قرار داده و گزارش کردند که کاربرد قارچ میکوریزا منجر به بهبود عملکرد کمّی و کیفی اسانس نسبت به عدم مصرف گردید. همچنین در اثر تلقیح با قارچ میکوریزا میزان اسانس تا ۹۰٪ در شوید و تا ۷۲٪ در زنیان نسبت به تیمارهای شاهد (عدم مصرف) افزایش یافت.

آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) گیاهی از تیره نعناعیان (Lamiaceae) با ساختار بوته‌ای و ساقه مستقیم، علفی یا چوبی و پُرشاخه به ارتفاع ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر می‌باشد و در بعضی موارد تا ۴۵ سانتی‌متر نیز گزارش شده است (Askary *et al.*, 2018). ساقه‌های منشعب این گیاه پوشیده از کرک‌های سفیدرنگ می‌باشد. اندام رویشی آویشن باغی حاوی مواد مؤثره و از نوع اسانس است. اسانس این گیاه زردرنگ و مقدار آن بین ۱ تا ۳٪ متغیر می‌باشد. مهمترین اجزاء تشکیل‌دهنده اسانس را تیمول، گاما-ترپینن، پارا-سیمن و کارواکرول تشکیل می‌دهند (Pavela *et al.*, 2018). علاوه‌براین، پیکر رویشی گیاه حاوی تانن، فلاونوئید، ساپونین و مواد تلخ می‌باشد (Alavi-Samani *et al.*, 2015). مواد مؤثره آویشن باغی خلط‌آور بوده و برای معالجه سرفه مورد استفاده قرار می گیرد. از تنتور و عصاره‌های الکلی پیکر رویشی این گیاه برای معالجه سرفه، گلودرد، برونشیت و آسم استفاده فراوان می‌شود. علاوه‌براین، مواد مؤثره آویشن باغی در صنایع غذایی به مقادیر فراوان کاربرد دارد. از تیمول و کارواکرول آن به‌عنوان نگهدارنده مواد غذایی در صنایع غذایی استفاده می‌شود (Askary *et al.*, 2018). همچنین اسانس آویشن باغی خاصیت شدید ضد باکتریایی و ضد قارچی دارد. از مواد مؤثره این گیاه در صنایع آرایشی و بهداشتی و در تهیه کرم‌ها، عطرها، لوسیون‌ها، دهان شویه‌ها و پماد استفاده می‌شود (Pavela *et al.*, 2018). مواد مؤثره آویشن باغی نیز از ترکیب‌های ضد ریزش مو در عصاره‌های گیاهی مورد استفاده در شامپو می‌باشد. همچنین از اسانس این گیاه به‌عنوان رایحه درمانی (درمان با مواد معطر) استفاده شده و در خمیر دندان نیز به‌عنوان یک ماده ضد باکتری مورد استفاده قرار می‌گیرد (Askary *et al.*, 2018).

امروزه با توجه به رویکرد روزافزون به استفاده از گیاهان دارویی و نقش این گیاهان در چرخه اقتصادی و از سوی دیگر لزوم استفاده از نظام‌های کشاورزی پایدار و ارتقای کمّی و کیفی گیاهان دارویی، پژوهشی با هدف بررسی اثرهای قارچ میکوریزا بر عملکرد کمّی و کیفی آویشن در سطوح مختلف آبیاری در شرایط آب و هوایی مراغه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۸ در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۶ دقیقه شرقی و عرض ۳۷ درجه و ۲۳ دقیقه شمالی با ارتفاع ۱۴۸۵ متر از سطح دریا اجرا گردید. قبل از اجرای آزمایش سه نمونه خاک به‌صورت تصادفی از قسمت‌های مختلف محل اجرای آزمایش انتخاب و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

بافت خاک	نیتروژن کل (٪)	فسفر قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	ماده آلی (٪)
Sandy clay loam	۰/۰۸۹	۱۲/۷	۴۷۲	۷/۵۳	۰/۹۱	۰/۸۸

آزمایش به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه در سال ۱۳۹۸ اجرا شد. فاکتور اصلی رژیم‌های مختلف آبیاری در سه سطح، آبیاری پس از ۲۰٪ حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی (W_{20}) به‌عنوان شاهد، آبیاری پس از ۵۰٪ حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی (W_{50}) به‌عنوان تنش ملایم و آبیاری پس از ۸۰٪ حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی (W_{80}) به‌عنوان تنش شدید، فاکتور فرعی مصرف و عدم مصرف قارچ میکوریزا و فاکتور فرعی فرعی برداشت در دو چین بود. هر کرت شامل پنج خط کاشت به طول چهار متر با فواصل ردیفی ۴۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. قارچ میکوریزا (*Funneliformis mosseae*) مورد استفاده در این تحقیق از کلینیک گیاه‌پزشکی اسدآباد همدان تهیه شد. قبل از کاشت از خاکی که حاوی هیف‌های قارچ میکوریزا، بقایای ریشه و اسپور (حدود ۱۰۰ اسپور در ۱۰ گرم خاک) بود، در داخل خطوط کاشت و زیر نشاءها به مقدار ۸۰ گرم در هر ردیف کاشت استفاده شد. به‌منظور آماده سازی زمین برای کاشت، در اوایل پاییز ۱۳۹۷ شخم نیمه‌عمیق توسط گاوآهن برگردان‌دار انجام شد و در بهار پس از انجام شخم سطحی، برای نرم کردن خاک از دو نوبت دیسک عمود بر هم استفاده شد. براساس نتایج آنالیز خاک، ۶۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل قبل از کاشت و ۴۰ کیلوگرم در هکتار اوره به‌صورت سرک به خاک اضافه گردید. نشاءها در اواسط اردیبهشت‌ماه در عمق پنج سانتی‌متری خاک کاشته شدند. اولین نوبت آبیاری بلافاصله بعد از کاشت انجام شد. به منظور سازگاری بیشتر نشاءهای منتقل شده به خاک و حصول رشد بهینه در یک ماه اول هیچ‌گونه تنشی اعمال نگردید. همچنین مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت منظم و به‌طور دستی انجام شد. برای اعمال سطوح تنش خشکی از دستگاه تی‌دی‌آر (Time-Domain Reflectometry, Model TRIME-FM, England) براساس حداکثر درصد تخلیه (Maximum allowable depletion) از آب در دسترس (Soil available water-SAW) استفاده شد. اعمال تنش‌ها با استفاده از روابط زیر مورد محاسبه قرار گرفت (Bahreininejad *et al*., 2013):

$$SAW= (\theta_{fc}- \theta_{pwp}) \times d \times 100$$

$$I_d= SAW \times p$$

$$I_g= [I_d \times 100] / E_a$$

در این رابطه θ_{fc}، θ_{pwp}، d، p، I_d، E_a و I_d به‌ترتیب ظرفیت زراعی خاک (۲۷/۴٪)، نقطه پژمردگی دائم (۱۳/۹٪)، عمق خاک (سانتی‌متر)، درصد تنش اعمال شده (۲۰، ۵۰ و ۸۰ درصد)، عمق آبیاری (۲۰ سانتی‌متر)، کارایی آبیاری (۶۵٪ در نظر گرفته شده است) و میزان نهایی آبیاری در تنش‌های مختلف می‌باشد. همچنین برای محاسبه حجم آبیاری، از حاصل‌ضرب مقدار عمق خالص آبیاری محاسبه شده در مساحت هر کرت استفاده شد.

با توجه به اینکه نوع آبیاری مورد استفاده در این آزمایش قطره‌ای بود، برای محاسبه میزان زمان مورد نیاز برای رسیدن به حجم مطلوب هر کرت، نیاز به تعیین میزان سطح خیس‌شوندگی خاک (P_W) بود (Mumivand, 2016).

$$Pw = \frac{W}{D}$$

در این رابطه P_W، W و D به‌ترتیب درصد سطح خیس شده مزرعه، عرض خیس شده توسط قطره‌چکان و فاصله بین ردیف‌های کشت می‌باشد. با توجه به اینکه تعداد قطره

www.SID.ir

Archive of SID

چکان موجود در هر کرت و همچنین دبِی آب ورودی (اندازه‌گیری شده توسط فلومتر) به سطح هر کرت مشخص می‌باشد، زمان مورد نیاز برای رسیدن به حجم آبیاری مورد نظر برای هر کرت از طریق رابطه زیر محاسبه شد.

$$\text{زمان مورد نیاز} = \frac{\text{حجم آب مورد نیاز}}{\text{دبی آب ورودی} \times \text{تعداد قطره چکان در هر کرت}}$$

برداشت آویشن در دو چین انجام شد. چین اول در آخر تیرماه و چین دوم در آخر شهریورماه انجام گردید. در هر دو چین، آویشن در مرحله گلدهی کامل برداشت گردید. قبل از برداشت، نمونه‌برداری از ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی برای اندازه‌گیری صفات مورفولوژی از قبیل ارتفاع بوته و قطر کانوپی انجام گردید. برداشت از خطوط میانی با حذف اثرهای حاشیه‌ای انجام شد. بعد از تعیین وزن تر بوته‌های برداشت شده، آنها را در محیط سایه تا ثابت شدن وزن نگهداری و بعد وزن خشک آنها اندازه‌گیری شد. برای استخراج اسانس از دستگاه کلونجر (مدل فارماکوپه بریتانیا) استفاده شد. اسانس‌گیری به‌مدت سه ساعت از اندام‌های هوایی آویشن انجام شد. سپس اسانس‌های استخراج شده با سولفات سدیم خشک آبگیری و داخل ویال شیشه‌ای در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تا زمان آنالیز نگهداری گردید. همچنین، پس از اسانس‌گیری، درصد و عملکرد اسانس طبق روابط زیر محاسبه شد (Amani Machiani *et al*., 2019).

$$\text{درصد اسانس} = \frac{\text{وزن اسانس (گرم)}}{\text{وزن خشک نمونه (40 گرم)}} \times 100$$

$$\text{عملکرد اسانس} = \frac{\text{درصد اسانس} \times \text{عملکرد ماده خشک}}{100}$$

شناسایی ترکیب‌های اسانس

برای جداسازی ترکیب‌های غالب اسانس آویشن از دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل Agilent 7990B ساخت کشور آمریکا با آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای (FID) و ستون VF-5MS استفاده شد. دمای تزریق و آشکارساز به‌ترتیب روی ۲۳۰ و ۲۴۰ درجه سلسیوس تنظیم شده بود. گاز هلیوم با سرعت جریان یک میلی‌لیتر بر دقیقه و نسبت تقسیم ۱:۲۴ بود. نمونه‌های اسانس به نسبت ۱:۱۰۰ در هگزان رقیق‌سازی و به‌میزان ۱ میکرولیتر به دستگاه کروماتوگرافی گازی تزریق شدند. کمّی‌سازی ترکیب‌های اسانس با استفاده از نرمال‌سازی سطح پیک و بدون استفاده از ضرایب اصلاح انجام شد. در نهایت، شناسایی ترکیب‌های اصلی اسانس با مقایسه زمان بازداری آنها با زمان بازداری استانداردهای خالص (تیمول، پارا-سیمن و گاما-ترپینن) تزریق شده انجام گردید (Morshedloo *et al*., 2018).

در نهایت بعد از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد. همچنین، رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام گردید.

نتایج

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ارتفاع بوته آویشن تحت تأثیر معنی‌دار سطوح مختلف آبیاری، قارچ میکوریزا، چین و اثر متقابل تنش در میکوریزا و تنش در چین قرار گرفت (جدول ۲). براساس ترکیب تیماری سطوح آبیاری در میکوریزا، بیشترین و کمترین ارتفاع بوته آویشن به‌ترتیب در آبیاری نرمال (W_{20}) با کاربرد قارچ میکوریزا و در تنش شدید (W_{80}) بدون مصرف میکوریزا بدست آمد. با کاربرد قارچ میکوریزا ارتفاع بوته آویشن ۱۰/۵٪ نسبت به عدم کاربرد آن افزایش یافت (شکل ۱). همچنین براساس مقایسه

www.SID.ir

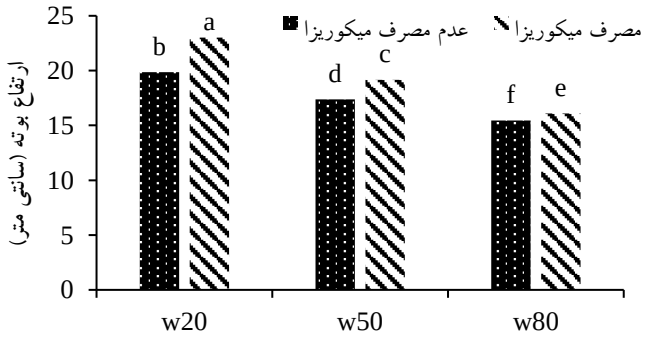
Archive of SID

میانگین ترکیب تیماری تنش در چین، بیشترین و کمترین ارتفاع بوته به چین اول در آبیاری نرمال (W_{20}) و چین دوم در تنش شدید (W_{80}) مشاهده شد (شکل ۲). نتایج بیانگر افزایش ۲۲/۹ درصدی ارتفاع بوته در چین اول نسبت به چین دوم بود (شکل ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات رشدی و عملکردی آویشن در سطوح مختلف آبیاری با کاربرد قارچ میکوریزا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		ارتفاع بوته	قطر کانوپی	عملکرد ماده خشک
بلوک	۲	۷/۴۶	۳۶/۴۹	۶۶۳۴/۸
تنش	۲	۹۷/۴**	۷۷/۸**	۸۸۸۸۵/۴**
خطای یک	۴	۰/۵۸	۲/۷۵	۲۹۴۲/۱
میکوریزا	۱	۳۰/۹۱**	۱۷/۷۱**	۲۵۷۲۳/۹**
تنش × میکوریزا	۲	۴/۷۰**	۰/۵۳ ns	۲۱۲۳/۸ ns
خطای دو	۶	۰/۲۲	۰/۲۰۲	۱۱۰۴/۰۳
چین	۱	۱۳۰/۸۷**	۹/۷۷ ns	۶۷۰۷۲/۴**
تنش × چین	۲	۰/۶۴ **	۱/۹۸ ns	۱۲۳۱۶/۵ ns
چین × میکوریزا	۱	۰/۰۳ ns	۰/۴۰۳ ns	۱۵۳/۱ ns
تنش × میکوریزا × چین	۲	۰/۰۴ ns	۰/۴۳۲ ns	۴۳۱۲/۳ ns
خطای سه	۱۲	۰/۰۸	۲/۱۲	۵۲۸۳/۳
منابع تغییرات (٪)		۱/۵۷	۸/۶۷	۱۶/۰۲

**، * و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ و عدم تفاوت معنی‌دار

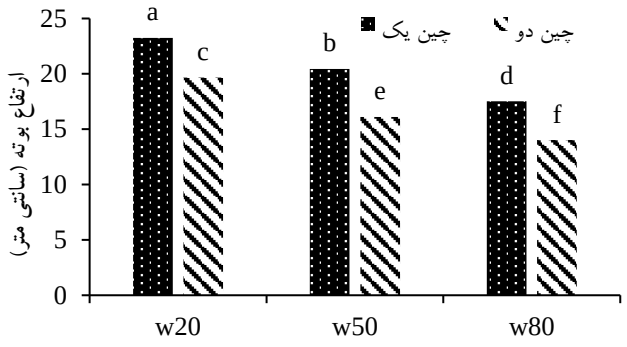


شکل ۱- میانگین ارتفاع بوته آویشن در سطوح مختلف آبیاری با کاربرد قارچ میکوریزا

ستون‌های دارای حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- ارتفاع بوته آویشن در سطوح مختلف آبیاری در چین اول و دوم

ستون‌های دارای حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن ندارند.

قطر کانوپی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که قطر کانوپی آویشن تحت تأثیر جداگانه سطوح مختلف آبیاری و کاربرد قارچ میکوریزا قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین و کمترین میزان قطر کانوپی به‌ترتیب در تیمار شاهد (W_{20}) و تنش شدید (W_{80}) بدست آمد. با افزایش سطوح تنش از قطر کانوپی کاسته شد. به‌طوری که میزان قطر کانوپی در تنش‌های ملایم و شدید ۱۰/۹٪ و ۲۶/۱٪ نسبت به حالت بدون تنش کاهش پیدا کرد (جدول ۴). علاوه‌براین، کاربرد قارچ میکوریزا منجر به افزایش ۱۳/۸ درصدی قطر کانوپی آویشن نسبت به عدم کاربرد آن گردید (جدول ۵).

عملکرد ماده خشک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد ماده خشک تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری، میکوریزا و چین قرار گرفت (جدول ۲). عملکرد ماده خشک آویشن در چین اول ۲۱/۱٪ بیشتر از چین دوم بود (جدول ۶). در بین سطوح آبیاری مختلف، بیشترین و کمترین عملکرد ماده خشک به ترتیب در آبیاری شاهد (W_{20}) و تنش شدید (W_{80}) مشاهده شد. با افزایش سطح تنش از میزان عملکرد ماده خشک کاسته شد. به‌طوری که میزان عملکرد ماده خشک در تنش‌های ملایم و شدید ۲۱/۳٪ و ۳۰/۶٪ نسبت به آبیاری نرمال کاهش پیدا کرد (جدول ۴). همچنین کاربرد قارچ میکوریزا منجر به افزایش ۱۲/۵ درصدی عملکرد ماده خشک آویشن نسبت به عدم کاربرد آن گردید (جدول ۵).

درصد اسانس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که درصد اسانس آویشن تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری، قارچ میکوریزا، چین و اثرهای متقابل تنش در چین قرار گرفت (جدول ۳). درصد اسانس آویشن با کاربرد قارچ میکوریزا ۸/۵٪ نسبت به عدم مصرف آن افزایش یافت (جدول ۵). همچنین، براساس مقایسه میانگین ترکیب تیماری تنش در چین، بیشترین (۲/۰۹٪) و کمترین درصد اسانس آویشن (۱/۰۵٪) به‌ترتیب در چین اول با تنش متوسط (W_{50}) و چین دوم با آبیاری شاهد (W_{20}) بدست آمد (شکل ۳). با توجه به شکل ۳، میزان درصد اسانس در تنش‌های ملایم (W_{50}) و شدید (W_{80}) به‌ترتیب ۳۸/۲٪ و ۲۳/۷٪ بیشتر از آبیاری نرمال بود. علاوه‌براین، مقایسه دو چین نشان داد که میزان اسانس تولیدی در چین اول ۴۳/۵٪ بیشتر از چین دوم بود (جدول ۶).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- تجزیه واریانس درصد و ترکیب‌های اسانس آویشن در سطوح مختلف آبیاری با کاربرد قارچ میکوریزا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		درصد اسانس	عملکرد اسانس	تیمول	گاما-ترپینن	پارا-سیمن
بلوک	۲	۰/۰۳	۵/۳۴	۴۸/۶۵	۳۲/۴۸	۱۵/۱۵
تنش	۲	۰/۹۱ **	۱۰/۹۲ *	۱۷/۹۱ *	۲۳/۹۴ **	۲/۲۷ *
خطای یک	۴	۰/۰۳	۱/۵۰	۱/۵۴	۰/۰۲۴	۰/۱۹
میکوریزا	۱	۰/۱۷ **	۱۹/۹۰ **	۳/۵۴ *	۱۳/۰۳ **	۸/۳۰ **
تنش × میکوریزا	۲	۰/۰۰۳ ns	۰/۴۵ ns	۰/۲۲ ns	۰/۴۵ ns	۱/۱۵ **
خطای دو	۶	۰/۰۰۱۴	۰/۴۶	۰/۴۲	۰/۰۹۳	۰/۰۲
چین	۱	۲/۹۹**	۱۳۴/۱۴ **	۳۲/۵۵ **	۲/۷۷ ns	۸/۳۲ **
تنش × چین	۲	۰/۰۶ **	۸/۶۲ *	۲/۲۲ ns	۰/۲۸ ns	۰/۱۲ ns
چین × میکوریزا	۱	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۱۴ ns	۰/۰۰۶ ns	۲/۸۷ ns	۰/۱۳ ns
تنش × میکوریزا × چین	۲	۰/۰۰۰۲ ns	۱/۹۳ ns	۱/۳۱ ns	۱/۵۲ ns	۰/۴۸ ns
خطای سه	۱۲	۰/۰۰۱۱	۲/۰۴	۳/۴۰	۱/۴۹	۰/۲۱
منابع تغییرات (٪)		۲/۰۹	۱۹/۶۴	۴/۵۵	۶/۷۱	۳/۲۴

**، * و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ و عدم تفاوت معنی‌دار

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات کمّی و کیفی آویشن در سطوح مختلف آبیاری

تیمار	قطر کانوپی (سانتی‌متر)	عملکرد ماده خشک (گرم در مترمربع)	تیمول (٪)	گاما-ترپینن (٪)
آبیاری نرمال (W_{20})	۱۹/۷۰ a	۵۴۸/۷ a	۳۸/۷۰ b	۱۶/۵۶ b
تنش ملایم (W_{50})	۱۷/۵۴ b	۴۳۱/۹ b	۴۱/۰۶ a	۱۹/۰۷ a
تنش شدید (W_{80})	۱۴/۵۵ c	۳۸۰/۸ c	۴۰/۴۲ a	۱۸/۹۴ a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات کمّی و کیفی آویشن با کاربرد قارچ میکوریزا

تیمار	قطر کانوپی (سانتی‌متر)	وزن خشک (گرم در مترمربع)	درصد اسانس	عملکرد اسانس (گرم در مترمربع)	تیمول (٪)	گاما-ترپینن (٪)
عدم مصرف میکوریزا	۱۶/۶۲ b	۴۲۷/۱ b	۱/۵۳ b	۶/۵۳ b	۳۹/۳ b	۱۷/۵۹ b
مصرف میکوریزا	۱۸/۹۱ a	۴۸۰/۵ a	۱/۶۶ a	۸/۰۲ a	۴۰/۸ a	۱۸/۸۰ a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

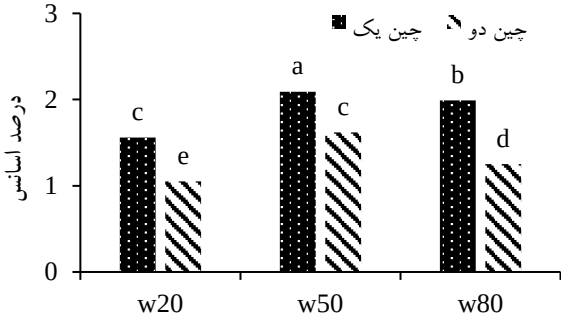
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات کمی و کیفی آویشن در چین اول و دوم

تیمار	وزن خشک (گرم در مترمربع)	درصد اسانس	درصد تیمول	درصد پارا-سیمن
چین اول	۴۹۷/۱ a	۱/۸۸ a	۴۱/۰۳ a	۱۴/۵۳ a
چین دوم	۴۱۰/۶ b	۱/۳۱ b	۳۹/۰۸ b	۱۳/۵۷ b

در هر ستون میانگین‌های که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

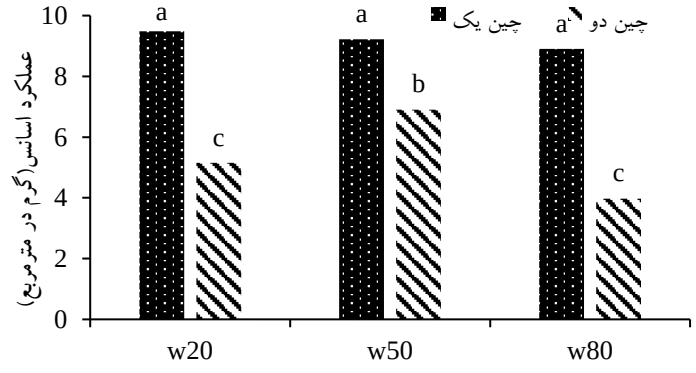


شکل ۳- درصد اسانس آویشن در سطوح محتلف آبیاری در چین اول و دوم

ستون‌های دارای حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن ندارند.

عملکرد اسانس

طبق جدول ۳، عملکرد اسانس آویشن تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری، چین و کاربرد قارچ میکوریزا و اثرهای متقابل تنش در چین قرار گرفت. با کاربرد قارچ میکوریزا عملکرد اسانس آویشن ۲۲/۸٪ نسبت به عدم مصرف آن افزایش یافت (جدول ۵). براساس مقایسه میانگین ترکیب تیماری تنش در چین، بیشترین میزان عملکرد اسانس (۹/۴۸ گرم در مترمربع) در چین اول با آبیاری شاهد (W_{20}) حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با تنش ملایم و شدید نداشت (شکل ۴). همچنین کمترین میزان عملکرد اسانس نیز در چین دوم و تنش شدید (W_{80}) بدست آمد.



شکل ۴- عملکرد اسانس آویشن در سطوح محتلف آبیاری در چین اول و دوم

ستون‌های دارای حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن ندارند.

www.SID.ir

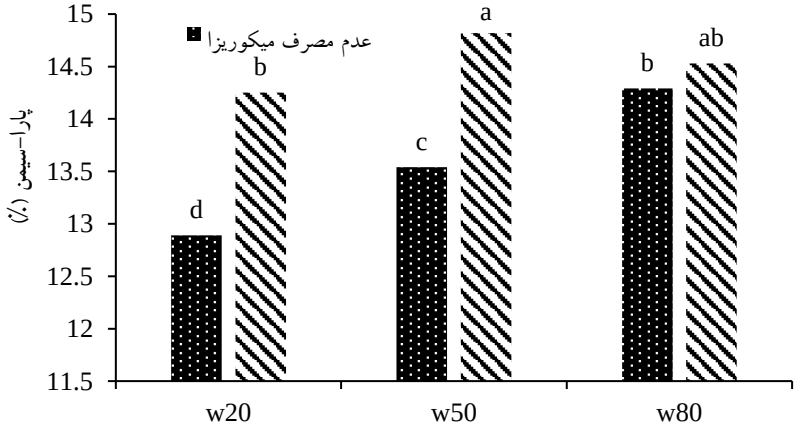
Archive of SID

ترکیب‌های اسانس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان تیمول تحت تأثیر اثرهای منفرد سطوح مختلف آبیاری، چین و قارچ میکوریزا قرار گرفت (جدول۳). با کاربرد قارچ میکوریزا میزان تیمول ۳/۸٪ نسبت به عدم مصرف آن افزایش یافت (جدول ۵). از بین سطوح آبیاری مختلف، بیشترین میزان تیمول در تنش ملایم (W_{50}) بدست آمد که تفاوت معنی داری با تنش شدید (W_{80}) نداشت. همچنین کمترین میزان تیمول نیز در آبیاری شاهد (W_{20}) حاصل شد. میزان تیمول در تنش ملایم و شدید به‌ترتیب ۷/۵٪ و ۴/۴٪ نسبت به آبیاری نرمال افزایش یافت (جدول ۵). علاوه‌براین با مقایسه دو چین مشخص شد که میزان تیمول در چین اول ۵٪ بیشتر از چین دوم بود (جدول ۶).

میزان گاما–ترپینن هم تحت تأثیر کاربرد جداگانه قارچ میکوریزا و سطوح مختلف آبیاری قرار گرفت (جدول ۳). با کاربرد قارچ میکوریزا میزان گاما–ترپینن ۶/۹٪ نسبت به عدم مصرف آن افزایش یافت (جدول ۵). علاوه‌براین، بیشترین میزان گاما–ترپینن (۱۹/۰۷٪) در تنش ملایم (W_{50}) بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با تنش شدید (W_{80}) نداشت. همچنین کمترین میزان تیمول (۱۶/۵۶٪) نیز در آبیاری نرمال (W_{20}) حاصل شد. میزان تیمول در تنش ملایم و شدید به‌ترتیب ۱۵/۲٪ و ۱۴/۴٪ نسبت به آبیاری نرمال افزایش یافت (جدول ۴).

میزان پارا–سیمن نیز تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری، میکوریزا، چین و اثر متقابل تنش در میکوریزا قرار گرفت (جدول ۳). با مقایسه پارا–سیمن در دو چین مشخص شد که میزان این ترکیب در چین اول ۷/۱٪ بیشتر از چین دوم بود (جدول ۶). براساس اثر متقابل تنش در میکوریزا، بیشترین میزان پارا–سیمن در تنش ملایم (W_{50}) با کاربرد قارچ میکوریزا بدست آمد. همچنین نتایج نشان داد که میزان پارا–سیمن در تنش ملایم و شدید به‌ترتیب ۴/۵٪ و ۶/۲٪ نسبت به آبیاری نرمال افزایش یافت (شکل ۵).



شکل ۵- میزان پارا–سیمن در سطوح مختلف آبیاری با کاربرد قارچ میکوریز

ستون‌های دارای حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن ندارند.

بحث

ارتفاع بوته

به‌طور کلی نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که با افزایش سطح تنش از ارتفاع بوته آویشن کاسته شده است. تنش خشکی با کاهش میزان جذب عناصر غذایی از یک‌سو و با تحت تأثیر قرار دادن سازوکارهای مختلف از قبیل کاهش غلظت کلروفیل، کارایی و سرعت فتوسنتز از سوی

www.SID.ir

Archive of SID

دیگر منجر به کاهش صفات رشدی و در نهایت عملکرد گیاه خواهد شد (Govahi *et al*., 2015). در تطابق با نتایج این پژوهش Bahreininejad و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که ارتفاع بوته آویشن باغی در تنش‌های خشکی متوسط و شدید کاهش یافت. همچنین Morshedloo و همکاران (۲۰۱۷) مشاهده کردند که افزایش سطوح تنش خشکی منجر به کاهش صفات رشدی در گیاه مرزنجوش (*Origanum vulgare* L.) گردید.

همچنین با کاربرد قارچ میکوریزا ارتفاع بوته آویشن نسبت به عدم کاربرد آن افزایش یافت. دلیل افزایش ارتفاع بوته با کاربرد قارچ میکوریزا به جذب بهتر عناصر غذایی از قبیل نیتروژن، روی، فسفر، آمونیوم، مس و پتاسیم نسبت داده می‌شود که منجر به بهبود صفات رشدی و عملکردی از قبیل ارتفاع بوته و تعداد شاخ و برگ می‌گردد (Baum *et al*., 2015). Masoumi Zavarian و همکاران (۲۰۱۵) نتیجه گرفتند که کاربرد قارچ میکوریزا باعث افزایش ارتفاع بوته و وزن کل ماده خشک گیاه انیسون (*Pimpinella anisum* L.) گردید. علاوه‌براین، ارتفاع بوته آویشن در چین اول بیشتر از چین دوم بود. بیشتر بودن ماده خشک در چین اول نسبت به چین دوم به بیشتر بودن طول دوره در چین اول و ایجاد شرایط بهینه برای گیاه در چین اول (از قبیل بیشتر بودن طول روز و تابش آفتاب، دمای محیط و ...) نسبت به چین دوم نسبت داده می‌شود. به‌طور مشابه Amani Machiani و همکاران (۲۰۱۷) با مقایسه دو چین نعناع فلفلی مشاهده کردند که ارتفاع بوته این گیاه در چین اول بیشتر از چین دوم بود. همچنین Heidari و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که گیاه نعناع فلفلی در چین اول نسبت به چین دوم از رشد مناسب‌تری برخوردار بود که علت آن را به طول دوره رشد زیاد و روزهای آفتابی و دمای مناسب و طول روز بلندتر در چین اول نسبت دادند.

قطر کانوپی

کاهش قطر کانوپی با افزایش تنش خشکی را می‌توان به توسعه و گسترش کمتر سلول‌ها در نتیجه کمبود رطوبت و به‌تبع آن جذب کمتر عناصر غذایی (دو عنصر مورد نیاز برای رشد بهینه گیاه) نسبت داد (Gao *et al*., 2020). همچنین همزیستی ریشه آویشن با قارچ میکوریزا منجر به افزایش قطر کانوپی گردید. بهبود صفات رشدی گیاه با کاربرد قارچ میکوریزا به افزایش سطح جذب عناصر غذایی توسط ریشه و جذب بیشتر آنها نسبت داده می‌شود (Golubkina *et al*., 2020). در تطابق با نتایج این پژوهش، Golubkina و همکاران (۲۰۲۰) مشاهده کردند که کاربرد قارچ میکوریزا منجر به افزایش صفات رشدی در گیاهان ترخون (*Artemisia dracunculus* L.)، زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) و اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia* L.) گردید.

عملکرد ماده خشک

صفات رشدی آویشن تحت تأثیر تنش خشکی کاهش پیدا کرد. کاهش عملکرد ماده خشک با افزایش تنش خشکی را می‌توان به کاهش صفات رشدی از قبیل ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ نسبت داد (Gao *et al*., 2020). Lak و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که افزایش ماده خشک تولیدی در گیاهان تحت شرایط آبیاری مطلوب می‌تواند به‌دلیل گسترش بیشتر سطح برگ و نیز دوام سطح برگ باشد که با ایجاد منبع فیزیولوژیکی کارآمد برای استفاده هر چه بیشتر از نور دریافتی باعث افزایش تولید ماده خشک خواهد شد. علاوه‌براین همزیستی ریشه آویشن با قارچ میکوریزا منجر به افزایش عملکرد ماده خشک آویشن گردید. ازآنجایی که عملکرد ماده خشک در گیاهان دارویی برآیندی از صفات رشدی مختلف از قبیل ارتفاع بوته، قطر کانوپی و ... می‌باشد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که برقراری رابطه همزیستی قارچ میکوریزا با ریشه آویشن با بهبود صفات رشدی گیاه از طریق بهبود در جذب عناصر غذایی، جذب رطوبت و افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش‌های محیطی منجر به افزایش عملکرد ماده خشک در

www.SID.ir

Archive of SID

این گیاه شده است (Begum *et al*., 2019).

درصد اسانس

بهبود اسانس آویشن با کاربرد قارچ میکوریزا به افزایش فعالیت فتوسنتزی و غدد تشکیل‌دهنده اسانس بر اثر افزایش سطح جذب و دسترسی به عناصر غذایی نسبت داده می‌شود. ازاین‌رو به نظر می‌رسد همزیستی ریشه گیاه آویشن با قارچ میکوریزا از طریق فراهمی عناصر اصلی سازنده اسانس ازجمله نیتروژن و فسفر موجب افزایش درصد اسانس آویشن شده است (Golubkina *et al*., 2020). Kapoor و همکاران (۲۰۱۷) نتیجه گرفتند که کاربرد قارچ میکوریزا باعث ایجاد تغییراتی در غلظت فیتوهورمون‌های گیاهی از قبیل جاسمونیک اسید، جیبرلیک اسید و سیتوکینن می‌شود که این فیتوهورمون‌ها تشکیل غدد ترشح‌کننده اسانس را بیشتر کرده و در نهایت منجر به تولید بیشتر متابولیت‌های ثانویه می‌شوند. Chegeni و همکاران (۲۰۱۸) مشاهده کردند که درصد اسانس شوید (*Anethum graveolens* L.) با کاربرد قارچ میکوریزا نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف) و کود شیمیایی افزایش یافت.

همچنین میزان اسانس تولیدی آویشن در تنش ملایم و شدید نسبت به آبیاری نرمال افزایش معنی‌داری یافت. محصولات دارویی بر خلاف همه محصولات کشاورزی که در اوضاع تنشی از نظر مقدار تولید صدمه می‌بینند، ممکن است در این اوضاع تولید مواد شیمیایی بیشتر و در نتیجه بازدهی اقتصادی بالاتری پیدا کنند. تولید متابولیت‌های ثانویه برای سازگاری گیاه نسبت به عوامل نامساعد و تنش‌های محیط زندگی انجام شده و به‌منزله بکار افتادن یک نوع جریان دفاعی در جهت استمرار تعادل فعالیت‌های حیاتی به حساب می‌آید (Ghaemi *et al*., 2019). با وجود اینکه میزان اسانس آویشن در دو تنش متوسط و شدید نسبت به شاهد افزایش یافته است ولی میزان اسانس تولید شده در تنش شدید نسبت به متوسط کاهش پیدا کرده است. زیرا در تنش‌های شدیدتر گیاه بیشتر مواد فتوسنتزی تولید شده را صرف تولید ترکیب‌های تنظیم‌کننده اسمزی ازجمله پرولین، گلیسین بتائین و ترکیب‌های قندی مانند ساکارز، فروکتور و فروکتان‌ها می‌کند تا از این طریق شرایط لازم را برای بقای حیات گیاه در تنش‌های شدیدتر فراهم کند (Khorasaninejad *et al*., 2015). در تطابق با نتایج این پژوهش، Govahi و همکاران (۲۰۱۵) مشاهده کردند که میزان اسانس تولیدی مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.) در تنش ملایم و شدید به‌ترتیب ۱۰۸٪ و ۸۴٪ نسبت به آبیاری نرمال افزایش پیدا کرد. همچنین با مقایسه دو چین مشخص شد که میزان اسانس تولیدی در چین اول بیشتر از چین دوم بود. بنابراین کمتر بودن میزان اسانس در چین دوم نسبت به چین اول به کاهش دما در چین دوم نسبت داده می‌شود که تأثیر منفی بر غدد تشکیل‌دهنده اسانس و میزان اسانس تولید شده خواهد داشت (Amani Machiani *et al*., 2017). معمولاً تشکیل و تجمع اسانس در گیاهان دارویی در شرایط نامساعد محیطی تمایل به افزایش نشان داده که گیاه را در مقابل آسیب‌های نوری زیاد و کمبود احتمالی آب محافظت می‌کند. در تطابق با نتایج این پژوهش، Amani Machiani و همکاران (۲۰۱۷) نتیجه گرفتند که میزان اسانس نعناع فلفلی در چین اول ۲۰/۳۷٪ بیشتر از چین دوم بود. Hassiotis و همکاران (۲۰۱۴) مشاهده کردند که میزان اسانس و ترکیب‌های تشکیل‌دهنده آن تحت تأثیر پارامترهای آب و هوایی از قبیل دما و بارش قرار می‌گیرند، به‌طوری که بارندگی و کاهش دما در طی دوره رشد گیاه دارویی اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia*) منجر به کاهش میزان اسانس شد که دلیل آن را به تخریب غدد ترشح‌کننده اسانس نسبت دادند.

عملکرد اسانس

نتایج نشان داد که عملکرد اسانس با کاربرد قارچ میکوریزا و سطوح تنش خشکی افزایش یافت. همچنین میزان عملکرد اسانس در چین اول بیشتر از چین دوم بود. از آنجایی که عملکرد اسانس از حاصل‌ضرب عملکرد ماده

www.SID.ir

Archive of SID

خشک در میزان اسانس تولید شده توسط گیاه بدست می‌آید و با دو شاخص ذکر شده رابطه مستقیمی دارد. ازاین‌رو هر عاملی که منجر به افزایش دو شاخص ذکر شده گردد منجر به افزایش عملکرد اسانس نیز خواهد شد (Amani Machiani *et al*., 2019). عدم وجود تفاوت معنی‌دار با افزایش سطوح تنش خشکی نیز به افزایش درصد اسانس تولید شده در این سطوح برمی‌گردد. همچنین دلیل کاهش عملکرد اسانس در چین دوم به کاهش عملکرد ماده خشک و میزان اسانس تولید شده نسبت به چین اول نسبت داده می شود. Weisany و همکاران (۲۰۱۶) نتیجه گرفتند که عملکرد اسانس شوید (*Anethum graveolens* L.) با کاربرد قارچ میکوریزا بدلیل افزایش عملکرد ماده خشک و درصد اسانس بیشتر شد.

ترکیب‌های اسانس

به‌طور کلی مشاهده شد که میزان ترکیب‌های غالب اسانس آویشن از قبیل تیمول، پارا-سیمن و گاما-ترپینن در تنش‌های متوسط و شدید افزایش پیدا کرد. بنابراین چنین بنظر می‌رسد که دلیل افزایش ترکیب‌های غالب اسانس آویشن در تنش‌های ملایم و شدید تخصیص بیشتر کربن‌های تثبیت شده طی فرایند فتوسنتز به تولید متابولیت‌های ثانویه می‌باشد که طی این فرایند میزان مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های محیطی از طریق کاهش خسارت‌های رادیکال‌های فعال اکسیژن افزایش می‌یابد (Farahani *et al*., 2009). Bahreininejad و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که میزان تیمول در اسانس آویشن باغی در تنش‌های ملایم و شدید نسبت به آبیاری نرمال افزایش پیدا کرد.

همچنین نتایج نشان داد که میزان ترکیب‌های غالب اسانس آویشن با کاربرد قارچ میکوریزا افزایش یافت. اسانس‌ها ترکیب‌های ترپنوئیدی بوده و واحدهای سازنده آنها (ایزوپرنوئیدها) مانند ایزوپنتنیل پیروفسفات و دی متیل آلیل پیروفسفات نیاز به ترکیب‌هایی از قبیل ATP و NADPH دارند. با توجه به این موضوع حضور عناصری مانند نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌های نامبرده شده ضروریست (Amani Machiani *et al*., 2018). ازاین‌رو همزیستی میکوریزایی از طریق جذب کارآمد فسفر و تا حدودی نیتروژن توسط ریشه، موجب افزایش ترکیب‌های اسانس و به‌تبع آن درصد اسانس تولیدی خواهد شد. Zolfaghari و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که کاربرد قارچ میکوریزا با افزایش میزان درصد لینالول و متیل چاویکول منجر به بهبود کیفیت اسانس این گیاه شد. Fadaee و همکاران (۲۰۱۸) نتیجه گرفتند که کاربرد سویه های مختلف قارچ میکوریزا منجر به بهبود کمّیت و کیفیت اسانس بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) در شرایط تنش خشکی گردید. از آنجایی که میزان ترکیب‌های غالب آویشن از قبیل تیمول، پارا-سیمن و گاما-ترپینن تحت شرایط تنش ملایم و شدید و همچنین با کاربرد قارچ میکوریزا افزایش یافته است، ازاین‌رو می‌توان نتیجه گرفت که کیفیت اسانس آویشن تحت این شرایط بهبود پیدا کرده است.

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت که نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که عملکرد، درصد و کیفیت اسانس حاصل از آویشن تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری، کاربرد قارچ میکوریزا و تاریخ برداشت (چین) قرار گرفت. با افزایش سطوح تنش از میزان عملکرد ماده خشک کاسته شد. ولی بیشترین میزان درصد اسانس به ترتیب در تنش متوسط حاصل شد. همچنین با کاربرد قارچ میکوریزا درصد و عملکرد اسانس آویشن به‌ترتیب ۸/۵٪ و ۲۲/۸٪ افزایش یافت. علاوه‌براین، ترکیب‌های غالب اسانس آویشن از قبیل تیمول، پارا-سیمن و گاما-ترپینن در تنش متوسط و با کاربرد قارچ میکوریزا افزایش پیدا کرد. به‌طور کلی آبیاری پس از تخلیه ۵۰٪ ظرفیت زراعی با کاربرد قارچ میکوریزا می‌تواند علاوه‌بر کاهش آب مصرفی منجر به افزایش کمّیت و کیفیت اسانس آویشن باغی گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع مورد استفاده

- Alavi-Samani, S.M., Kachouei, M.A. and Pirbalouti, A.G., 2015. Growth, yield, chemical composition, and antioxidant activity of essential oils from two thyme species under foliar application of jasmonic acid and water deficit conditions. Horticulture, Environment, and Biotechnology, 4(3): 109-113.
- Amani Machiani, M., Javanmard, A. and Shekari, F., 2017. The effect of intercropping patterns on peppermint (*Mentha piperita* L.) dry biomass yield and essential oil content and faba bean (*Vicia faba* L.) seed yield. Journal of Crop Production and Processing, 7(3): 79-97.
- Amani Machiani, M., Javanmard, A., Morshedloo, M.R. and Maggi, F., 2018. Evaluation of competition, essential oil quality and quantity of peppermint intercropped with soybean. Industrial Crops and Products, 111: 743-754.
- Amani Machiani, M., Rezaei-Chiyaneh, E., Javanmard, A., Maggi, F. and Morshedloo, M.R., 2019. Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed yield and quali-quantitative production of the essential oils from fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) in intercropping system under humic acid application. Journal of Cleaner Production, 235: 112-122.
- Amiri, R., Nikbakht, A. and Etemadi, N., 2015. Alleviation of drought stress on rose geranium [*Pelargonium graveolens* (L.) Herit.] in terms of antioxidant activity and secondary metabolites by mycorrhizal inoculation. Scientia horticulturae, 197: 373-380.
- Askary, M., Behdani, M.A., Parsa, S., Mahmoodi, S. and Jamialahmadi, M., 2018. Water stress and manure application affect the quantity and quality of essential oil of *Thymus daenensis* and *Thymus vulgaris*. Industrial Crops and Products, 111: 336-344.
- Bahreininejad, B., Razmjoo, J. and Mirza, M., 2013. Influence of water stress on morpho-physiological and phytochemical traits in Thymus daenensis. International Journal of Plant Production, 7(1): 151-166.
- Baum, C., El-Tohamy, W. and Gruda, N., 2015. Increasing the productivity and product quality of vegetable crops using arbuscular mycorrhizal fungi: a review. Scientia Horticulturae, 187: 131-141.
- Begum, N., Qin, C., Ahanger, M.A., Raza, S., Khan, M.I., Ashraf, M., Ahmed, N. and Zhang, L., 2019. Role of arbuscular mycorrhizal fungi in plant growth regulation: implications in abiotic stress tolerance. Frontiers in Plant Science, 10: 1-15.
- Biglari, T., Maleksaeidi, H., Eskandari, F. and Jalali, M., 2019. Livestock insurance as a mechanism for household resilience of livestock herders to climate change: Evidence from Iran. Land Use Policy, 87: 1-9.
- Chegeni, Z., Zolfaghari, M., Sedighi Dehkordi, F. and Mahmoodi Sourestani, M., 2018. The effect of mycorrhizal fungi, PGPRs and chemical fertilizer on yield and essential oil content of dill (*Anethum graveolens* L.) seed. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 28(4): 93-104.
- Fadaee, E., Parvizi, Y., Gerdakane, M. and Khan-ahmadi, M., 2018. The effects of mycorhiza (*Glomus mosseae* and *Glomus intraradiceae*) and phosphorus on growth and phytochemical traits of *Dracocephalum moldavica* L. under drought stress. Journal of Medicinal Plants. 17(66): 100-112.
- Farahani, H.A., Valadabadi, S.A., Daneshian, J. and Khalvati, M.A., 2009. Evaluation changing of essential oil of balm (*Melissa officinalis* L.) under water deficit stress conditions. Journal of Medicinal Plants Research. 3: 329-333.
- Gao, S., Wang, Y., Yu, S., Huang, Y., Liu, H., Chen, W. and He, X., 2020. Effects of drought stress on growth, physiology and secondary metabolites of Two Adonis species in Northeast China. Scientia Horticulturae, 259: 108795.
- Ghaemi, M., Zare, Z. and Nasiri, Y., 2019. Effect of drought stress on some morphological characteristics and essential oil production levels of *Ocimum basilicum* in different stages of growth and development. Developmental Biology, 11(1): 15-26.
- Golubkina, N., Logvinenko, L., Novitsky, M., Zamana, S., Sokolov, S., Molchanova, A., Shevchuk, O., Sekara, A., Tallarita, A. and Caruso, G., 2020. Yield, essential oil and quality performances of *Artemisia dracunculus*, *Hyssopus officinalis* and *Lavandula angustifolia* as affected by arbuscular mycorrhizal fungi under organic management. Plants, 9: 1-16.
- Govahi, M., Ghalavand, A., Nadjafi, F. and Sorooshzadeh, A., 2015. Comparing different soil fertility systems in Sage (*Salvia officinalis*) under water deficiency. Industrial Crops and Products,74: 20-27.
- Hassiotis, C.N., Ntana, D.M., Lazari, S. and Vlachonasios, K.E., 2014. Environmental and developmental factors affect essential oil production and quality of *Lavandula angustifolia* during flowering period. Industrial Crops and Products, 62: 359-366.
- Heidari, F., Zehtab-Salmasi, S., Javanshir, A., Aliari, H. and Dadpour, M.R., 2008. The effect of plant

www.SID.ir

Archive of SID

(*Origanum vulgare* L.). Journal of Medicinally Active Plants, 5(2): 7-19.
- Morshedloo, M.R., Maggi, F., Neko, H.T. and Aghdam, M.S., 2018. Sumac (*Rhus coriaria* L.) fruit: essential oil variability in Iranian populations. Industrial Crops and Products, 111: 1-7.
- Mumivand, H., 2016. Effect of drought stress on growth, effective substances and some enzyme activities in selected tarragon (*Artemisia dracuculus* L.) accessions. Ph.D. thesis, Departement of Horticulture Science and Landscape, University of Tehran, Tehran.
- Okunlola, G.O., Olatunji, O.A., Akinwale, R.O., Tariq, A. and Adelusi, A.A., 2017. Physiological response of the three most cultivated pepper species (*Capsicum* spp.) in Africa to drought stress imposed at three stages of growth and development. Scientia Horticulturae, 224: 198-205.
- Ostadi, A., Javanmard, A., Machiani, M.A., Morshedloo, M.R., Nouraein, M., Rasouli, F. and Maggi, F., 2020. Effect of different fertilizer sources and harvesting time on the growth characteristics, nutrient uptakes, essential oil productivity and composition of *Mentha x piperita* L. Industrial Crops and Products, 148, 112290.
- Pavela, R., Žabka, M., Vrchotová, N. and Tříska, J., 2018. Effect of foliar nutrition on the essential oil yield of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Industrial Crops and Products, 112: 762-765.
- Weisany, W., Raei, Y., Salmasi, S.Z., Sohrabi, Y. and Ghassemi-Golezani, K., 2016. *Arbuscular mycorrhizal* fungi induced changes in rhizosphere, essential oil and mineral nutrients uptake in dill/common bean intercropping system. Annals of Applied Biology, 169(3): 384-397.
- Zolfaghari, M., Nazeri, V., Sefidkon, F. and Rejali, F., 2013. Effects of *Arbuscular mycorrhizal* fungi on plant growth and essential oil content and composition of *Ocimum basilicum* L. Iranian Journal of Plant Physiology, 3(2): 643-650.

density on yield and production of essential oil of peppermint (*Mentha piperita* L.). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 12(45): 501-510.
- Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K.G., 2002. Glomus macro carpum: 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: 459-463.
- Kapoor, R., Anand, G., Gupta, P. and Mandal, S., 2017. Insight into the mechanisms of enhanced production of valuable terpenoids by arbuscular mycorrhiza. Phytochemistry Reviews, 16(4): 677-692.
- Khorasaninejad, S., Soltanloo, H., Ramezanpour, S., Hadian, J. and Atashi, S., 2015. The effect of drought stress on the growth, essential oil yield and chemical composition of Lavender. Journal of Crops Improvement, 17(4): 979-988.
- Lak, S., Naderi, N., Siadat, S.A., Aynehband, A. and Noormohammadi, Gh., 2007. Effects of water deficiency stress on yield and nitrogen efficiency of grain corn hybrid KSC 704 at different nitrogen rates and plant population. Iranian Journal of Agricultural Science and Natural Resources, 14(2): 63-76.
- Masoumi Zavarian, A., Yousefi Rad, M. and Asghari, M., 2015. Effects of mycorrhizal fungi on quantitative and qualitative characteristics of anise plant (*Pimpinella anisum*) under salt stress. Journal of Medicinal Plants, 4(56): 139-148.
- Mohammadi, Z., Naseri, L. and Barin M., 2016. Effect of *Arbuscular mycorrhiza* fungi symbiosis and culture media on establishment and growth of micropropagated MM106 apple rootstock. Iranian Journal of Horticultural Science, 47(2): 287-296.
- Morshedloo, M.R., Salami, S.A., Nazeri, V. and Craker, L.E., 2017. Prolonged water stress on growth and constituency of iranian of oregano

www.SID.ir

Archive of SID

Effects of harvest time and mycorrhiza fungus application on quantitative and qualitative yield of thyme (*Thymus vulgaris* L.) essential oil at different irrigation levels

M. Amani Machiani[1], A. Javanmard[2*], A. Ostadi[1], M.R. Morshedloo[3] and J. Chabokpour[4]

1- Ph.D. student of Agrotechnology-Crop Ecology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran
2*- Corresponding author, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran, E-mail: a.javanmard@maragheh.ac.ir
3- Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran
4- Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Maragheh, Maragheh, Iran

Received: July 2020 Revised: October 2020 Accepted: October 2020

Abstract

To evaluate the effects of mycorrhizal fungus *Funneliformis mosseae* application and harvest time on the quantity and quality of thyme (*Thymus vulgaris* L.) essential oil in the different irrigation regimes, a field experiment was carried out as a split-split plot in a randomized complete blocks design (RCBD) with 12 treatments and three replications at the Agriculture Faculty, University of Maragheh, Iran, in 2019. The factors and their levels included 1- the main factor: irrigation regime at three levels of irrigation after 20% (W_{20} as control), 50% (W_{50} as moderate stress), and 80% (W_{80} as severe stress) of maximum allowable depletion, 2- the subfactor: application and non-application of mycorrhiza, and 3- sub-sub factor: harvest time at two levels of June harvest (first harvest) and September harvest (second harvest). The results demonstrated that the highest amounts of plant height, canopy diameter, and dry matter yield of thyme were obtained in the W_{20} (control)+ application of mycorrhiza fungus+ first harvest treatment. In addition, the highest essential oil content was recorded in W_{50} followed by W_{80}, which were 38.2 and 23.7% higher than W_{20} (control), respectively. Also, the application of mycorrhiza fungus increased the essential oil of thyme by 8.5% compared to the non-application of fungus. The highest and lowest content of thymol, γ-terpinene, and *p*-cymene were obtained in W_{50} and W_{20}, respectively. Also, the application of mycorrhiza fungus increased the amount of mentioned compounds, respectively by 3.8%, 3.9%, and 7.1% compared to the non-application of fungus. Overall, it can be concluded that W_{50} (moderate stress) along with the application of mycorrhizal fungus *F. mosseae* improved the essential oil quality and quantity of thyme.

Keywords: Thyme (*Thymus vulgaris* L.), thymol, drought stress, mycorrhiza fungus, essential oil quality.

www.SID.ir