ارزیابی جنس‌های مایکوریزا بر تحمل به خشکی راعی (*Hypericum perforatum* L.)

هادی امین‌زاده[۱]، مهرداد یارنیا*[۲]، ابراهیم خلیل‌وند بهروزیار[۳]، بهرام میرشکاری[۴] و ورهرام رشیدی[۵]

۱) دانشجوی دکتری اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.
۲ و ۴) استاد گروه زراعت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.
۳) استادیار گروه زراعت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.
۵) دانشیار گروه زراعت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

* **نویسنده مسئول: yarnia@iaut.ac.ir**

تاریخ دریافت:۱۳۹۹/۰۸/۱۴ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۱**

چکیده

کم‌آبی در دهه‌های اخیر به مهم‌ترین عامل کاهش‌دهنده رشد و عملکرد گیاهان زراعی بدل شده است، در حالی‌که تعدادی از عملیات ساده و ارزان می‌تواند اثر کم‌آبی بر گیاهان را کاهش داده و بر رشد و عملکرد گیاهان بیفزاید. این مطالعه با هدف بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری (آبیاری ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) و اعمال تیمارهای مایکوریزای (عدم کاربرد قارچ مایکوریزای، کاربرد قارچ های *Glomus mossae*، *Glomus Hoei*، *Glomus intraradise* و کاربرد هر سه گونه قارچ مایکوریزای) بر رشد و عملکرد گیاه دارویی راعی و خصوصیات فیزیولوژیکی متأثر از آن انجام شد. این مطالعه در دو سال زراعی در مزارع دانشگاه آزاد تبریز به‌صورت اسپیلت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه بیش‌ترین عملکرد اسانس با ۱۳/۴۵ گرم در تیمار کاربرد هر سه گونه قارچ مایکوریزای + آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر به‌دست آمد. نتایج این مطالعه نشان داد که کم‌آبی با کاستن از وزن خشک و درصد اسانس از عملکرد اسانس کاست، در حالی‌که تیمارهای مایکوریزای از طریق افزایش این دو ویژگی بر عملکرد اسانس راعی افزود. در بین تیمارهای مایکوریزای، تیمار کاربرد هر سه گونه قارچ مایکوریزای، بیش‌ترین اثر افزایش را بر خصوصیات رشدی راعی داشت. با توجه به نتایج و اهمیت عملکرد اسانس، کاهش آب آبیاری تا آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر و کاربرد مخلوطی از تیمارهای مایکوریزا، می‌تواند بر عملکرد اسانس در شرایط آب و هوایی منطقه مورد بررسی، بیفزاید.

واژه‌های کلیدی: تنش، راعی، عملکرد و مایکوریزا.

مقدمه

فعالیت‌های انسان مرتبط با کشاورزی (استفاده گسترده از آفت‌کش‌ها، کودها و آبیاری) و ساخت‌وساز (تخریب جنگل‌ها و جمع‌آوری مواد زاید) اثر منفی بر رشد، سلامت و عملکرد گیاهان داشته و باعث کاهش شدید تاماد شده است (Plouzniko *et al*., 2016; Kulkarni and Goswami, 2019). خشکی از معمول‌ترین تنش‌های موثر بر رشد و نمو گیاهان به‌شمار می‌رود که بر بقای گیاه، توسعه و نیروی تاماد اثر می‌گذارد (Golldack *et el*., 2014). پژمردگی گیاهان و کاهش سرعت فتوسنتزی، هدایت روزنه‌ای، کارایی مصرف آب، محتوای رطوبت نسبی و کل محتوای کلروفیل همگی از علایم خشکی هستند (Abbaspour *et al*., 2012). علاوه‌بر آن سیستم انتقال الکترونی نیز آسیب می‌بیند که باعث تشکیل فرم‌های فعال اکسیژن می‌شود و بسته شدن روزنه‌های گیاهی، باعث کاهش جذب دی‌اکسیدکربن و افزایش احیای ترکیبات موازی می‌شود (Saraswathi and Paliwal, 2011). در نتیجه جایگاه‌های فتوسنتزی توسط تجمع فرم‌های فعال اکسیژن آسیب می‌بیند و فرآیندهای متاباماکی در سنتز تامادات ثانویه (ایزوپرنوییدها، فنل‌ها و آلکالوییدها) درگیر می‌شوند (Selmar and Kleinwachter, 2013). مطالعه‌های بسیار بر روی قارچ‌های مایکوریزای اهمیت همزیستی آن‌ها را با گیاهان در تسکین اثرهای منفی خشکی نشان داده است (Ruiz Lozano *et al*., 2016). همچنین نشان داده که این میکروارگانیسم‌ها نقش کلیدی در پاسخ به این تنش‌ها دارند (Calvo Polanco *et al*., 2016). یکی از اثرهای مهم قارچ-های مایکوریزای، افزایش عملکرد گیاهان زراعی، مخصوصاً در خاک‌های کم بازده است. قارچ‌های مایکوریزای با افزایش جذب آب و تعدادی از مواد غذایی مانند روی و مس، بهبود تورژسانس سلول‌های برگ، تنظیم فعالیت استومات‌ها، رشد و نمو ریشه باعث افزایش مقاومت گیاهان به کم‌آبی می‌شود. قارچ‌های مایکوریزای با تنظیم فعالیت‌های هورمونی گیاه نیز باعث افزایش مقاومت گیاهان به کم‌آبی می‌شود (Khalil and Yousef, 2014). نتایج چندین مطالعه اکوفیزیولوژیک بیانگر ترکیب کلیدی مایکوریزا به‌منظور کمک به گیاهان در مقابل تنش خشکی است و منجربه افزایش تحمل گیاهان در برابر تنش می‌شود. یکی از دلایل افزایش تحمل در برابر تنش این است که کلونیزاسیون ریشه با قارچ مایکوریزا در گونه‌های مختلف گیاهی منجربه افزایش متاباامات‌های سازگاری در شرایط تنش خشکی گردید (Rapparini *et al*., 2008). در مقابل گیاهان کربوهیدرات‌های موردنیاز برای قارچ‌ها را تامین می‌کنند. قارچ‌ها این کربوهیدرات‌ها را برای رشدشان مصرف می‌کنند و مولکول‌هایی مانند گلومالین (گلیلوپروتئین) تاماد می‌کنند. ترشح گلومالین در محیط خاک باعث بهبود ساختار خاک و افزایش ماده آلی در خاک می‌شود (Kaur *et al*., 2014). Kumar و همکاران (۲۰۱۴) اثر قارچ‌های مایکوریزای را بر پارامترهای فیزیولوژیک *Mentha spicata* بررسی نمودند. مقادیر فسفر بیش‌تری در ریشه و اندام هوایی گیاهان تیمار شده با قارچ مایکوریزا به‌دست آمد. Darade (۲۰۱۴) اثر تیمار قارچ مایکوریزای را بر جذب

کلسیم در گیاه *Abelmoschus esculentus* بررسی نمود. بر اساس نتایج حاصل، کاربرد مایکوریزا افزایش قابل ملاحظه‌ای را در محتوای کلسیم برگ‌های گیاه مذکور داشت. با توجه به مطالب فوق، هدف از این پژوهش حاضر تعیین اثر مصرف گونه‌های مختلف مایکوریزا بر عملکرد بیولوژیک و اسانس گل راعی در شرایط تنش کم‌آبی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی اثر گونه‌های مختلف مایکوریزا بر تاماد ماده خشک و اسانس گل راعی در شرایط کم‌آبی، آزمایشی طی دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷ در ایستگاه کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، اجرا شد. این منطقه در پنج کیلومتری تبریز، با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و پنج دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۶۰ متر از سطح دریا واقع شده است. براساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، منطقه دارای اقلیم نیمه خشک سرد است. میانگین دمای سالانه ۱۰ درجه سیلسیوس، میانگین حداکثر دمای سالانه ۱۶ درجه سیلسیوس و میانگین حداقل دمای سالیانه ۲/۲ درجه سیلسیوس است. میانگین بارندگی سالانه‌ی این ناحیه ۲۷۱/۳ میلی‌متر است. اسیدیته خاک‌های منطقه در محدوده قلیایی تا متوسط می‌باشد. قبل از شروع آزمایش جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر خاک نمونه‌برداری انجام گرفت و هشت نمونه برای تجزیه به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه خاک نشان داد که خاک مزرعه دارای بافت لوم شنی، شوری ۱/۵۶ ds/m و اسیدیته ۷/۵۳ بود (جدول ۱). بر اساس توصیه‌های کودی، در این بررسی از کودهای فسفره و پتاسه استفاده نشد.

جدول ۱: نتایج تجزیه خاک مزرعه طی دو سال زراعی

رس	سیلت	شن	فسفر	پتاسیم	نیتروژن	کربن آلی	اسیدیته گل اشباع	هدایت الکتریکی	عمق
	(درصد)		میلی‌گرم بر کیلوگرم		درصد		-	(دسی زیمنس بر متر)	(سانتی‌متر)
۴۴	۴۲	۱۴	۸/۶۰	۴۲۰	۰/۰۷۷	۷۰	۷/۵	۱/۰۲	۰-۳۰

آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل سطوح مختلف کم‌آبی به‌عنوان عامل اصلی در سه سطح A_1 آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A (شاهد)، A_2 آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A، A_3 آبیاری پس از ۱۳۰ میلی‌مترتبخیر از تشتک کلاس A، A_4 آبیاری پس از ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A و گونه‌های مختلف مایکوریزا در پنج سطح به‌عنوان عامل فرعی شامل عدم مصرف (شاهد)، گونه (*Glomus intradices*) *Rhizophagus irregularis*، گونه (*G .mossae*) *Funneliformis mosseae*، گونه *G. hoei* و مخلوط هر سه گونه بودند. به‌منظور اجرای آزمایش عملیات تهیه زمین در اسفند ماه با مناسب شدن شرایط اقلیمی انجام گرفت. در تاریخ ۱۳ خرداد ماه پس از تسطیح زمین اقدام به کرت‌بندی با ابعاد ۱/۵×۳ متر گردید. هر کرت دارای سه ردیف کشت به‌صورت ردیفی بود. فاصله کرت‌های فرعی از یک‌دیگر یک خط

نکاشت، فاصله کرت‌های اصلی ۱/۵ متر و فاصله بین دو بلوک دو متر در نظر گرفته شد. در تاریخ ۱۶ خرداد ماه ۱۳۹۶ آبیاری قبل از کاشت انجام شد. قبل از کاشت گونه‌های مایکوریزای تهیه شده از موسسه آب و خاک کشور، بر اساس نقشه آزمایش و به ازای هر بوته به مقدار ۱۲ گرم و در حالت مخلوط از هر گونه چهار گرم برای هر بوته در چاله محل استقرار بوته اضافه گردید. در این بررسی از نشاهای گل راعی استفاده شد. نشاها از موسسه زرین گیاه ارومیه تهیه و در ۱۷ خرداد ماه سال اول آزمایش به زمین اصلی انتقال یافت. فاصله ردیف‌های کاشت ۴۰ سانتی‌متر و فاصله نشاها روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر و تراکم بوته ۸/۵ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. بلافاصله بعد از کاشت، آبیاری انجام شد. در هفته اول بعد از نشاکاری، در صورت از بین رفتن تعدادی از نشاهای کشت شده، اقدام به واکاری گردید. بعد از نشاکاری، جهت استقرار نشاها، آبیاری هر ۳-۲ روز یک بار انجام شد و پس از آن تا مرحله استقرار کامل بوته‌ها آبیاری با فاصله هر هفت روز یک بار انجام پذیرفت. المان مرحله دفع علف‌های هرز در تاریخ نهم تیر ۱۳۹۵ انجام شد. کنترل علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد. برای تأمین نیاز گیاه به کود نیتروژنه بر اساس آزمون خاک، اوره به میزان ۶۰ کیلوگرم در هکتار بعد از استقرار نشاها و بعد از آن مرحله دفع علف‌های هرز و قبل از اعمال تیمارهای آبیاری مصرف گردید.

در سال اول تحقیق مرحله دوم وجین دستی علف های هرز، ۲۷ تیر ماه ۱۳۹۶ بود. بعد از عاری نمودن مزرعه از علف-های هرز در تاریخ ۳۰ تیر ماه ۱۳۹۶ اقدام به کوددهی مجدد شد. در این تاریخ ۶۰ گرم اوره برای هر کرت در نظر گرفته شد و به‌صورت پخشی به کاربرده شد. بعد از این تاریخ و استقرار کامل نشا ها، سطوح آبیاری اعمال شد. هر دور آبیاری بعد از ۵±۷۰، ۵±۱۰۰، ۵±۱۳۰ و ۵±۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A انجام گرفت. میزان تبخیر تجمعی روزانه از تشتک، پس از رسیدن به مقدار مورد نظر برای هر تیمار (۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر)، زمان آبیاری را نشان داد. مقدار آب آبیاری شده برای هر تیمار بر اساس نیاز آبی کامل محاسبه شده گیاه بود که توسط نمونه‌برداری تصادفی از سه قسمت مختلف هر کرت و تعیین درصد وزنی رطوبت خاک حدود ۲۴ ساعت قبل از آبیاری محاسبه گردید. برای تعیین ضریب گیاهی از رابطه‌های ۱ و ۲ استفاده شد که در آن‌ها ET_C و ET_O به‌ترتیب تبخیر ـ تعرق گیاه و تبخیر ـ تعرق مرجع هستند (Fazeli Rostampour *et al*., 2013):

رابطه ۱: $$ET_c = K_c \times ET_0$$

رابطه ۲: $$ET_0 = K_{pan} \times E_p$$

در طول هر سال در تیمار ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر ۲۳ دور آبیاری، در تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر ۱۵ دور آبیاری، در تیمار ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر هشت دور آبیاری و در تیمار ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از

تشتک تبخیر پ دور آبیاری انجام شد. پس از ظهور گل در تمامی ترکیب‌های تیماری، جهت تعیین عملکرد بیولوژیک و ارزیابی صفات مورفولوژیک با نمونه‌برداری از بوته‌های تحت رقابت ردیف دوم از هر کرت آزمایشی اقدام به بررسی و مطالعه صفات محتوای رطوبت نسبی، شاخص محتوای کلروفیل برگ، وزن خشک برگ، ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی، درصد اسانس، عملکرد اسانس، محتوای قند محلول و میزان پرامان شد. نمونه‌های موجود در واحد سطح از کرت آزمایشی در شرایط سایه با دمای اتاق (۲۵ درجه سلسیوس) با تهویه مناسب نگهداری و پس از ثابت ماندن وزن با ترازوی ۰/۰۱ گرم توزین و میانگین آن‌ها بر حسب گرم در مترمربع تعیین شد. سرشاخه‌های گل‌دار به همراه برگ‌های خشک شده در شرایط سایه، توسط آسیاب پودر شده و اسانس به روش تقطیر با آب توسط دستگاه کلونجر استخراج شد. یک نمونه ۵۰ گرمی از پودر گیاهی انتخاب و به همراه ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در درون بالن قرار داده و سپس توسط دستگاه کلونجر سه ساعت حرارت داده شد و اسانس تیره رنگ جمع‌آوری و با استفاده از سولفات‌سدیم بدون آب و دی‌اتیل‌اتر رطوبت‌زدایی و درصد اسانس محاسبه گردید. با ضرب تاماد ماده خشک بر درصد اسانس، عملکرد اسانس به‌دست آمد. با ظهور گل در ۵۰ درصد بوته‌ها اقدام به تعیین رطوبت نسبی (RWC) با اندازه‌گیری وزن تر (FW)، اشباع (TW) و خشک (DW) ۱۵ برگ انتهایی بوته در یک دوره آبیاری در هر سطح آبیاری با استفاده از رابطه ۳ محاسبه گردید (Levitt, 1980):

رابطه ۳:
$$RWC = \left(\frac{FW-DW}{TW-DW}\right) \times 100$$

برای تعیین درصد کلونیزاسیون، پس از نمونه‌برداری از ریشه‌های گیاه در مهرماه از روش Mc Ginigle استفاده شد. در این روش پس از شستشوی ریشه‌ها با آب مقطر، برای رنگ‌بری از محلول KOH ۱۰درصد به مدت بیست دقیقه استفاده و پس از شستشو با آب مقطر به مدت ۴۸ ساعت در محلول کاتن‌بلو قرارداده شد. برای تعیین درصد کلونیزاسیون مایکوریزاایی ریشه‌ها از روش تلاقی خطوط مشبک استفاده شد. با توجه به اینکه گل راعی گیاهی چند ساله می‌باشد، مزرعه آزمایشی جهت استفاده در سال دوم آماده زمستان‌گذرانی گردید. بعد از زمستان‌گذرانی بوته‌ها در سال اول و رویش مجدد بوته‌ها، در سال دوم کلیه عملیات داشت و اعمال سطوح آبیاری دقیقاً همانند سال اول انجام شد و کلیه صفات ارزیابی شده در سال اول در سال دوم نیز مورد بررسی قرار گرفتند.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها بر مبنای مدل آماری آزمایش اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد و میانگین تیمارها به روش آزمون چند دامنه دانکن در سطح پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند. رسم نمودارها با کمک نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج اثرهای اصلی و متقابل عامل‌های آزمایشی بر صفات بررسی شده در جدول ۲ ارائه شده است.

شاخص سطح برگ

تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثرهای اصلی سطوح آبیاری و کود مایکوریزای در صفت شاخص سطح برگ معنی‌دار بود، اما برهم‌کنش این دو عامل اثری بر شاخص سطح برگ‌های گل راعی نداشت (جدول ۲). با توجه به نتایج به‌دست آمده از این مطالعه بین دو تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر و آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از نظر شاخص سطح برگ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، اما با تشدید کم‌آبی، کاهش معنی‌داری در شاخص سطح برگ به‌دست آمد. در تیمارهای آبیاری پس از ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر و آبیاری پس از ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر شاخص سطح برگ به ترتیب ۲/۹ و ۲/۷ بود که در مقایسه با آبیاری هر پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر به‌ترتیب به‌میزان ۳۰/۴ و ۳۹ درصد کم‌تر بود. هر دو تیمار آبیاری پس از ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر و آبیاری پس از ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر کاهش مشابهی را از نظر آماری در شاخص سطح برگ باعث شد (جدول ۳). رشد برگ ها از حساس‌ترین فرآیندها به کم‌آبی است (Diagne *et al*., 2020). بررسی‌ها نشان داده است که کم‌آبی از طریق کاستن از تقسیم سلاما و رشد سلول‌های برگی از رشد برگ‌ها می‌کاهد (Qaderi *et al*., 2019). Gerami و همکاران (۲۰۱۶) نیز اثر سطوح آبیاری را در گیاه *Origanum vulgare* مورد مطالعه قرار دارند. این محققان نشان دادند که کم‌آبی سطح برگ های *Origanum vulgare* را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد. در بررسی دیگری Zhang و همکاران (۲۰۱۹) نیز نشان دادند که کم‌آبی سطح برگ های *Glycyrrhiza uralensis* را کاهش می‌دهد. کاهش تعداد برگ‌ها نیز می‌تواند دلیلی بر کاهش سطح برگ‌ها در بررسی حاضر باشد. در بررسی حاضر کم‌آبی تعداد برگ‌ها را کاست و لذا از این طریق می‌تواند از سطح برگ‌ها بکاهد.

بر اساس نتایج به‌دست آمده از بررسی حاضر، تمامی تیمارهای مایکوریزای افزایش معنی‌داری را در سطح برگ‌های گل راعی باعث شد، بیش‌ترین افزایش نیز متعلق به کاربرد هر سه گونه قارچ مایکوریزای بود. در تیمار کاربرد هر سه گونه قارچ مایکوریزای شاخص سطح برگ ۳/۵ بود که در مقایسه با شاهد به میزان ۱۹/۸ درصد بیش‌تر بود. تیمارهای کاربرد قارچ *Glomus mossae*، کاربرد قارچ *Glomus Hoei* و کاربرد قارچ *Glomus intraradise* نیز افزایشی به‌ترتیب ۱۲/۴، ۱۰/۴ و ۱۷/۷ درصدی را در شاخص سطح برگ‌های گل راعی باعث شد (جدول ۴). Eltony و همکاران (۲۰۲۰) اثر قارچ‌های مایکوریزای را بر سطح برگ‌های *Antirrhinum majus* بررسی نمودند. این محققان نشان دادند که کاربرد کوهای مایکوریزای افزایش معنی‌داری را در سطح برگ‌های *Antirrhinum majus* باعث می‌شود. این محققان اظهار داشتند که بهبود فتوسنتز گیاه، یکی از مهم‌ترین دلایل افزایش سطح برگ‌ها با کاربرد مایکوریزا، بهبود فتوسنتز گیاهان می‌باشد. بررسی‌ها نشان داده که قارچ‌های مایکوریزای فتوسنتز گیاهان را به طرق مختلف بهبودی بخشند. قارچ‌های مایکوریزای جذب مواد غذایی از جمله نیتروژن و فسفر را که در فتوسنتز نقش دارد، افزایش می‌دهد (Krishnakumar *et al*.,

2013). از سوی دیگر قارچ‌های مایکوریزای با آزادسازی هورمون‌های رشدی، فتوسنتز گیاهان را بهبود می‌بخشد (Delian *et al.*, 2011).

جدول ۲: تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در گل راعی

منابع تغییر	درجه آزادی	شاخص سطح برگ	عملکرد ماده خشک	درصد اسانس	عملکرد اسانس	محتوای رطوبت نسبی	شاخص محتوای کلروفیل	محتوای قند محلول
زمان (L)	۱	۰/۰۳۳	۱/۱۲۱	۰/۰۳۲	۱/۴۳	۴/۲۵۶	۱/۸۵۰*	۰/۰۲۷
R (L)	۴	۰/۱۷۲	۴۹/۸۵۷	۰/۰۶۲*	۲/۸۶۹	۲۷/۶۱۶	۰/۳۴۲	۰/۹۶۳
سطوح آبیاری A	۳	۷/۲۹۶**	۴۹۹۵/۴۶۱**	۰/۵۴۵**	۱۵۵/۸۴۱**	۱۳۸۶/۶۹۳**	۱۳/۹۸۳**	۵۸/۹۱۰**
LA	۳	۰/۰۵۹	۱۷/۴۵۹	۰/۰۵۷*	۳/۳۵۴	۰/۷۶	۰/۴۴۲	۳/۰۱۰**
خطای اصلی	۱۲	۰/۲۳۹	۲۱/۲۶۲	۰/۰۱۵	۱/۱۳۹	۵۹/۶۶۳	۰/۲۹۶	۰/۳۴۳
مایکوریزا M	۴	۱/۲۳۰**	۳۲۱/۳۶۳**	۰/۱۵۷**	۳۱/۷۲۷**	۱۴۲/۷۱۳**	۱/۱۰۳**	۱۱/۶۱۹**
LM	۴	۰/۰۷۳	۹۹/۸۵۷	۰/۰۱۵	۳/۷۵۱	۱۲/۲۷۳	۰/۱۴۷	۰/۵۴۳
AM	۱۲	۰/۱۷۹	۴۷/۶۲۱	۰/۰۳۲	۷/۶۴۳**	۲۴/۲۹۴	۰/۶۹۲*	۱/۴۱۳
LAM	۱۲	۰/۰۹۸	۲۰/۷۹	۰/۰۲۲	۴/۳۹۵	۳۱/۴۶۸	۰/۱۷۵	۰/۵۰۳
خطای فرعی	۶۴	۰/۱۵۴	۵۲/۹۴۷	۰/۰۳۶	۲/۸۷۶	۲۹/۱۴۷	۰/۲۹۶	۱/۱۹۳
ضریب تغییرات ٪		۱۲	۱۳/۰۸	۱۳/۳۲	۲۰/۳۵	۷/۱۲	۱۳/۱۹	۳۳/۳۶

جدول ۳: مقایسه میانگین های صفات در گل راعی تحت تاثیر سطوح آبیاری

سطوح آبیاری	درصد کلونیزاسیون	ارتفاع بوته	شاخص سطح برگ	عملکرد خشک	رطوبت نسبی
۷۰ میلی‌متر تبخیر (A1)	۶۴/۱۵ a	۷۹/۶۴a	۳/۸۰۰a	۶۹/۶۰a	۸۳/۶۸a
۱۰۰ میلی‌متر تبخیر (A2)	۶۰/۸۲b	۷۴/۳۶b	۳/۵۶۳a	۶۲/۱۷b	۷۸/۵۸b
۱۳۰ میلی‌متر تبخیر (A3)	۵۸/۲۵b	۶۹/۴۴c	۲/۹۹۷b	۵۰/۵۰c	۷۳/۱۷c
۱۶۰ میلی‌متر تبخیر (A4)	۵۳/۴۷c	۶۳/۰۸d	۲/۷۳۳b	۴۰/۲۹d	۶۷/۹۳d

حروف غیرمشابه نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌داری می‌باشند.

جدول ۴: مقایسه میانگین های صفات در گل راعی تحت تیمار کود مایکوریزای

گونه مایکوریزا	درصد اسانس	درصد کلونیزاسیون	ارتفاع بوته	عملکرد خشک	رطوبت نسبی	قند محلول
شاهد (c)	۱/۳۱۶c	۵۲/۶۸d	۶۶/۹۳c	۴۹/۴۲b	۷۱/۸۱b	۲/۶۳۸b
موسای (GM)	۱/۴۴۸ab	۵۷/۵۰c	۷۲/۵۴ab	۵۵/۸۱a	۷۵/۴۵a	۳/۰۹۲b
هویی (GH)	۱/۳۶۶bc	۶۰/۵۳b	۷۳/۳۶ab	۵۷/۸۱a	۷۷/۳۵a	۳/۰۳۷b
اینترادیس (GI)	۱/۴۳۰abc	۵۹/۲۵bc	۷۰/۲۷b	۵۶/۴۲a	۷۶/۶۵a	۳/۱۳۳b
GM×GH×GI	۱/۵۲۸a	۶۵/۸۹a	۷۵/۰۴a	۵۸/۷۴a	۷۷/۹۵a	۴/۴۶۷a

حروف غیرمشابه نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌داری می‌باشند.

شاخص کلروفیل

شاخص کلروفیل به‌طور معنی‌داری تحت اثر برهم‌کنش تیمارهای سطوح آبیاری و کاربرد مایکوریزا قرار گرفت

(جدول ۳). یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که تیمارهای مورد بررسی اختلاف قابل ملاحظه‌ای را که از نظر آماری نیز معنی‌دار بود، بر شاخص کلروفیل برگ‌های گل راعی داشتند، به‌طوری‌که بیش‌ترین شاخص کلروفیل با ۵/۴ CCI در تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر + کاربرد قارچ *Glomus intraradise* و کم‌ترین آن با ۳ CCI در تیمار آبیاری پس از ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر + عدم کاربرد قارچ مایکوریزای به‌دست آمد. در این بررسی در شرایط آبیاری کامل تیمارهای مایکوریزای افزایش معنی‌داری را، البته بسته به نوع کود مایکوریزای، بر شاخص کلروفیل داشت. در تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر، کاربرد تیمارهای کاربرد قارچ *Glomus intraradise* و کاربرد هر سه گونه قارچ مایکوریزای اثر افزایشی معنی‌داری بر شاخص کلروفیل برگ‌های گل راعی داشته و این صفت را به‌ترتیب به میزان ۲۵ و ۲۲ درصد افزایش داد، در حالی‌که تیمارهای کاربرد قارچ *Glomus mossae* و کاربرد قارچ *Glomus Hoei* اثر معنی‌داری بر شاخص کلروفیل برگ‌های گل راعی نداشت، با این وجود در هیچ یک از سطوح کم‌آبی، کاربرد تیمارهای مایکوریزای اثری بر شاخص کلروفیل برگ‌های گل راعی نداشت (جدول ۵). نتایج مشابهی توسط سایر محققان به دست آمده است. Ezzat و همکاران (۲۰۱۵) اثر کاربرد کود مایکوریزای را در سطوح مختلف آبیاری بر شاخص کلروفیل *Helianthus tuberosus* بررسی نمودند. این محققان نشان دادند که در شرایط کم‌آبی، کود مایکوریزای اثر مثبتی بر این صفت دارد، اما در شرایط کم‌آبی، شاخص کلروفیل تحت اثر کاربرد کود مایکوریزا قرار نگرفت. حق‌شناس و همکاران (۱۳۹۹) نیز نتایج مشابهی را در گلرنگ به‌دست آوردند. در این مطالعه کم‌آبی متوسط در بعضی از تیمارهای مایکوریزای اثری بر شاخص کلروفیل نداشت، اما تحت شرایط اعمال تیمارهای کاربرد قارچ *Glomus intraradise* و کاربرد هر سه گونه قارچ مایکوریزای کم‌آبی متوسط کاهش معنی‌داری را در شاخص کلروفیل باعث گردید. در تیمارهای کاربرد قارچ *Glomus intraradise* و کاربرد هر سه گونه قارچ مایکوریزای تیمار آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر کاهشی به‌ترتیب ۲۵ و ۱۴/۲ درصدی را در شاخص کلروفیل برگ‌های گل راعی باعث شد. با این وجود، تشدید کم‌آبی، کاهش بیش‌تری را در شاخص کلروفیل برگ‌های گل راعی باعث گردید، به‌طوری‌که تیمار آبیاری پس از ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر تا ۳۹ درصد کاهش را در شاخص کلروفیل باعث شد که تحت شرایط اعمال تیمار کاربرد قارچ *Glomus intraradise* بود. در شرایط اعمال تیمارهای عدم کاربرد قارچ مایکوریزای، کاربرد قارچ *Glomus mossae*، کاربرد قارچ *Glomus Hoei* و کاربرد هر سه گونه قارچ مایکوریزای کاهش آب آبیاری تا آبیاری پس از ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از شاخص کلروفیل برگ‌های گل راعی به‌ترتیب به‌میزان ۳۱/۵، ۳۰/۹، ۲۲/۳ و ۳۱/۱ درصد کاست. در بررسی‌های مشابه نیز کم‌آبی حتی در شرایط کاربرد کود مایکوریزای از شاخص کلروفیل کاسته است. حق‌شناس و همکاران (۱۳۹۹) طی بررسی نشان دادند که کم‌آبی در شرایط کاربرد کود مایکوریزای باعث کاهش معنی‌داری در شاخص کلروفیل برگ‌های گلرنگ می‌شود. Abdi و Pirzad (۲۰۱۸) نیز نتایج مشابهی را در گیاه

Onobrychis sativa گزارش نمودند. این محققان نشان دادند که کم‌آبی کاهش معنی‌داری را در شاخص کلروفیل برگ-های *Onobrychis sativa* باعث شد، اما میزان کاهش بسته به نوع کود مایکوریزای متفاوت بود. در بررسی حاضر کم‌آبی آبیاری هر ۷-۸ روز یک بار، در تیمارهای کاربرد قارچ *Glomus intraradise* و کاربرد هر سه گونه قارچ مایکوریزای، اثر معنی‌داری نداشت.

جدول ۵: مقایسه میانگین‌های صفات در گل راعی تحت اثر سطوح آبیاری و تیمار کود مایکوریزای

سطوح آبیاری	گونه مایکوریزا	وزن خشک برگ	شاخص کلروفیل	عملکرد اسانس
۷۰میلی‌متر تبخیر(A1)	شاهد(c)	۵/۹۱۷ de	۴/۴۵۰ cde	۷/۶۱۷ def
۷۰میلی‌متر تبخیر(A1)	موسای(GM)	۷/۰۱۷ bc	۴/۷۰۰ bcd	۱۰/۹۲ bc
۷۰میلی‌متر تبخیر(A1)	هویی(GH)	۶/۲۸۳ cd	۴/۳۳۳ cdef	۹/۱۶۷ cd
۷۰میلی‌متر تبخیر(A1)	اینترادیس(GI)	۷/۵۵۰ ab	۵/۴۰۰ a	۱۱/۸۷ ab
۷۰میلی‌متر تبخیر(A1)	اعمال هر سه مایکوریزا (GM×GH×GH)	۷/۰۵۰ bc	۵/۳۰۰ ab	۱۲/۱۲ ab
۱۰۰میلی‌متر تبخیر(A2)	شاهد(c)	۵/۲۳۳ efg	۴/۲۱۷ cdefg	۷/۴۱۷ def
۱۰۰میلی‌متر تبخیر(A2)	موسای(GM)	۶/۰۱۷ de	۴/۹۰۰ abc	۹/۴۰۰ cd
۱۰۰میلی‌متر تبخیر(A2)	هویی(GH)	۷/۰۶۷ bc	۴/۸۵۰ abc	۱۰/۸۳ bc
۱۰۰میلی‌متر تبخیر(A2)	اینترادیس(GI)	۶/۳۵۰ cd	۴/۰۵۰ defghi	۹/۴۰۰ cd
۱۰۰میلی‌متر تبخیر(A2)	اعمال هر سه مایکوریزا (GM×GH×GH)	۸/۰۱۷ a	۴/۵۵۰ cd	۱۳/۴۵ a
۱۳۰میلی‌متر تبخیر(A3)	شاهد(c)	۵/۰۱۷ efgh	۳/۴۸۳ hij	۶/۷۳۳ efg
۱۳۰میلی‌متر تبخیر(A3)	موسای(GM)	۵/۵۱۷ def	۳/۵۶۷ ghij	۷/۵۳۳ def
۱۳۰میلی‌متر تبخیر(A3)	هویی(GH)	۵/۸۱۷ def	۴/۲۱۷ cdefg	۷/۱۶۷ defg
۱۳۰میلی‌متر تبخیر(A3)	اینترادیس(GI)	۵/۰۰۰ efgh	۳/۷۵۰ efghij	۶/۸۳۳ efg
۱۳۰میلی‌متر تبخیر(A3)	اعمال هر سه مایکوریزا (GM×GH×GH)	۵/۵۸۳ def	۴/۰۸۳ defgh	۸/۱۰۰ de
۱۶۰میلی‌متر تبخیر(A4)	شاهد(c)	۴/۱۰۰ h	۳/۰۵۰ j	۴/۹۶۷ g
۱۶۰میلی‌متر تبخیر(A4)	موسای(GM)	۴/۴۵۰ gh	۳/۲۵۰ j	۵/۷۳۳ fg
۱۶۰میلی‌متر تبخیر(A4)	هویی(GH)	۴/۴۶۷ gh	۳/۳۶۷ ij	۵/۶۰۰ fg
۱۶۰میلی‌متر تبخیر(A4)	اینترادیس(GI)	۴/۴۳۳ gh	۳/۲۸۳ j	۵/۸۱۷ fg
۱۶۰میلی‌متر تبخیر(A4)	اعمال هر سه مایکوریزا (GM×GH×GH)	۴/۸۰۰ fgh	۳/۶۵۰ fghij	۶/۰۱۷ efg

حروف غیرمشابه نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌داری می‌باشند.

محتوای رطوبت نسبی

بر اساس نتایج به‌دست آمده از این مطالعه، اثرهای اصلی سطوح آبیاری و تیمارهای مایکوریزای در صفت محتوای رطوبت نسبی معنی‌دار بود (جدول ۲). در این مطالعه کم‌آبی رطوبت نسبی برگ‌های گل راعی را به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش داد. بیش‌ترین کاهش نیز با ۱۸/۸ درصد متعلق به تیمار آبیاری پس از ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر بود. تیمارهای آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر و آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر نیز محتوای رطوبت نسبی برگ‌های گل راعی را به ترتیب به میزان ۶/۱ و ۱۲/۶ درصد کاهش داد (جدول ۳). Kumar و همکاران (۲۰۱۷) اثر سطوح آبیاری را بر ویژگی‌های

فیزیولوژیک *Nerium oleander* مورد مطالعه قرار دادند. نتایج مطالعه این محققان نشان داد که کم‌آبی به میزان قابل ملاحظه‌ای از محتوای رطوبت نسبی برگ‌های *Nerium oleander* می‌کاهد. در بررسی دیگری Kabiri و همکاران (۲۰۱۴) نیز کاهش معنی‌دار محتوای رطوبت نسبی برگ‌های *Foeniculum vulgare* را تحت اثر کم‌آبی به‌دست آوردند. در این مطالعه تمامی تیمارهای مایکوریزای افزایش معنی‌داری را در محتوای رطوبت نسبی برگ‌های گل راعی باعث شد. اعمال تیمارهای کاربرد قارچ *Glomus mossae*، کاربرد قارچ *Glomus Hoei*، کاربرد قارچ*Glomus intraradise* و کاربرد هر سه گونه قارچ مایکوریزای افزایشی به ترتیب ۵/۱، ۷/۷، ۶/۷ و ۸/۶ درصدی را در محتوای رطوبت نسبی برگ‌های گل راعی باعث شد. تمامی تیمارهای مایکوریزای افزایش مشابهی را از نظر آماری در محتوای رطوبت نسبی برگ‌های گل راعی باعث شد (جدول ۴).

محتوای قند محلول

در بررسی حاضر بر هم کنش سطوح آبیاری و سال و تیمار مایکوریزای در صفت محتوای قندهای محلول معنی‌دار بود (جدول ۲). با توجه به نتایج این مطالعه، کم‌آبی در هر دو سال بررسی افزایش معنی‌داری را در محتوای قندهای محلول برگ‌های گل راعی باعث شد، اما در سال دوم میزان افزایش در این صفت بیش‌تر بود. در این بررسی حتی کم‌آبی متوسط نیز بر محتوای قندهای محلول در برگ‌های گل راعی افزود (جدول ۶). Salehi و همکاران (۲۰۱۶) نیز اثر سطوح آبیاری را بر محتوای قندهای محلول در برگ‌های *Matricaria chamomilla* مورد مطالعه قرار دادند. این محققان نیز نشان دادند که کم‌آبی بر محتوای قندهای محلول در برگ‌های *Matricaria chamomilla* می‌افزاید. افزایش محتوای قندهای محلول برگ‌ها تحت اثر کم‌آبی مکانیسمی در جهت افزایش پتانسیل اسمزی برگ‌ها و حفظ آب بیش‌تر در برگ‌ها در مواجه با کم‌آبی است (Yung *et al*., 2014). در این مطالعه محتوای قندهای محلول برگ‌های گل راعی، تحت اثر کاربرد انفرادی تیمارهای مایکوریزای قرار نگرفت، اما کاربرد هم‌زمان کودهای مایکوریزای، اثر افزایشی معنی‌داری بر محتوای قندهای محلول برگ‌های گل راعی داشت. در تیمار ۹۹ محتوای قندهای محلول برگ‌های گل راعی در مقایسه با عدم کاربرد قارچ مایکوریزای به میزان ۶۹/۳ درصد بیش‌تر بود (جدول ۴). Rahimi و همکاران (۲۰۱۶) اثر کاربرد تیمارهای مایکوریزای را بر ویژگی‌های فیزیولوژیک همیشه بهار مورد بررسی قرار دادند. این محققان نشان دادند که کاربرد کود مایکوریزای افزایش معنی‌داری را در محتوای قندهای محلول برگ‌های همیشه بهار باعث می‌شود. در بررسی دیگری Songو همکاران (۲۰۱۲) نیز اثر افزایشی معنی‌دار کودهای مایکوریزای بر محتوای قندهای محلول برگ‌های*Amorpha fruticose* را به‌دست آوردند. تیمارهای مایکوریزای با افزایش فتوسنتز گیاهان بر محتوای قندهای محلول برگ‌های گیاهان دارویی می‌افزاید (Yilmaz, 2018).

جدول ۶: مقایسه میانگین‌های صفات در گل راعی تحت اثر سطوح آبیاری در دو سال

سال	سطوح آبیاری	درصد اسانس	قند محلول
۱	۷۰میلی‌متر تبخیر(A1)	۱.۵۳۷ a	۴.۵۰۰ b
۱	۱۰۰میلی‌متر تبخیر(A2)	۱.۵۱۵ ab	۳.۷۱۳ c
۱	۱۳۰میلی‌متر تبخیر(A3)	۱.۴۲۵ b	۳.۰۹۳ d
۱	۱۶۰میلی‌متر تبخیر(A4)	۱.۲۵۹ c	۱.۷۲۷ f
۲	۷۰میلی‌متر تبخیر(A1)	۱.۵۰۸ ab	۵.۴۱۳ a
۲	۱۰۰میلی‌متر تبخیر(A2)	۱.۵۶۱ a	۳.۶۷۳ c
۲	۱۳۰میلی‌متر تبخیر(A3)	۱.۲۷۱ c	۲.۵۰۷ e
۲	۱۶۰میلی‌متر تبخیر(A4)	۱.۲۶۵ c	۱.۵۶۰ f

حروف غیرمشابه نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌داری می‌باشند.

درصد کلونیزاسیون ریشه

در این بررسی درصد کلونیزاسیون به‌طور معنی‌داری تحت اثر اثرهای اصلی سطوح آبیاری و تیمارهای مایکوریزای قرار گرفت (جدول ۲). بر اساس نتایج کم‌آبی از درصد کلونیزاسیون ریشه‌های گل راعی کاست، با کاهش آب آبیاری از آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر به آبیاری هر ۷-۸ روز یک بار، آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر و آبیاری هر ۱۲-۱۳ روز یک بار، کاهشی به‌ترتیب ۵/۲، ۹/۲ و ۶۱/۶ درصدی در درصد کلونیزاسیون ریشه‌های گل راعی به‌دست آمد. لذا بیش‌ترین کاهش مربوط به تیمار آبیاری پس از ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر بود (جدول ۳). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تحت اثر کم‌آبی از اثر مایکوریزاها بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک کاسته می‌شود که یکی از دلایل مهم آن کاهش مایکوریزای شدن ریشه‌های گیاهان می‌باشد (Krishnakumar *et al.*, 2013). در بررسی حاضر نیز کلونیزاسیون ریشه‌ها تحت اثر کم‌آبی کاهش یافت. Azimi و همکاران (۲۰۱۸) نیز در بررسی مشابهی اثر کم‌آبی را بر کلونیزاسیون ریشه‌های *Ziziphora clinopodioides* مورد بررسی قرار دادند. این محققان نشان دادند که کم‌آبی از کلونیزاسیون ریشه‌های *Ziziphora clinopodioides* کاسته می‌شود. نتایج مشابهی توسط Roudi و همکاران (۲۰۱۸) در گیاه *Achillea millefolium* به‌دست آمده است. در این مطالعه تمامی تیمارهای مایکوریزای اثر افزایش معنی‌داری بر کلونیزاسیون ریشه‌های گل راعی داشت. بیش‌ترین افزایش نیز متعلق به کاربرد هر سه گونه قارچ مایکوریزای بود. این تیمار افزایش ۲۵/۱ درصدی را در کلونیزاسیون ریشه‌های گل راعی باعث شد. تیمارهای کاربرد قارچ *Glomus mossae*، کاربرد قارچ *Glomus Hoei* و کاربرد قارچ *Glomus intraradise* نیز افزایش به‌ترتیب ۹/۱، ۱۴/۹ و ۱۲/۵ درصدی را در کلونیزاسیون ریشه‌های گل راعی باعث شد (جدول ۴). Rasouli sadaghiani و همکاران (۲۰۱۰) نیز اثر تیمارهای مایکوریزای را بر کلونیزاسیون ریشه‌های ریحان بررسی نموده و مشاهده کردند که کاربرد کود مایکوریزای بر کلونیزاسیون ریشه‌های ریحان می افزاید. نتایج مشابهی توسط Silva و همکاران (۲۰۱۴) در گیاه *Libidibia ferrea* به‌دست آمده است.

عملکرد ماده خشک

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات، اثرهای اصلی سطوح آبیاری و سویه‌های مایکوریزای در صفت عملکرد خشک معنی‌دار بود، اما برهم‌کنش سویه‌ها و سطوح آبیاری اثر معنی‌داری بر این صفت نداشت. بر اساس نتایج مقایسه میانگین صفات تحت اثر سطوح آبیاری، عملکرد خشک به‌طور معنی‌داری تحت اثر سطوح آبیاری قرار گرفت. بیش‌ترین عملکرد خشک با ۶۹/۶ گرم در تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر و کم‌ترین آن با ۴۰/۲ گرم در تیمار آبیاری پس از ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر به‌دست آمد. میزان عملکرد خشک در تیمار آبیاری پس از ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر در مقایسه با آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر به میزان ۷۲/۷ درصد کم‌تر بود. این در حالی است که سطوح پایین‌تر تنش اثر کاهشی کم‌تری داشت. تیمارهای آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر و آبیاری پس از ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر نیز کاهشی به ترتیب ۲۵/۳ و ۵۴/۳ درصدی را در عملکرد خشک گل راعی باعث گردید (جدول ۳). رشد از فرآیندهایی است که به شدت تحت اثر کم‌آبی قرار می‌گیرد. کم‌آبی به طرق مختلف اثرهای منفی خود را بر خصوصیات رشدی گیاهان می‌گذارد، اما مهم‌ترین دلیل کاهش رشد تحت اثر کم‌آبی، اختلال در تماد فتواسمیلات‌ها و انتقال آن به محل‌های مصرف می‌باشد (Kapoor *et al.*, 2020). بررسی‌ها نشان داده که کم‌آبی میزان کلروفیل در گیاهان را کاهش داده و از نقش آن در انتقال انرژی و تثبیت آن جلوگیری می‌کند و در نتیجه تماد فتو اسمیلات‌ها کاهش می‌یابد (Medeiros *et al.*, 2020). از سوی دیگر کم‌آبی باعث می‌شود تا فرآیندهای اماه گیاهان که سوخت و ساز را در اختیار دارند، جهت حفظ گیاه در شرایط کم‌آبی کاهش یافته و مواد و انرژی گیاهان جهت تماد ترکیبات ثانویه در برابر کم‌آبی مصرف می‌شود (Tim *et al.*, 2018). اثر مضر کم‌آبی بر رشد در بررسی بسیاری از مطالعه‌های بررسی شده و شدت اثر آن بر رشد گیاهان مورد تاکید قرار گرفته است. در مطالعه دیگری Ahmadian و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که تیمار کم‌آبی وزن خشک اندام هوایی *Chamomilla recutita* را به میزان ۳۹ درصد کاهش می‌دهد. در این مطالعه هر چهار تیمار مایکوریزای افزایش معنی‌داری را در عملکرد خشک بوته‌های گل راعی باعث شد. در چهار تیمار کاربرد قارچ *Glomus mossae*، کاربرد قارچ *Glomus Hoei*، کاربرد قارچ *Glomus intraradise* و کاربرد هر سه گونه قارچ مایکوریزای عملکرد خشک در مقایسه با آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر به میزان ۱۲/۹، ۱۷، ۱۴/۲، ۱۸/۹ درصد بیش‌تر بود. هر چهار تیمار کاربرد کود مایکوریزای از نظر آماری افزایش مشابهی را در عملکرد خشک گل راعی باعث شدند (جدول ۴). مایکوریزاها میکروارگانیسم‌هایی هستند که با گیاهان زندگی هم‌زیستی داشته و در قبال دریافت مواد غذایی مورد نیازشان، آب و عناصر غذایی را برای گیاه جذب می‌کنند. بررسی‌ها نشان داده که تمامی این عناصر در فتوسنتز و تماد اسمیلات‌ها نقش موثری بر عهده دارند (Diagne *et al.*, 2020). بنابراین بر بیوماس گیاه می‌افزایند. بررسی سایر محققان نیز حاکی از

نقش موثر مایکوریزاها در افزایش رشد عمومی گیاهان است. Azimi و همکاران (۲۰۱۸) طی مطالعه‌ای اثر کاربرد کودهای مایکوریزای مختلف را بر رشد گیاه کاکوتی کوهی بررسی نمودند. این محققان نشان دادند که تمامی تیمارهای مایکوریزای مورد بررسی اثر افزایشی معنی‌داری بر وزن خشک اندام هوایی این گیاه داشت. در بررسی دیگری Zolfaghari و همکاران (۲۰۱۳) اثر سویه‌های مختلف قارچ‌های مایکوریزای را در گیاه ریحان مورد مطالعه قرار دادند. گونه‌های مایکوریزای مورد بررسی شامل *G. mosseae*، *G. fasciculatum* و *G. intraradiceces* بود. این محققان نشان دادند که کاربرد کودهای مایکوریزای و به‌ویژه *G. mosseae*، تا ۱۷۵ درصد بر وزن خشک اندام هوایی ریحان می‌افزاید.

درصد اسانس

با توجه به نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس صفات، اثرهای اصلی سطوح آبیاری و تیمارهای مایکوریزای در صفت درصد اسانس معنی‌دار بود. علاوه‌بر آن اثر سال در تیمار مایکوریزای در این صفت معنی‌دار بود (جدول ۲). بر اساس نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین‌های درصد اسانس تحت اثر سطوح آبیاری در دو سال مورد بررسی، در هر دو سال از نظر درصد اسانس بین تیمارهای آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر و آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، اما در سطوح بالاتر کم‌آبی، درصد اسانس کم‌تری در مقایسه با آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر به‌دست آمد. در سال اول تیمار آبیاری پس از ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر کاهش بیش‌تری را در درصد اسانس در مقایسه با آبیاری پس از۱۰۰ میلی‌متر تبخیر باعث شد. در این سال از تحقیق، تیمار آبیاری پس از ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر کاهش ۱۸/۳ درصدی را در درصد اسانس باعث شد. در سال دوم هر دو تیمار آبیاری پس از۱۰۰ میلی‌متر تبخیر و آبیاری پس از ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر کاهش مشابهی را در درصد اسانس گل راعی باعث شد (جدول ۶). بررسی‌های مختلف نشان داده است که کم‌آبی متوسط باعث افزایش درصد اسانس گیاهان دارویی می شود، اما تشدید کم‌آبی به‌دلیل ایجاد اختلال در مسیرهای تامادترکیبات ثانوی، از درصد اسانس گیاهان دارویی می‌کاهد (Bahadur *et al*., 2019). در بررسی حاضر کم‌آبی متوسط نوسانات معنی‌داری را در درصد اسانس باعث نشد، اما کم‌آبی شدید بر درصد اسانس گل راعی افزود. Khorasaninejhad و همکاران (۲۰۱۱) اثر کم‌آبی را بر درصد اسانس *Mentha piperita* مورد مطالعه قرار داده و نشان دادند که کم‌آبی به‌طور معنی‌داری از درصد اسانس *Mentha piperita* می‌کاهد. در بررسی دیگری Khalil و El-Noemani (۲۰۱۲) نیز کاهش درصد اسانس *Lepidium sativum* را تحت اثر کم‌آبی گزارش نمودند. بر اساس یافته‌های بررسی این محققان، کم‌آبی شدید به میزان ۲۳ درصد از درصد اسانس *Lepidium sativum* کاست، این در حالی است که کم‌آبی متوسط درصد اسانس این گیاه دارویی را افزایش داده بود. در این مطالعه تیمارهای مایکوریزا، بسته به سویه مایکوریزای اثر متفاوتی بر درصد اسانس گل راعی داشت. تیمارهای کاربرد قارچ *Glomus Hoei* و کاربرد قارچ *Glomus intraradise*

اثر معنی‌داری بر درصد اسانس گل راعی نداشت، اما تیمارهای کاربرد قارچ *Glomus mossae* و کاربرد هر سه گونه قارچ مایکوریزای اثر افزایش معنی‌داری را بر درصد اسانس گل راعی داشت و این صفت را به میزان ۱۰ و ۱۶/۱ درصد افزایش داد. هر دو تیمار کاربرد قارچ *Glomus mossae* و کاربرد هر سه گونه قارچ مایکوریزای اثر افزایش مشابهی از نظر آماری بر درصد اسانس گل راعی داشت (جدول ۵). در بررسی انجام گرفته توسط Al-Amiri و همکاران (۲۰۱۶) نیز نتایج مشابهی به‌دست آمد. ایشان اثر سویه‌های مختلف مایکوریزای را بر درصد اسانس همیشه بهار مورد مطالعه قرار دادند. این محققان نشان دادند که *Glomus mosseae* اثر افزایش معنی‌داری را بر درصد اسانس همیشه بهار دارد. Aslani و همکاران (۲۰۱۴) نیز اثر افزایش معنی‌داری را در درصد اسانس ریحان تحت اثر کاربرد کود مایکوریزای به‌دست آوردند، اما این محققان اظهار داشتند که سویه‌های مختلف، اثر متفاوتی بر درصد اسانس خواهند داشت. Golubkina و همکاران (۲۰۲۰) گزارش نمودند که تیمارهای مایکوریزای باعث فعال شدن مسیرهای تامادکننده ترکیبات ثانوی می‌شوند و بر درصد اسانس گیاهان می‌افزاید.

عملکرد اسانس

تجزیه واریانس صفات مورد بررسی نشان داد که اثرهای اصلی و برهم‌کنش سطوح آبیاری و تیمارهای مایکوریزای در صفت عملکرد اسانس معنی‌دار بود (جدول ۲). بر اساس نتایج حاصل، بیش‌ترین عملکرد اسانس با ۱۳/۴ گرم در تیمار آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر+ کاربرد هر سه گونه قارچ مایکوریزای و کم‌ترین آن با ۴/۹ گرم در تیمار آبیاری پس از ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر+ عدم کاربرد قارچ مایکوریزای به‌دست آمد. در تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر، تیمار کاربرد قارچ *Glomus Hoei* اثر معنی‌داری بر عملکرد اسانس گل راعی نداشت، اما تیمارهای کاربرد قارچ *Glomus mossae*، کاربرد قارچ *Glomus intraradise* و کاربرد هر سه گونه قارچ مایکوریزای افزایشی به‌ترتیب ۴۳/۴، ۵۵/۸ و ۵۹/۱ درصدی را در عملکرد اسانس گل راعی باعث گردید، لذا تیمار کاربرد هر سه گونه قارچ مایکوریزای در تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر، بیش‌ترین افزایش را در عملکرد اسانس گل راعی باعث شد (جدول ۵). Khalil و Yousef (۲۰۱۴) نیز نشان دادند که تیمارهای مایکوریزای اثر مثبتی را بر عملکرد اسانس *Lepidium sativum* دارند. این محققان نشان دادند که تیمارهای مایکوریزای تا ۲۹ درصد بر عملکرد اسانس گل راعی می‌افزاید. در بررسی دیگری Yang و همکاران (۲۰۱۷) نیز نشان دادند که تیمارهای مایکوریزای اثر افزایش معنی‌داری را بر عملکرد اسانس *Salvia miltiorrhiza* دارد. در بررسی حاضر تیمارهای مایکوریزای اثر متفاوتی را بر عملکرد اسانس گل راعی تحت شرایط کم‌آبی در مقایسه با آبیاری کامل داشت. در شرایط کم‌آبی متوسط تمامی تیمارهای مایکوریزای اثر افزایش معنی‌داری بر عملکرد اسانس گل راعی داشت که بیش‌ترین اثر افزایش با ۲۲/۷ درصد متعلق به تیمار کاربرد قارچ *Glomus Hoei* بود. تیمارهای کاربرد قارچ

Glomus mossae، کاربرد قارچ *Glomus intraradise* و کاربرد هر سه گونه قارچ مایکوریزای نیز افزایشی ۱۲، ۱۶/۷ و ۱۴/۳ درصد را در عملکرد اسانس گل راعی باعث شد. در حالی‌که در کم‌آبی شدیدتر از اثر افزایش تیمارهای مایکوریزای کاسته شد. در تیمار آبیاری هر ۱۰ روز یک بار، تنها تیمار کاربرد هر سه گونه قارچ مایکوریزای اثر افزایشی ۲۰/۳ درصدی را در عملکرد اسانس گل راعی باعث گردید، اما در آبیاری پس از ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر هیچ کدام از تیمارهای مایکوریزای اثر معنی‌داری بر عملکرد اسانس گل راعی نداشت. نتایج بررسی‌های Aslani و همکاران (۲۰۱۴) نیز نشان داده که کم‌آبی از اثر مثبت تیمار مایکوریزای بر عملکرد اسانس ریحان می‌کاهد، زیرا فعالیت مایکوریزاها نیز در این شرایط مختل می‌شود. در بررسی حاضر در تیمار آبیاری پس از۱۰۰ میلی‌متر تبخیر تنها کاربرد تلفیقی کودهای مایکوریزای اثر افزایشی بر عملکرد اسانس گل راعی داشت. مطالعه‌های نشان داده که ترکیبی از مایکوریزاها مقاومت بیش‌تری را به کم‌آبی نشان می-دهند و می‌توانند اثر بیش‌تری بر رشد و عملکرد گیاهان داشته باشند (Zakerian *et al*., 2020). در بررسی حاضر کم‌آبی شدید در تمامی سطوح کود میکوریی اثر افزایش معنی‌داری بر عملکرد اسانس گل راعی داشت. در تیمارهای عدم کاربرد قارچ مایکوریزای، کاربرد قارچ *Glomus mossae*، کاربرد قارچ *Glomus Hoei*، کاربرد قارچ*Glomus intraradise* و کاربرد هر سه گونه قارچ مایکوریزای کاهش آب آبیاری از آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر به آبیاری هر ۱۲-۱۳ روز یک بار، به ترتیب ۳۴/۸، ۴۷/۵، ۳۸/۹، ۵۱ و ۵۰/۴ درصد از عملکرد اسانس کاست که با توجه به نتایج در شرایط اعمال تیمارهای کاربرد قارچ *Glomus mossae*، کاربرد قارچ *Glomus intraradise* و کاربرد هر سه گونه قارچ مایکوریزای، کاهش بیش‌تری تحت اثر کم‌آبی در مقایسه با عدم کاربرد قارچ مایکوریزای و کاربرد قارچ *Glomus Hoei* به دست آمد. Aslani و همکاران (۲۰۱۴) طی مطالعه‌ای اثر تیمارهای تلفیقی کم‌آبی و تیمارهای مایکوریزای را بر روی عملکرد اسانس مورد مطالعه قرار دادند. این محققان نشان دادند که کم‌آبی تحت هر شرایطی از تیمارهای مایکوریزای از عملکرد اسانس ریحان می‌کاهد، اما میزان کاهش بسته به تیمار مایکوریزای متفاوت بود.

منابع

حق‌شناس، ر.، شرفی، س. و قلی‌نژاد، ا. ۱۳۹۹. تاثیر سطوح مختلف تنش خشکی و میکوریزا بر عملکرد ارقام گلرنگ. نشریه دانش کشاورزی و تامان پایدار. ۲: ۷۴-۸۱.

Abbaspour, H., Saeidi-Sar, S., Afshari, H. and Abdel-Wahhab, M.A. 2012. Tolerance of mycorrhiza infected pistachio (*Pistacia vera* L.) seedling to drought stress under glasshouse conditions. Journal of Plant Physiology. 169: 704–709.

Abdi, S. and Pirzad, A. 2018. Mycorrhizal sainfoin (*Onobrychis sativa* L.) plant responses to water deficit stress. International Journal of Plant Biology and Research. 6(4): 1096.

Ahmadian, A., Ghanbari, A., Siahsar, B., Haydari, M., Ramroodi, M. and Mousavinik, S.M. 2011. Study of Chamomile's yield and its components under drought stress and organic and inorganic fertilizers using and their residue. Journal of Microbiology and Antimicrobials. 3(2): 23-28.

Al-Amri, S. M., Elhindi, K. M. and Sharaf El-Din, A. F. 2016. Effects of arbuscular mycorrhizal fungus Glomus mosseae and phosphorus application on plant growth rate, essential oil content and composition of coriander (*Coriander sativum* L.). Progress in Nutrition. 18 (4): 443-454.

Aslani, Z., Hassani, A., Rasouli-Sadaghiani M., Esmailpour, B. and Rohi, Z. 2014. Effects of Arbuscular Mycorrhizal (AM) fungi on essential oil content and nutrients uptake in basil under drought stress. Journal of Medicinal Plants and By-products. 2: 147-153.

Azimi, R., Heshmati, G.A. and KIA Kianian, M. 2018. Effects of drought stress and mycorrhiza on viability and vegetative growth characteristics of *Ziziphora clinopodioides* Lam. Journal of Rangeland Science. 8: 56-67.

Bahadur, A., Batool, A., Nasir, F., Jiang, S., Mingsen, Q., Zhang, Q., Pan, J., Liu, Y. and Feng, H. 2019. Mechanistic insights into arbuscular mycorrhizal fungi-mediated drought stress tolerance in plants. International Journal of Molecular Sciences. 20: 1-18.

Calvo-Polanco, M., Sanchez-Castro, I., Cantos, M., Garcia, J.L., Azcon, R., Ruiz-Lozano, J.M., Beuzon, C.R. and Aroca, R. 2016. Effects of different arbuscular mycorrhizal fungal backgrounds and soils on olive plants growth and water relation properties under well-watered and drought conditions. Plant Cell and Environment. 39: 2498–2514.

Darade, M. S. 2014. Effect of vam fungi on enhancement of calcium in okra. International Journal of Information Research and Review. 1: 019-020.

Delian, E., Chira, A., Chira, L. and Savulescu, e. 2011. Arbuscular mycorrhizae: an overview. South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment. 2: 167-192.

Diagne, N., Ngom, M., Ibrahima Djighaly, P., Fall, D., Hocher, V. and Svistoono, S. 2020. Roles of arbuscular mycorrhizal fungi on plant growth and performance: importance in biotic and abiotic stressed regulation. Diversity. 12: 370-381.

El-tony, F. E. H. 2020. Effect of the use of arbuscular mycorrhiza for plant growth promotion on morpho-physiological properties of *Antirrhinum majus* L. Under Salinity Stress. Acta Scientific Agriculture. 4: 139-149.

Ezzat, A. S., Abd El-Aziz, M. G. and Ashour, S. A. 2015. Neutralization of drought stress and improving growth, water status, yield and quality of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) using compost, humic acid and superabsorbent polymer. Journal of Plant Production Mansoura University's. 6 (12): 2123- 2143.

Fazeli Rostampour, M., Yarnia, M. and Rahimzadeh Khoee, F. 2013. Physiological response of forage sorghum to polymer under water deficit conditions. Agronomy Journal. 105(4): 951-959.

Gerami, F., Moghaddam, P.R., Ghorbani, R. and Hassani, A. 2016. Effects of irrigation intervals and organic manure on morphological traits, essential oil content and yield of oregano (*Origanum vulgare* L.). Anais da Academia Brasileira de Ciencias. 88(4): 2375-2385.

Golldack, D., Li, C., Mohan, H. and Probst, N. 2014. Tolerance to drought and salt stress in plants: Unraveling the signaling networks. Frontiers in Plant Science. 5: 151.

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 offcinalis* and *Lavandula angustifolia* as affected by arbuscular mycorrhizal fungi under organic management. Plants. 9, 375.

Kabiri, R., Hatami, A. and Naghizadeh, M. 2014. Effect of drought stress and its interaction with salicylic acid on fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) germination and early seedling growth. Journal of Medicinal Plants and By-products. 2: 107-116.

Kapoor, D., Bhardwaj, S., Landi, M., Sharma, A., Ramakrishnan, M. and Sharma, A. 2020. The impact of drought in plant metabolism: how to exploit tolerance mechanisms to increase crop production. Applied Science. 10: 1-19.

Kaur, R. N., Singh, A. and Kang, J.S. 2014. Influence of different types mycorrhizal fungi on crop productivity. Current Agriculture Research Journal. 2(1): 51-54.

Khalil, S. E. and El-Noemani, A.A. 2012. Effect of irrigation intervals and exogenous proline application in improving tolerance of garden cress plant (*Lepidium sativum* L.) to water stress. Journal of Applied Sciences Research, 8(1): 157-167.

Khalil, S. E. and Yousef, R. M.M. 2014. Interaction effects of different soil moisture levels, arbuscular mycorrhizal fungi and three phosphate levels on: i- growth, yield and photosynthetic activity of garden cress (*Lepidium sativum* L.) plant. International Journal of Advanced Research. 2: 723-737.

Khorasaninejad, S., Mousavi, A., Soltanloo, H., Hemmati, K. and Khalighi, A. 2011. The effect of drought stress on growth parameters, essential oil yield and constituent of Peppermint (*Mentha piperita* L.). Journal of Medicinal Plants Research. 5(22): 5360-5365.

Krishnakumar, S., Balakrishnan, N., Muthukrishnan, R. and Ramesh Kumar. S. 2013. Myth and mystery of soil mycorrhiza: A review. African Journal of Agricultural Research. 8(38): 4706-4717.

Kulkarni, S. and Goswami, A. 2019. Effect of excess fertilizers and nutrients: a review on impact on plants and human population. In Proceedings of the International Conference on

Sustainable Computing in Science, Technology and Management (SUSCOM), Jaipur, India, 26–28 February 2019.

Kumar, A., Mangla, C., Aggarwal, A. and Srivastava, V. 2014. Rhizospheric effect of endophytic mycorrhiza and trichoderma viride on physiological parameters of *Mentha Spicata* linn. Asian Journal of Advanced Basic Sciences. 2(1): 99-104.

Kumar, D., Al Hassan, M., Naranjo, M. A., Agrawal, V., Boscaiu, M. and Vicente, O. 2017. Effects of salinity and drought on growth, ionic relations, compatible solutes and activation of antioxidant systems in oleander (Nerium oleander L.). PLoS ONE 12(9): e0185017.

Lvitt, J. 1980. Stress terminology. In: N. C. Tuner and Kramer P. J. (eds), Adaptation of plants to water and high tempreture stress.Willey, New York. Pp 437-439.

Medeiros, D. B., Ciriaco da Silva, E., Rafael Bentzen Santos, H., Mirella Pacheco, C., dos Santos Musser, R. and Jurema Mansur Custodio Nogueira, R. 2020. Physiological and biochemical responses to drought stress in Barbados cherry. Brazilian Journal of Plant Physiology. 24(3): 181-192.

Plouzniko, K., Declerck, S. and Calonne-Salmon, M. 2016. Mitigating abiotic stresses in crop plants by arbuscular mycorrhizal fungi; Springer Nature: Basel, Switzerland. 5: 341–400.

Qaderi, M. M., Martel, A. B. and Dixon, S. L. 2019. Environmental factors influence plant vascular system and water regulation. Plants. 8: 65.

Rahimi, S., Pirzad, A., Jalilian, J. and Tajbakhsh, M. 2016. Effect of Biological and Chemical Phosphorus on Yield and Some Physiological Responses of Pot Marigold (*Calendula officinalis* L.) Under Water Deficit Stress. BioTechnology: An Indian Journal. 12(12): 117.

Rapparini, F., Llusia, J. and Penuelas, J. 2008. Effect of arbuscular mycorrhizal (AM) colonization on terpene emission and content of *Artemisia annua* L. Plant Biology. 7: 108-114.

Rasouli-Sadaghiani, M., Hassani, A., Barin, B., Rezaee Danesh, Y. and Sefidkon, F. 2010. Effects of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi on growth, essential oil production and nutrients uptake in basil. Journal of Medicinal Plants Research. 4(21): 2222-2228.

Roudi, M. and Salamatmanesh, M.M. 2018. Study on the growth of (*Achillea millefolium* L.) medicinal plant by soil inoculation of mountainous area with selected mycorrhizal fungi. Iranian Journal of Plant Physiology. 9(1): 2601-2609.

Ruiz-Lozano, J.M., Aroca, R., Zamarreno, A. M., Molina, S., Andreo-Jimenez, B., Porcel, R., Garcia-Mina, J.M., Ruyter-Spira, C. and Lopez-Raez, J.A. 2016. Arbuscular mycorrhizal symbiosis induces strigolactone biosynthesis under drought and improves drought tolerance in lettuce and tomato. Plant Cell and Environment. 39: 441–452.

Salehi, A., Tasdighi, H. and Gholamhoseini, M. 2016. Evaluation of proline, chlorophyll, soluble sugar content and uptake of nutrients in the German chamomile (*Matricaria chamomilla*

L.) under drought stress and organic fertilizer treatments. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. 6(10): 886–891.

Saraswathi, S.G. and Paliwal, K. 2011. Drought induced changes in growth, leaf gas exchange and biomass production in Albizia lebbeck and Cassia siamea seedlings. Journal of Environmental Biology. 32: 173–178.

Selmar, D. and Kleinwachter, M. 2013. Influencing the product quality by deliberately applying drought stress during the cultivation of medicinal plants. Industrial Crops and Products. 42: 558–566.

Silva, F. A., Silva, F. S. B. and Maia, L. C. 2014. Biotechnical application of arbuscular mycorrhizal fungi used in the production of foliar biomolecules in ironwood seedlings [*Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P.Queiroz var. ferrea]. Journal of Medicinal Plant Research. 8(20): 814-819.

Song, F., Kong, X., Dong, A. and Liu, X. 2012. Impact of arbuscular mycorrhizal fungi on the growth and related physiological indexes of Amorpha fruticosa. Journal of Medicinal Plants Research. 6(20): 3648-3655.

Time, A., Garrido, M. and Acevedo, E. 2018. Water relations and growth response to drought stress of Prosopis tamarugo Phil. A review. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 18 (2): 329-343.

Yang, T., Ma, S. and Dai, C. C. 2014. Drought degree constrains the beneficial effects of a fungal endophyte on Atractylodes lancea. Journal of Applied Microbiology. 117: 1435-1449.

Yang, Y., Ou, X., Yang, G., Xia, Y., Chen, M., Guo, L. and Liu, D. 2017. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Regulate the Growth and Phyto-Active Compound of Salvia miltiorrhiza Seedlings. Applied Science. 7: 1-14.

Yilmaz, A. 2018. Medicinal Plants 2018: Use of arbuscular mycorrhizal fungi in medicinal and aromatic plants- Abdurrahim Yılmaz- Bolu Abant Izzet Baysal University. 4th World Congress on Medicinal Plants & Natural Products Research. August 08-09, 2018 Osaka, Japan.

Zakerian, F., F. Sefidkon, B. Abbaszadeh, and S. Kalate Jari. 2020. Effects of water stress and mycorrhizal fungi on essential oil content and composition of *Satureja sahendica* Bornm. Journal of Agricultural Science and Technology. 22(3): 789-799.

Zhang, W., Xie, Z., Zhang, X., Lang, D. and Zhang, X. 2019. Growth-promoting bacteria alleviates drought stress of *G.uralensis* through improving photosynthesis characteristics and water status, Journal of Plant Interactions. 14: 580-589.

Zolfaghari, M., Nazeri, V., Sefidkon, F. and Rejali, F. 2013. Effects Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on plant growth and essential oil content and composition of Ocimum basilicum L.. Iranian Journal of Plant Physiology. 3: 643-650.