

اثر تلقیح قارچ‌های میکوریز جمع‌آوری شده از مراتع کالمند بهادران بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک گیاه داروئی کلپوره (*Teucrium polium L.*)

- ❖ منیرالسادات طباطبایی‌زاده؛ دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، ایران.
- ❖ علی اکبر کریمیان*؛ دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، ایران.
- ❖ محمد متینی‌زاده؛ دانشیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
- ❖ محمد هادی راد؛ استادیار پژوهشی بخش تحقیقات جنگل و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.
- ❖ سید کاظم صباغ؛ دانشیار گروه زیست‌شناسی، دانشگاه یزد، ایران.

چکیده

همزیستی قارچ‌های میکوریز آربسکولار با ریشه گیاهان نقش مهمی در پایداری و توسعه جوامع گیاهان داروئی در اکوسیستم‌هایی که فشارهای فیزیکی و اکولوژیک بر آن‌ها حاکم است، دارد. در این بین گیاه کلپوره یکی از مهم‌ترین گیاهان داروئی است که در این اکوسیستم‌ها دیده می‌شود. در این مطالعه، بعد از شناسایی سه گونه قارچ میکوریز *G. intraradices* s. *constrictum*، *G. rosea* و *G. intraradices* در خاک ناحیه ریشه گیاه کلپوره در مرتع غالب بود، اقدام به تکثیر اسپورها به صورت مجزا و ترکیبی از قارچ‌ها شد. سپس اسپورهای تکثیر یافته با بذور گیاه کلپوره در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در محیط گلخانه تلقیح شدند که پس از پایان دوره رشد، از نظر ارتفاع ساقه اصلی بین تیمار قارچ *G. intraradices* و دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود داشت. از نظر وزن تر و خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت به طوری که بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی با (۴/۳۴ و ۱/۶۱ گرم) و وزن خشک ریشه با (۰/۷ گرم) مربوط به تیمار ترکیبی از قارچ‌ها بود که با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان داد. همچنین تیمار ترکیبی از قارچ‌ها بیشترین غلظت کاروتنوئید با (۷/۳۲ درصد) را نیز به خود اختصاص داد. تمام تیمارهای قارچی نیز، غلظت کلروفیل a را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش دادند. بدین ترتیب نتایج بیانگر آثار مفید رابطه همزیستی میکوریزی در گیاه کلپوره است که در این بین استفاده از ترکیبی از این قارچ‌ها می‌تواند به مراتب تأثیر بیشتر و بهتری در بهبود شرایط رشد گیاه داشته باشد.

کلید واژگان: قارچ میکوریز آربسکولار، همزیستی میکوریزی، ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک، گیاه کلپوره (*Teucrium polium L.*)

۱. مقدمه

اکوسیستم‌های مرتعی جزء وسیع‌ترین اکوسیستم‌های ایران است که متأسفانه کاربری عمومی این نوع اکوسیستم در کشور استفاده به عنوان چراگاه بوده و چرای بیش از ظرفیت مرتع در این نواحی اغلب منجر به تغییر کیفیت و کمیت پوشش گیاهی و همچنین توسعه بیابان‌زایی گردیده است [۱۶]. در حالی که علاوه بر استفاده از مراتع به عنوان چراگاه دام، اهمیت و جایگاه گیاهان دارویی در حفظ و پایداری این اکوسیستم‌ها، توسعه اقتصادی در سطح کلان، شاخص‌های زیست محیطی، اشتغال، امنیت غذایی، ذخایر ژنتیکی، خودکفایی و امنیت دارویی بر کسی پوشیده نیست [۲۴].

گیاهان دارویی اهلی شده از نظر کیفی در مقایسه با گونه‌هایی که از طبیعت جمع‌آوری می‌شوند در سطح نازلتری قرار دارند [۱۸] چرا که خصوصیت دارویی این گیاهان عمدتاً ناشی از وجود متابولیت‌های ثانویه‌ای است که در محیط رشد طبیعی و به ویژه در شرایط خاصی از تنش و از جمله رقابت با گونه‌های هم‌جوار به غلظت آن‌ها افزوده می‌شود که جز در عرصه‌های طبیعی چنین شرایطی حاصل نمی‌شود [۴۲]. از طرف دیگر کشت زراعی برخی از گیاهان دارویی به دلایل مختلفی از جمله سرعت رشد پایین، نیازهای محیطی خاص، سرعت جوانه‌زنی پایین، خواب بذر و حساسیت به برخی آفات و بیماری‌ها چندان ساده نیست و گاهی اصلاً میسر نمی‌باشد [۳۶].

لذا از آنجا که رویشگاه‌های طبیعی گیاهان دارویی در مناطق خشک کشور مؤید سازگاری بلند مدت و رشد مطلوب آن‌ها است [۲۱] بنابراین طبیعت استعداد بالقوه‌ای را برای تولید انواع گیاهان دارویی در سطح وسیع و گسترده فراهم آورده است [۴۰]. بدین ترتیب می‌توان با الگوبرداری از طبیعت، شرایط محیطی مطلوب جهت افزایش سطح زیرکشت این گیاهان در مرتع و همچنین اهلی‌سازی آن‌ها را فراهم نمود.

در این میان گیاه دارویی کلپوره (*Teucrium. Polium L.*) یکی از مهم‌ترین گیاهان مرتعی-داروئی از خانواده

نعناعیان و متعلق به جنس *Teucrium* است [۱۹]. آنچه این گیاه را حائز اهمیت نموده است خواص درمانی آن می‌باشد که در این رابطه می‌توان به اثرات ضد التهابی [۶]، ضد دیابتی [۱۳]، ضد توموری [۲۵] و آنتی‌اکسیدانی [۹] آن اشاره نمود. این گیاه، علفی، پایا، پرشاخه به ارتفاع ۳۵-۱۰ سانتی‌متر و دارای ظاهر سفید پنبه‌ای است که معمولاً در مناطق فقیر از نظر مواد غذایی و مواد آلی، نواحی بایر، سواحل سنگلاخی و ماسه‌زارهای نواحی مختلف اروپا، منطقه مدیترانه، شمال آفریقا و جنوب غربی آسیا از جمله ایران می‌روید [۴۴]. این گیاه جزء گیاهانی است که بیشترین فراوانی را از لحاظ نقاط پراکنش در استان یزد دارد [۴۳] که با توجه به شرایط سخت حاکم بر مناطق خشک استان یزد از لحاظ مقاومت و سرسبزی قابل توجه است.

از آنجا که بر اساس مستندات علمی، همزیستی میکوریزی نقش مهمی در پایداری و توسعه جوامع گیاهان داروئی در اکوسیستم‌های نیمه استپی، خشک و کوهستانی و مناطق کویری که فشارهای گوناگون فیزیکی و اکولوژیک بر آن‌ها حاکم است ایفا می‌کند [۳] لذا توجه به میکروارگانیزم‌های موجود در ریزوسفر این گونه گیاهی به منظور افزایش توانایی آن در شرایط سخت محیطی امری قابل توجه است. قارچ‌های میکوریز آربسکولار (AMF) یکی از گروه‌های مهم میکروارگانیزم‌ها هستند که متعلق به رده قارچ‌های رشته‌ای بوده و با ریشه‌های بیش از ۸۰ درصد از گونه‌های گیاهی همزیستی دارند [۳۸]. این قارچ‌ها به دلیل نقش تنظیم‌کنندگی که به عنوان کودهای زیستی و افزایش جذب بعضی از عناصر درشت و ریز مغذی دارند، با راه‌اندازی مسیرهای پیام‌رسانی، سبب افزایش قدرت حیات و مقاومت گیاهان در مقابل آفات و بیماری‌ها شده و با ایجاد شبکه هیف در ریزوسفر، بر اصلاح و حفظ ساختار خاک و انباشت آب در محیط ریشه مؤثر هستند و سبب فایق آمدن گیاهان در مقابل تنش آبی می‌شوند. بنابراین در استقرار و گسترش گیاهان داروئی در رویشگاه‌های طبیعی نقش مهم و

۲. روش‌شناسی

سایت پورتکی که بخشی از منطقه کالمند بهادران واقع در استان یزد می‌باشد در عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۴۷ دقیقه شرقی واقع شده است. این منطقه دارای میانگین بارندگی حدود ۹۴/۹ میلی‌متر است. خاک آن از نظر وضع ظاهری جزء فلات‌ها بوده و خاک سطحی دارای بافت لومی تا شنی لومی است [۴۵].

عمق خاک زیاد و pH خاک ۸/۱ تا ۷/۷، هدایت الکتریکی برابر ۰/۲ تا ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر برآورد می‌گردد.

به دنبال خشکسالی‌های پی‌درپی در این منطقه، رشد و نمو گیاهان مرتعی نیز تحت تأثیر قرار گرفته بود اما در این بین یکی از گیاهانی که حتی در اواخر فصل تابستان از سرسبزی و شادابی خوب به همراه ریشه‌های موئین فراوان برخوردار بود گیاه دارویی کلپوره بود. لذا به منظور استخراج قارچ‌های میکوریز آربسکولار بومی و بررسی تأثیر آن‌ها در بهبود شرایط رشدی این گیاه پنج نمونه از خاک این گیاه به طور تصادفی از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری جمع‌آوری شد [۴].

نمونه‌های خاک پس از برداشت بلافاصله به آزمایشگاه منتقل گردید و جداسازی اسپور قارچ‌های میکوریز موجود در خاک به روش الک مرطوب صورت گرفت [۱۱] و اسلایدهایی از آن تهیه شد. پس از آن با بررسی اسلایدها، اسپورها بر اساس صفات ریخت‌شناسی مانند اندازه، شکل، رنگ اسپور، ضخامت لایه‌های موجود در دیواره، تعداد دیواره‌ها، نحوه اتصال ریشه به اسپور و محل آن‌ها، باز یا بسته‌بودن ریشه در محل اتصال به ریشه و نحوه انسداد روزنه‌ها در صورت بسته‌بودن، توسط استریومیکروسکوپ و میکروسکوپ نوری و با استفاده از کلیدهای در دسترس [۲۷، ۳۵، ۴۱] و اطلاعات وب سایت INVAM شناسایی شدند.

به منظور تکثیر اسپور قارچ‌های غالب در خاک اطراف ریشه گیاه کلپوره که شامل *Gigaspora rosea*

حیاتی دارند [۱۲]، همچنین قارچ‌های میکوریز آربسکولار علاوه بر نقشی که در بهبود رشد و استقرار گیاهان دارویی در اکوسیستم‌های رویشگاهی دارند، سبب افزایش بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه در این گیاهان نیز می‌شوند [۴۶]. در این زمینه تحقیقات صورت گرفته بر روی تأثیر قارچ‌های میکوریز آربسکولار بر افزایش تولید و استقرار گیاه بومادران، بیانگر این بود که تلقیح گیاه بومادران با قارچ‌های میکوریز اثر مثبت معنی‌داری را بر استقرار گیاه، درصد اسانس، وزن تر و خشک ساقه و ریشه و همچنین حجم ریشه نسبت به تیمار شاهد (عدم حضور قارچ) داشته است [۳۲].

با بررسی اثر قارچ‌های میکوریزا بر پاسخ فیزیولوژیک گیاه تحت تیمارهای رطوبتی (۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌لیتر به طور روزانه) در شرایط گلدانی نیز این نتیجه به دست آمد که گیاهان تلقیح یافته با قارچ‌های میکوریز با ۵۰ میلی‌لیتر آبیاری روزانه، رشد و عملکرد نسبتاً بیشتری نسبت به گیاهان بدون تلقیح داشتند [۲۹]. همچنین پژوهشی که بر روی قارچ‌های میکوریز آربسکولار انجام شد بیانگر این بود که قارچ‌های میکوریز می‌توانند باعث کاهش محدودیت فسفر، بهبود کارایی استفاده از مواد غذایی، کاهش تأثیر منفی تغییرات جهانی بر روی رشد گیاه و افزایش پایداری گیاهان مرتعی گردند [۲۲].

از آن جا که یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های حاکم بر کشت گیاهان دارویی شناخت ویژگی‌های زیستی خاک و ایجاد شرایط بهینه کاشت است، بنابراین شناخت فیزیولوژی همزیستی میکروارگانیسم‌ها در ریزوسفر ریشه گیاهان دارویی می‌تواند در استقرار و گسترش گیاهان دارویی در عرصه‌های طبیعی و زراعی به کار گرفته شود.

با توجه به اینکه گیاه کلپوره در پی خشکسالی‌های پی‌درپی در استان یزد از وضعیت نسبتاً خوبی برخوردار است، لذا در این مطالعه سعی بر آن شد تا با استخراج قارچ‌های میکوریز بومی از خاک اطراف ریشه گیاه کلپوره، میزان تأثیر هر یک از آن‌ها بر بهبود شرایط رشدی آن گیاه، بررسی شود.

نهال‌ها به یک عدد در هر گلدان کاهش یافت و نهال‌ها در گلخانه با ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی و دمای ثابت ۲۸ درجه سانتی‌گراد با دور آبیاری ۲۰ روزه به مدت ۶ ماه نگهداری شدند.

در پایان دوره رشد ۶ ماهه، گیاه به صورت کامل از خاک خارج گردید و علاوه بر تعیین میزان کلونیزاسیون ریشه‌ها، برخی خصوصیات مورفولوژیک گیاه شامل (حجم ریشه، قطر یقه، تعداد برگ، طول اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی) و همچنین برخی خصوصیات مورفولوژیک آن شامل (کلروفیل a، b و کلروفیل کل و همچنین کاروتنوئید، محتوای نسبی آب برگ و غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم جذب شده تو سطر اندام هوایی گیاه) اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین میزان کلونیزاسیون ریشه‌ها، نمونه‌هایی از ریشه‌های تازه تهیه و پس از شست‌شوی آن در آب مقطر در محلول فرمالئید (اتانول ۵۰ در صد، فرمالین و اسید استیک) قرار داده شد و مراحل رنگبری و رنگ‌آمیزی ریشه‌ها طبق روش فیلیپس و هایمن (۱۹۷۰) انجام شد [۳]. ریشه‌ها پس از رنگ‌آمیزی، در زیر میکروسکوپ با بزرگنمایی ۱۰، ۴۰ و ۱۰۰ مشاهده و در صد کلونیزاسیون ریشه‌ها با روش تقاطع شبکه و به کمک رابطه (۱) محاسبه گردید [۵].

(۱)

$$\text{درصد کلونیزاسیون} = \frac{\text{تعداد قطعات میکوریزی}}{\text{کل قطعات مشاهده شده}} \times 100$$

همچنین با استفاده از نمونه برگ نهال‌ها، مقدار کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر بر طبق رابطه ۲، ۳ و ۴ محاسبه گردید [۲].

(۲)

$$\text{Chlorophyll a} = (19/3 \times A_{663} - 0.186 \times A_{645}) V / 100 W$$

(۳)

$$\text{Chlorophyll b} = (19/3 \times A_{645} - 3.6 \times A_{663}) V / 100 W$$

Septoglomus constrictum، *Glomus intraradices* بود از روش کشت تله‌ای و گیاه ذرت که گیاه میزبان خوبی برای دام انداختن و تکثیر قارچ‌های میکوریزی است استفاده شد [۷].

بدین ترتیب اسپورهای قارچ‌ها بر حسب تنوع گونه‌های قارچی به صورت مجزا و مخلوط (به نسبت برابر از هر گونه قارچی)، در طی یک دوره ۴ ماهه، در شرایط بستر کشت استریل حاوی مخلوط خاک، ماسه و پرلیت به نسبت حجمی ۱، ۱ و ۲ و در گلدان‌های ۴ کیلوگرمی، در مجاورت ریشه گیاه ذرت تکثیر شدند و بعد از اتمام دوره رشد، بوته‌های ذرت از سطح گلدان‌ها قطع شدند و مخلوط داخل گلدان شامل هیف‌ها، اسپورها و ریشه‌های میکوریزی همراه خاک به عنوان مایه تلقیح قارچی مورد استفاده قرار گرفت [۲۶، ۳۳]. همچنین تعدادی بذر ذرت با همین نسبت خاک بدون حضور میکوریزا نیز به عنوان تیمار شاهد کاشته شد.

پس از تولید مایه تلقیح، به منظور بررسی تأثیر هر یک از این تیمارهای قارچی بر صفات مورفوفیزیولوژیکی گیاه دارویی کلپوره (*Teucrium polium L.*)، آزمایشی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با تیمارهای قارچی *Septoglomus constrictum*، *Gigaspora rosea*، *Glomus intraradices*، ترکیبی از قارچ‌ها و تیمار شاهد (بدون تلقیح قارچ) با سه تکرار در هر تیمار در شرایط گلخانه انجام شد. بدین منظور بذور گیاه کلپوره پس از ضدعفونی با آب ژاول (به نسبت ۳ به ۱ به مدت ۵ دقیقه) و شکست خواب بذر (استفاده از اسید ژیبرلیک ۱۵۰۰ پی پی ام به مدت ۷۲ ساعت) [۲۰]، در گلدان‌های پلاستیکی با قطر ۱۵ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر که دو سوم آن از مخلوط خاک و ماسه استریل به نسبت ۲ به ۱ و یک سوم رویی آن از مایه تلقیح تولید شده بود، کشت گردید. تیمار شاهد (عاری از قارچ) نیز با همان مقدار خاک ذرت بدون میکوریزا پر شد و پس از قرار دادن بذور بر روی خاک، روی آن با پرلیت و کوکوپیت پوشانده شد [۲۰].

بعد از گذشت زمان ۱۰ روز از جوانه‌زنی گیاهان، تعداد

الکترونیک در دمای ۵۵۰ درجه سلیسیوس به خاکستر تبدیل شد و در مرحله بعد با اسید کلریدریک دو مولار هضم و با استفاده از عصاره به دست آمده، غلظت عناصر پتاسیم با دستگاه فلیم‌فتومتر و غلظت فسفر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد [۸]. در نهایت برای تجزیه و تحلیل داده‌ها با توجه به نرمال بودن داده‌ها از روش تجزیه واریانس یکطرفه و برای مقایسه میانگین داده‌ها از روش LSD استفاده شد.

۳. نتایج

۳.۱. اثر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بر

صفات مورفولوژیک اندام هوایی گیاه کلپوره

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تأثیر تیمارهای مختلف قارچی بر ویژگی‌های مورفولوژیک اندام هوایی گیاه کلپوره (*T. Polium L.*) بیانگر این بود که نوع میکوریز بر ارتفاع ساقه اصلی و همچنین وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه معنی‌دار بود (جدول ۱).

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای قارچ‌های میکوریز بر روی صفات مورفولوژیک اندازه‌گیری شده در اندام هوایی گیاه کلپوره

میانگین مربعات					منابع تغییرات		
مجموع ارتفاع انشعابات ساقه (cm)	ارتفاع ساقه اصلی (cm)	تعداد برگ	تعداد ساقه‌چه	وزن تر اندام‌هوایی (g)	وزن خشک اندام‌هوایی (g)	قطر یقه (cm)	درجه آزادی
۲۸۴/۲۲۳**	۱۷/۴ ^{ns}	۱۲۶۸/۶۶۷ ^{ns}	۱۷/۴ ^{ns}	۲/۰۰۳*	۰/۳**	۱/۱۰۶ ^{ns}	۴
۴۱۸/۸۹۱	۳۵/۹۵	۲۲۳۳/۸۶۷	۸/۳۳۳	۰/۵۷۹	۰/۰۳۹	۰/۵۳۳	۱۰

تلقیح گیاهان با قارچ میکوریز آربوسکولار نیز نتوانست تأثیر معنی‌داری را بر قطر یقه گیاه بگذارد و از این نظر اختلاف معنی‌داری را نسبت به تیمار شاهد (گیاهان تلقیح نشده) نشان ندادند (جدول ۱).

همچنین نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر این بود که از نظر تعداد برگ و تعداد شاخه‌های جانبی بین تیمارهای قارچی و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

(۴)

$$\text{Carotenoide} = (1000A480 - 1/8 \text{ Chla} - 85/02 \text{ Chlb}) / 198$$

که در آن W وزن تر نمونه بر حسب گرم، V حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ) و A میزان جذب صورت گرفته در طول موج مدنظر، chla نشان‌دهنده کلروفیل a و Chlb نشان‌دهنده کلروفیل b است.

محتوای نسبی آب برگ نیز بر اساس رابطه (۵)

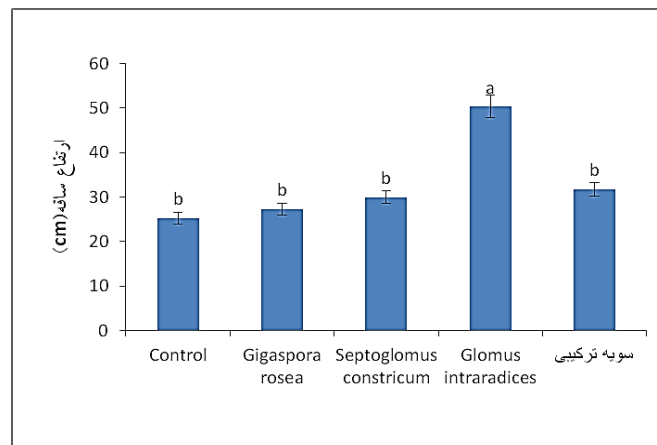
محاسبه شد (۱).

$$\text{RWC} = (\text{LWF} - \text{LWD}) / (\text{LWT} - \text{LWD}) \quad (5)$$

که در این رابطه LWF وزن برگ تازه، LWT وزن برگ اشباع شده و LWD وزن خشک برگ‌ها می‌باشد.

اندازه‌گیری نیتروژن کل به روش تیتراسیون یا هضم در لوله‌های مخصوص با اسید سولفوریک، اسید سالیسیلیک و آب اکسیژنه (روش کجدال) انجام گرفت [۲۸]. همچنین برای اندازه‌گیری درصد غلظت پتاسیم و فسفر نیز ابتدا قسمتی از نمونه‌های گیاهی در کوره

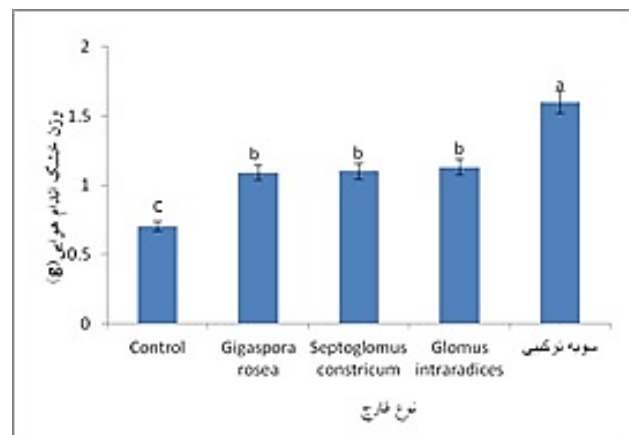
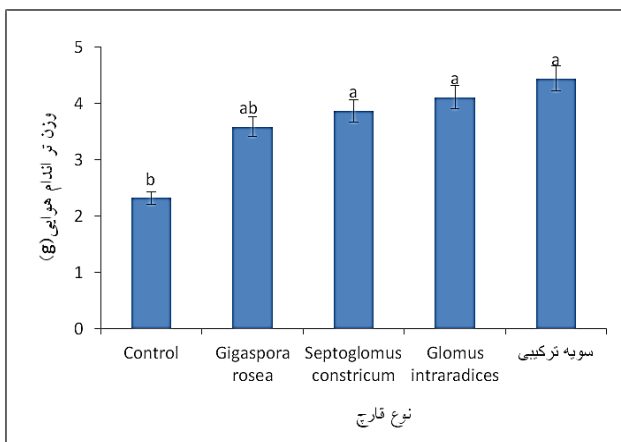
نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که از نظر مجموع ارتفاع شاخساره‌ها اگر چه تیمارهای قارچی باعث افزایش این صفت شدند اما اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای قارچی و تیمار شاهد مشاهده نشد اما از نظر ارتفاع ساقه اصلی در بین گونه‌های میکوریز بیشترین طول ساقه (۵۰/۳۳ سانتی‌متر) مربوط به کاربرد تیمار قارچی *Glomus intraradices* بود و کمترین آن (۲۷ سانتی‌متر) در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۱).



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر گونه‌های قارچ میکوریز بر ارتفاع ساقه اصلی گیاه دارویی کلپوره (*Teucrium polium L.*)

گیاه با تیمار ترکیبی از قارچ‌ها بود که به ترتیب برابر ۴/۳۴ و ۱/۶۱ گرم بود که با دیگر تیمارهای قارچی اختلاف معنی‌داری را نشان داد و کمترین آن در تیمار شاهد با وزن تر ۲/۳ گرم و وزن خشک ۰/۷ گرم مشاهده شد (شکل ۱).

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها مشخص شد که از نظر وزن تر و خشک اندام هوایی، اختلاف بین تیمارهای قارچی با تیمار شاهد، به ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱) به طوری که بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی مربوط به تلقیح



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر گونه‌های قارچ میکوریز بر، وزن تر و خشک گیاه دارویی کلپوره (*Teucrium polium L.*)

درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۲)، به طوری که تیمار ترکیبی از قارچ‌ها بیشترین میزان وزن خشک ریشه (۰/۷ گرم) و تیمار شاهد کمترین میزان (۰/۳۷ گرم) را به خود اختصاص داد. لازم به ذکر است که دیگر تیمارهای قارچی از نظر وزن خشک ریشه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (شکل ۲).

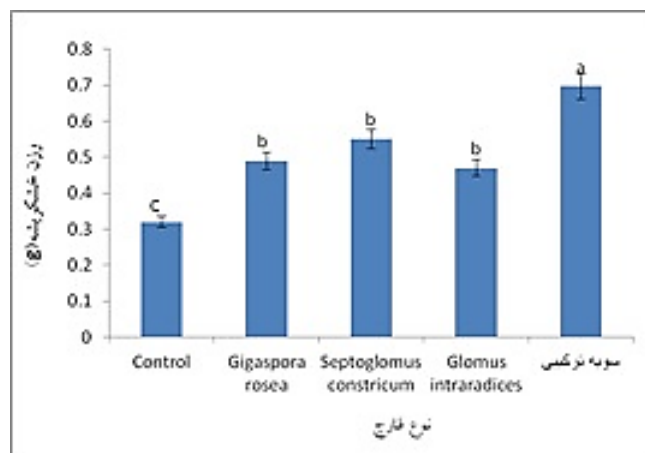
۳.۲. اثر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بر

صفات مورفولوژیک ریشه گیاه کلپوره

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک اندازه‌گیری شده در ریشه نشان داد که از نظر وزن تر ریشه بین تیمارهای قارچی و شاهد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت اما از نظر وزن خشک ریشه در سطح ۱

همچنین از نظر نسبت وزن خشک ریشه به ساقه نیز، این صفت تحت تأثیر تیمارهای مورد بررسی قرار نگرفت و اختلافی بین تیمارهای مورد بررسی مشاهده نشد.

نتایج حاصل همچنین نشان داد که قارچ‌های میکوریزای مورد استفاده نتوانستند تغییر معنی‌داری را در حجم ریشه گیاه کلپوره ایجاد نمایند (جدول ۲).



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر گونه‌های قارچ میکوریز بر وزن خشک ریشه گیاه دارویی کلپوره (*Teucrium polium L.*)

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای قارچ میکوریز بر روی صفات مورفولوژیکی اندازه‌گیری شده در ریشه گیاه کلپوره

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییرات
نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی	حجم ریشه	وزن تر ریشه (g)	وزن خشک ریشه (g)		
۰/۰۲۳ ^{ns}	۱/۷۷۸ ^{ns}	۰/۷۱۵ ^{ns}	۰/۰۵۶ ^{**}	۴	تیمارهای قارچی
۰/۰۱۲	۱/۲۵۳	۰/۳۷۱	۰/۰۰۳	۱۰	خطا

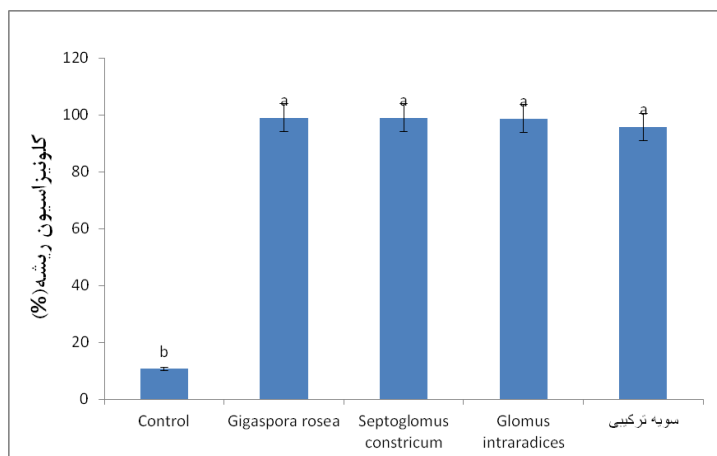
۳.۴. اثر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بر

صفات فیزیولوژیک گیاه کلپوره

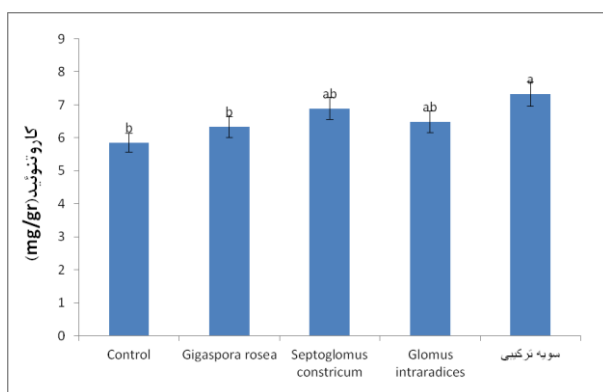
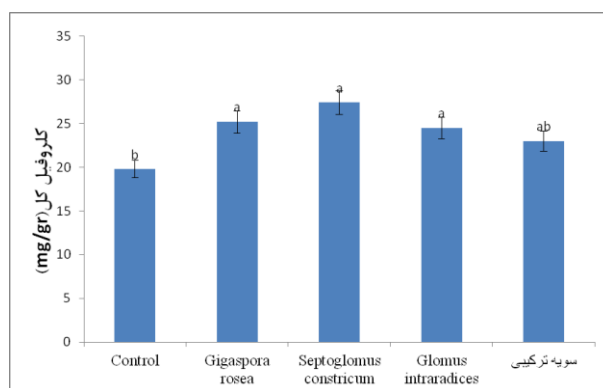
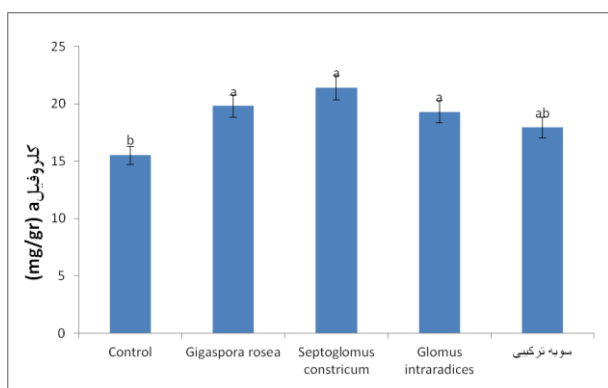
با بررسی صفات فیزیولوژیکی گیاه کلپوره نتایج نشان داد که تیمارهای قارچی *S. Constrictum*, *G. intraradices*, *G. rosea* هر کدام به طور جداگانه تأثیر معنی‌داری را در سطح ۵ درصد نسبت به تیمار شاهد بر کلروفیل a و کلروفیل کل داشتند این در حالی بود که از نظر میزان کلروفیل b در گیاهان اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

۳.۳. درصد کلونیزاسیون ریشه گیاه کلپوره

با بررسی میزان کلونیزاسیون ریشه‌های رنگ‌آمیزی شده مشخص شد که همه تیمارهای قارچی توانسته‌اند بهترین همزیستی را با گیاه برقرار کنند. این درصد در همه تیمارهای قارچی بالاتر از ۹۵ درصد بود که با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری را در سطح ۱ درصد نشان داد اما بین این تیمارهای قارچی از نظر درصد کلونیزاسیون اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۳).



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر گونه‌های قارچ میکوریز بر میزان کلونیزاسیون ریشه گیاه دارویی کلپوره (*Teucrium polium L.*)



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر گونه‌های قارچ میکوریز بر میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید گیاه دارویی کلپوره (*Teucrium polium L.*)

کاروتنوئید در این تیمار (۷/۳۴ درصد) بود در حالی که کمترین میزان کاروتنوئید (۵/۸۵ درصد) مربوط به تیمار شاهد بود. این در حالی بود که سه تیمار قارچی

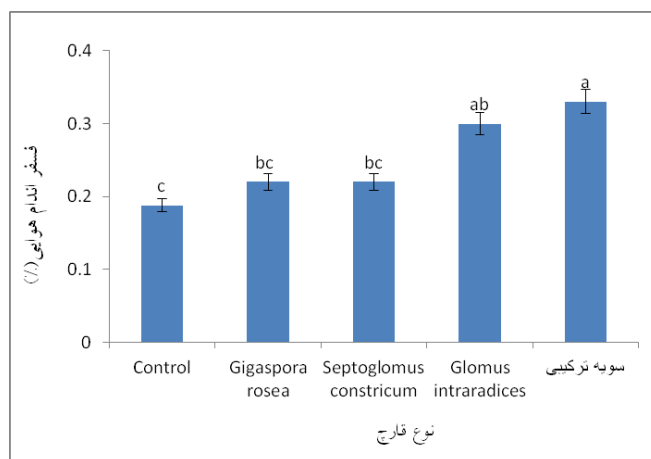
از نظر میزان کاروتنوئید نیز تیمار ترکیبی از قارچ‌ها باعث افزایش معنی‌دار کاروتنوئید در مقایسه با دیگر تیمارهای قارچی شد به طوری که بیشترین میزان

محتوای نیتروژن، فسفر و ازت موجود در اندام هوایی نیز اگر چه تیمارهای قارچی از نظر جذب نیتروژن و پتاسیم نتوانستند اختلاف معنی داری را نشان دهند اما از نظر میزان جذب فسفر این اختلاف در سطح ۵ درصد معنی دار بود.

جداگانه تأثیر معنی داری را در میزان کاروتنوئید نسبت به شاهد نشان ندادند. از نظر محتوای نسبی آب برگ نیز هیچ اختلاف معنی داری بین تیمارها مشاهده نشد. همچنین در ارتباط با تأثیر تیمارهای قارچ میکوریز بر

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای قارچ‌های میکوریز بر روی صفات فیزیولوژیکی گیاه کلپوره

میانگین مربعات										
منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a (mg/g)	کلروفیل b (mg/g)	کلروفیل کل (mg/g)	کاروتنوئید (mg/g)	محتوای نسبی آب برگ (%)	ازت اندام هوایی (%)	فسفر اندام هوایی (%)	پتاسیم اندام هوایی (%)	کلونیزاسیون ریشه (%)
تیمارهای قارچی	۴	۱۴/۷۴۲*	۱/۱۵۹ ^{ns}	۲۴/۰۹*	۱/۳۵۶*	۷۸/۸۵۷ ^{ns}	۰/۶۳۷ ^{ns}	۰/۰۱۰*	۰/۱۵۶ ^{ns}	۴۵۹۰/۹۶**
خطا	۱۰	۳/۳۲۴	۰/۴۱۶	۵/۸۸	۰/۳۸۷	۵۷/۳۳	۰/۳۰۵	۰/۰۰۳	۰/۱۰۵	۱۳/۶۵۲



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر گونه‌های قارچ میکوریز بر میزان فسفر جذب شده توسط گیاه دارویی کلپوره (*Teucrium polium L.*)

که این همزیستی بهبود شرایط رشد گیاه نسبت به گیاهان عاری از میکوریز را شامل شده است؛ به طوری که نتایج حاصل از این مطالعه بیانگر این بود که حضور قارچ‌های میکوریز در گیاه کلپوره توانسته است نقش مؤثری در افزایش طول ساقه داشته باشد که در این بین گونه *Glomus intraradices* نقش بیشتری را در افزایش رشد اندام هوایی نشان داد.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی درصد کلونیزاسیون ریشه گیاهان تلقیح شده با قارچ‌های میکوریز بومی نشان داد که اضافه کردن مایه تلقیح قارچ، از طریق افزایش جمعیت این میکوروارگانیس‌م‌ها در مجاورت ریشه گیاه کلپوره، باعث تسریع در برقراری رابطه همزیستی و به دنبال آن افزایش درصد کلونیزاسیون ریشه گیاه میزبان شده است

a و کلروفیل کل در گیاه کلپوره بود که مشابه این نتایج در بررسی تأثیر قارچ‌های میکوریز بر صفات مورفوفیزیولوژیک گیاه مرزۀ تابستانه (*Satureja hortensis L.*) به نقش قارچ‌های میکوریزا بر افزایش میزان کلروفیل a اشاره شد [۳۱].

در ارتباط با بالا بودن غلظت کلروفیل در گیاه کلپوره (*T. polium L.*) نیز می‌توان به این نکته اشاره کرد که شاید قارچ‌های میکوریز از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی دخیل در سنتز کلروفیل موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های مسئول سنتز کلروفیل شده که به دنبال آن غلظت کلروفیل افزایش و میزان فتوسنتز بهبود یافته است [۱۴].

بنابراین می‌توان گفت از عواملی که سبب رشد و حیات گیاه کلپوره در مناطق با شرایط سخت اکولوژیک می‌شود می‌تواند همین قارچ‌های میکوریز باشد که در این مطالعه نقش ترکیبی از قارچ‌ها چشمگیرتر بود. لذا به دلیل تفاوت در ویژگی‌های ژنتیکی گونه‌های قارچی و به دنبال آن تفاوت در عکس‌العمل گونه‌های مختلف قارچ میکوریزا نسبت به هر یک از صفات اندازه‌گیری شده می‌توان چنین نتیجه گرفت که نه تنها این گونه‌های قارچی در کنار یکدیگر اثر رقابتی ندارند بلکه در کنار یکدیگر اثر همدیگر را افزایش می‌دهند، در نتیجه استفاده ترکیبی از قارچ‌های بومی می‌تواند به مراتب تأثیر بیشتر و بهتری در گیاه داشته باشد، چنانچه در طبیعت نیز قارچ‌ها به صورت ترکیبی وجود دارند.

از آنجا که بر اساس مستندات علمی قارچ‌های میکوریز بومی همزیست با گیاهان از یک طرف اثرات مثبت بیشتری بر رشد و زنده‌مانی نهال‌ها نسبت به گیاهان عاری از میکوریز دارند [۱۰، ۳۷] و از طرفی دیگر در طبیعت گیاهانی که در همسایگی گیاهان تلقیح شده با قارچ‌های بومی قرار می‌گیرند رشد بیشتری نسبت به گیاهان بدون قارچ یا با قارچ‌های تجاری دارند و این می‌تواند به گیاهان همسایه تا دو متری نقطه تلقیح انتشار پیدا کند [۲۳].

بررسی تأثیر تلقیح دو نوع قارچ *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* بر روی بذور گیاه آویشن کرک آلود (*Thymus pubescens Boiss*) نیز به افزایش ارتفاع و عملکرد گیاهان تلقیح شده با قارچ *Glomus intraradices* اشاره داشت [۱۷].

لذا با توجه به نتایج این تحقیق گونه *G. intraradices* دارای بیشترین کارایی در افزایش ارتفاع ساقه گیاه دارویی کلپوره بود.

همچنین از نظر وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه کلپوره نیز تیمارهای قارچی اختلاف معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان دادند که در این بین تیمارهای ترکیبی از قارچ‌های میکوریزا توانستند نقش مؤثرتری را داشته باشند که به نظر می‌رسد تلقیح قارچ‌های میکوریزی با گیاه باعث جذب بیشتر آب و عناصر پر مصرف و کم مصرف گردیده که به دنبال آن میزان فتوسنتز خالص و تولید ماده تر و خشک گیاه را افزایش داده است [۳۹]. در پژوهش مشابهی علت افزایش وزن خشک اندام هوایی و تعداد شاخه‌های گیاه آویشن باغی (*Thymus vulgaris L.*) را نیز همزیستی گیاه با قارچ‌های میکوریز آربسکولار دانستند [۳۴].

از نظر تأثیر حضور قارچ‌های میکوریز بر صفات مورفولوژیک ریشه گیاه نیز اگر چه هیچ‌کدام از صفات اندازه‌گیری شده شامل (ارتفاع، حجم و وزن تر ریشه و همچنین نسبت وزن خشک ریشه به ساقه نتوانستند اختلاف معنی‌داری را نسبت به تیمار شاهد نشان دهند اما گونه‌های قارچ میکوریز نتوانستند باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک ریشه گیاه نسبت به تیمار شاهد شوند که در این بین تیمار ترکیبی از قارچ‌ها نقش بیشتری را در افزایش این صفت نشان داد. در این رابطه به نظر می‌رسد که قارچ‌های میکوریزا با افزایش جذب آب و مواد غذایی و به دنبال آن فتوسنتز برگ، با اختصاص کربن به ریشه، در افزایش وزن خشک ریشه نقش مؤثری داشتند [۳۹]. همچنین از نظر تأثیر قارچ‌های میکوریزا بر صفات فیزیولوژیک گیاه نیز نتایج بیانگر افزایش میزان کلروفیل

عنوان کود بیولوژیک و محرک رشد در شرایط خاص استفاده کرد [۱۵].

بدین ترتیب به منظور بهبود در استقرار و رشد این گیاه پیشنهاد می‌گردد که در خزانه‌های تولید نهال ابتدا ریشه‌های نهال‌ها با گونه‌های قارچ میکوریز بومی تلقیح شوند و سپس نهال‌ها به عرصه‌های طبیعی منتقل گردد.

از این رو استخراج و تکثیر قارچ‌های میکوریز آربسکولار بومی تنها مستلزم هزینه اولیه است که اگر تداوم قارچ‌ها در خاک با موفقیت همراه باشد می‌تواند این هزینه در طول چند سال سرشکن شود. لذا شناسایی قارچ‌های مؤثر در مناطق با شرایط مختلف بسیار ارزشمند است چرا که می‌توان با معرفی جنس و گونه قارچ همزیست مؤثر در رشد از آن‌ها به

References

- [1] Alizadeh, A. (2014). Soil- water-plant relationship. Emam Reza University Publications, Mashhad (In Persian)
- [2] Arnon, A. N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23, 112-121.
- [3] Barea, J. M., Palenzuela, J., Cornejo, P., Sánchez-Castro, I., Navarro-Fernández, C., López-García, A., Estrada, B., Azcón, R., Ferrol, N. and Azcón-Aguilar, C. (2011). Ecological and functional roles of mycorrhizas in semi-arid ecosystems of Southeast Spain. *Journal of Arid Environments*, 75, 1292-1301.
- [4] Bouamri, R., Dalpe, Y., Serrhini, M.N. and Bennani, A. (2006). Arbuscular mycorrhizal fungi species associated with rhizosphere of *Phoenix dactylifera* L. in Morocco. *African Journal of Biotechnology*, 5(6), 510-516.
- [5] Brundrett, M., Bougher, N., Grove, T. and Malajczuk, N. (1996). Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture. Australian Center for International Agricultural Research, Canberra, Australia, 374 pp.
- [6] Capasso, F., Cerri, R., Morrica, P. and Senatore, L. (1983). Chemical composition and anti-inflammatory activity of an alcoholic extract of *Teucrium polium* L., *Boll Soc Ital Biol Sper*, 59(11), 1639-1643.
- [7] Carrenho, R., S. F. Trufem and V. L. Bononi. (2002). Effects of using different host plants on the detected biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi from an agroecosystem. *Brazilian Journal of Botany*, 25, 93-101.
- [8] Chapman, H. D. and Pratt, D. F. (1961). Methods of analysis of Soil, Plant, and Water. University of California., Division of Agricultural Science, 60-68
- [9] Couladis, M., Tzakou, O., Verykokidou, E. and Harvala, C. (2003). Screening of some greek aromatic plants for antioxidant activity. *Journal of Phytotherapy Research*, 17(2), 194-195.
- [10] Estrada, B., Aroca, R., Barea, J.M., and Ruiz-Lozano, J.M. (2013). Native arbuscular mycorrhizal fungi isolated from a saline habitat improved maize antioxidant systems and plant tolerance to salinity. *Plant Science*, 201-202, 42-51. doi: 10.1007/s11104-012-1409-y.
- [11] Gerdeman, J.W. and Nicolson, T.H. (1963). Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*, 46(2), 235-244.
- [12] Ghanta, R., Dutta, S. and Mukhopadhyay, R. (2013) Investigation on arbuscular mycorrhizal alliances in some threatened medicinal herbs of Burdwan district, West Bengal, India. *Journal of Medicinal Plants Research*, 7(7), 315-322.
- [13] Gharaibeh, M.N., Elayan, H.H. and Salha, A.S. (1988). Hypoglycemic effects of *Teucrium polium*. *Journal of Ethnopharmacol*, 24(1), 93-99.

- [14] Giri, B. and Mukerji, G. K. (2004). *Mucorrhiza* inoculate alleviates salt stress in *Sesbania aegyptica* and *Sesbania grandiflora* under field conditions: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. *Mycorrhiza*, 14(5), 307-312.
- [15] Jahromi, M. (2012). Isolation and identification of indigenous Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) symbiosis with crops in some Iran regions with drought conditions. *Journal of Biotechnology*, 3(1), 1-13 (In Persian).
- [16] Karami, A., Ghorbani, M., Azarnivand, H. and Rafiei, H. (2018). Estimating and analyzing the economic value of medicinal plants as an opportunity to empower rangeland users (Study area: Sinak Chal and Viser rangelands, Aradan city). *International Conference on Society and Environment*.
- [17] Karegar Hajiabad, E., Abbaszadeh, B., Sefidkon, F. and Khavazi, K. (2015). Comparing the effect of seed and transplants inoculation with biofertilizers on *Thymus pubescens* Bioss., *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plant*. 31(1), 81-91.
- [18] Kerem, Z., Lev-Yadun, S., Gopher, A. and Weinberg, P. (2007). Chickpea domestication in the Neolithic Levant through the nutritional perspective. *Journal of Archaeological Science*. 34, 1289-1293.
- [19] Khezri, M., Jafari, M. and Darvish zadeh, R. (2014). Optimizing the induction of hairy roots by *Agrobacterium rhizogenes* into *Teucrium polium* L., 11th International and 13th Iranian Crop Science Congress, Seed and plant Improvement Institute Karaj, Iran (In Persian).
- [20] Khoocheki, A. and Azizi, G. (2005). Effect of different treatments on breaking dormancy of *Teucrium polium*. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 3(1), 81-87. (In Persian)
- [21] Lebasghi, M.H. (2014). The success of dryland farming in different species of medicinal plants, *National Conference on Iranian Medicinal Herbs*
- [22] Mei, L., Yang, X., Cao, H., Zhang, T. and Guo, J. (2019). Arbuscular Mycorrhizal Fungi Alter Plant and Soil C:N:P Stoichiometries Under Warming and Nitrogen Input in a Semiarid Meadow of China, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(3), 397.
- [23] Middleton E. L., Richardson S., Koziol L., Palmer C. E., Yermakov Z., Henning J. A., Schultz P. A. and Bever J. D. (2015). Locally adapted arbuscular mycorrhizal fungi improve vigor and resistance to herbivory of native prairie plant species. *Ecosphere* Vol. 6(12), 1-16.
- [24] Mirhoseini, S.A. and Sabeghi, H. (2005). Studying the economy trading and exporting Iranian medicinal plants. *National congress in sustainable development of medicinal plants*, Tehran: Research Institute of Forests and Rangelands (In Persian).
- [25] Mirza, M. (2001). Survey of the essential oil of *Teucrium polium* L., *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plant*, 10(1), 27-38 (In Persian).
- [26] Modarresi Chahardehi, A.M., Mousavi, L., Bakhtkhan Ardeh Jani, T., Rezaee Danesh, Y. and Ibrahim, D. (2015). Isolation and Identification of Dominant Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Some Trees in Region of Kiasar. *Iranian Journal of Plant Protection Science*, 45(2), 371-380 (In Persian).
- [27] Morton, J.B. and Redecker, D. (2001). Two new families of Glomales, Archaeosporaceae and Paraglomaceae with two new genera Archaeospora and Paraglomus, based on concordant molecular and morphological characters. *Mycologia*, 93, 181-195.
- [28] Parkinson, J. A. and Allen, S. E. (1975). A wet oxidation procedure for determination of nitrogen and mineral nutrients in biological material. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. 6: 1-11.
- [29] Pavithra, D., Neelamanie, Y. (2018). Arbuscular mycorrhizal fungi inoculation enhances drought stress tolerance of plants. *Journal of Groundwater for Sustainable Development*, 7: 490-49
- [30] Phillips, J.M. and Hayman, D.S. (1970). Improved procedure for clearing roots and staining parasites and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, 55(1), 158-161.
- [31] Rezaei Chiyaneh, E., Jamali, M., Pirzad, A. and Tofigh, S. (2015). Effect of mycorrhizal fungi on some morphophysiological characters and yield of summer savory (*Satureja hortensis* L.) in salt stress conditions. *Journal of Plant Process and Function*, 5(17), 15-29 (In Persian).

- [32] Roudi, B. 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.
- [33] Samaei, F., Asghari, Sh., Aliasgharzad, N. (2015). Effects of two arbuscular mycorrhizae fungi on some soil hydraulic properties and nutrient uptake by spring barley in an alkaline soil under greenhouse conditions. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture, 6(1), 169-179 (In Persian).
- [34] Sasanelli, N., Anton, A., Takacs, T., Addabbo, T., Biro, I. and Malov, X. (2009). Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on the nematicidal properties of leaf extracts of *Thymus vulgaris L.*, Parasitological Institute of SAS, Kosice DOI 10.2478/s11687-009-0043-6, 46(4), 230-240.
- [35] Schenck, N.C., and Perez, Y. (1990). Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi (INVAM). University of Florid, Gainesville: Synergistic Pubns.
- [36] Schippmann, U., Leaman, D. and Cunningham, A. B. (2006). A plants under sustainability aspects. In: R.J Bogers, L.E. Craker and D. Lange. Medicinal and aromatic plants. Pub Springer, printed in Netherlands. 75-95.
- [37] Sepahvand, T., Etemad, V., Matinizadeh, M., Shirvani, A. and Zahedi Amiri, Gh. (2019). Identification and inoculation of mycorrhizal fungi symbiosis to Caucasian hackberry (*Celtis Caucasica L.*) under greenhouse conditions. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 27(1), 24-34.
- [38] Smith, S.E., Read, D.J. (2008). Mycorrhizal Symbiosis, thirded. Academic Press, New York.
- [39] Tadayyon A. and Soltanian M. (2016). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on root colonization and phosphorus uptake of linseed (*Linum ussitatissimum L.*) under drought stress conditions. Journal of Plant Process and Function, 5(15), 147-156.
- [40] Tarahomi, Sh., Alinia, E., 2014. The role of medicinal plants in the exploitation of natural resources and its impact on the sustainable development of natural resources, The second national conference of Medical Herbs and Stable Agriculture Traffic, New Delhi.
- [41] Trappe, J.M. (1982). Synoptic keys to the genera and species of zygomycetous mycorrhiza fungi, Symposium on Mycorrhizae and Plant Disease Research, 72(8), 1102-1108.
- [42] Uniyal, R. C., Uniyal, M. R. and Jain P. (2000). Cultivation of medicinal plants in India: a reference book.
- [43] Zarezadeh, A., Rezaee, M.B., Mirhosseini, A. and Shamszadeh, M. (2007). Ecological investigation of some aromatic plants from Lamiaceae family in Yazd province. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 23(3), 432-442.
- [44] Zargari A. (1997). Medicinal Plants. 4th ed., Tehran University Publication (In Persian).
- [45] Zarekia, S., Fayaz, M., Zare, M.T. and Abolghasemi, M. (2018). Study of Methods of Rain Harvesting and Season Planting in Initial Establishment of *Astragalus squarrosus* in Yazd Province (Case Study: Kalmam Bahadoran Rangelands), Desert Management, 11, 39-50.
- [46] Zubek, S., Mielcarek, S. and Turnau, K. (2012) Hypericin and pseudohypericin concentrations of a valuable medicinal plant *Hypericum perforatum L.* are enhanced by arbuscular mycorrhizal fungi. Mycorrhiza, 22, 149-156

