همزیستی قارچ‌های میکوریز با گونه مرتعی جعفری معطر (*Chaerophyllum macrospermum*) در فصل‌های بهار و تابستان و ارتباط آن با عناصر معدنی خاک در مراتع منطقه آبشار سلوک ارومیه

جلیل خارا[1]، فاروق سلیمانی[2*] و معصومه ربیعی[3]

1) دانشیار گروه زیست‌شناسی گیاهی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ایران
2) دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، کارشناس سازمان حفاظت محیط‌زیست، ارومیه، ایران. * رایانامه نویسنده مسئول مکاتبات: soleymani.farogh@yahoo.com
3) کارشناس ارشد سیستماتیک و اکولوژی گیاهی، کارشناس سازمان حفاظت محیط‌زیست، ارومیه، ایران.

تاریخ دریافت: 1400/01/28 تاریخ پذیرش: 1400/04/30

چکیده

همزیستی گیاهان با میکروارگانیسم‌ها و سایر موجودات زنده موجب حفظ و پایداری گونه‌های گیاهی می شود. در پژوهش حاضر که طی فصل‌های بهار و تابستان 1397 در مراتع منطقه آبشار سلوک ارومیه انجام شد، تاثیرگذاری عناصر معدنی خاک با کلونیزاسیون و برخی خصوصیات خاک بر جمعیت اسپور قارچ‌های میکوریزا در ریزوسفر گیاه دارویی جعفری معطر یا مندوک (*Chaerophyllum macrospermum*) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آماری نشان داد که فصل و ایستگاه اثر معنی‌داری بر مقدار هاگ قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در ریزوسفر گیاه دارند. کلونیزاسیون قارچ‌ها با ریشه گیاه در تابستان تا 172/26 درصد بیشتر از بهار بود. همچنین تعداد اسپورهای موجود در خاک، درصد آغشتگی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار و عامل فصل، اثر معنی‌داری بر عملکرد اسانس گیاه داشت. بیشترین عملکرد اسانس در فصل تابستان مشاهده شد و با کاهش میزان فسفر در ریزوسفر گیاه بر میزان آغشتگی و همزیستی قارچی افزوده شد. گونه *Glomus mosseae* به جذب آب، مواد غذایی، پتاسیم، فسفر و نیتروژن گیاه کمک بیشتری کرده و در نتیجه زیست‌توده و رشد گیاه در شرایط سخت محیطی افزایش یافته است. با عنایت به اهمیت همزیستی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار و تعامل آن با عناصر معدنی خاک، این اطلاعات می‌تواند در برنامه‌های توسعه زراعت گیاهان دارویی موثر باشد.

واژه‌های کلیدی: آغشتگی، اسانس، جعفری معطر، عناصر معدنی، میکوریز.

مقدمه

اهمیت و جایگاه گیاهان دارویی در حفظ و پایداری اکوسیستم‌ها، توسعه اقتصادی در سطح کلان، شاخص‌های زیست‌محیطی، اشتغال، امنیت و سلامت غذایی، ذخایر ژنتیکی، خودکفایی و امنیت دارویی بر کسی پوشیده نیست و گیاهان دارویی برای هزاران سال با کمترین آثار جانبی به بهداشت و سلامت بشر کمک کرده‌اند. در سال‌های اخیر، افزایش تقاضا برای مصرف گیاهان دارویی و فرآورده‌های آنها از یک‌سو و کمیاب شدن این گیاهان به علت برداشت‌های بی‌رویه از سوی دیگر، از جمله چالش‌هایی هستند که تحقیقات حفظ و احیای اکوسیستم‌های طبیعی و تکثیر و توسعه کشت گیاهان دارویی در اکوسیستم‌های زراعی را اجتناب‌ناپذیر کرده‌اند. علی‌رغم تحقیقات نسبتا خوبی که در زمینه همزیستی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار با گیاهان زراعی و باغی صورت گرفته، فناوری استفاده از آنها برای بهبود کیفیت و کمیت این دسته از گیاهان چندان کاربردی نشده است (Zeng *et al.*, 2013).

بررسی همزیستی میکروارگانیسم‌های خاک با ریشه گیاهان یکی از مهم‌ترین مباحث فیزیولوژی نوین است (Bender *et al.*, 2015). تکامل و حضور گونه‌ها در خاک اکثر مناطق گرمسیری، معتدل و سردسیری به اثبات رسیده است.

مهم‌ترین تاثیر میکوریز کمک به افزایش رشد گیاه در طی رابطه همزیستی است. البته در برخی گیاهان دارای میکوریز کاهش رشد دیده می‌شود که این پاسخ منفی به آغشتگی[1] می‌تواند مربوط به نوع سیستم ریشه‌ای و یا تجمع غلظت بالای مواد معدنی قابل دسترس گیاه باشد (Vestbery, 1995).

قارچ‌های میکوریز وزیکولار- آربوسکولار (Arbuscular mycorrhizal fungi) جزء اصلی فلور ریزوسفر گیاهان در طبیعت (Panwar & Tarafdar, 2006) هستند. رابطه میکوریزی همزیستی انواعی از قارچ‌های مفید خاکزی با ریشه گیاهان است که انتقال مواد غذایی بین سلول‌های پوست ریشه گیاه کلونیزه شده با قارچ و آربوسکول‌های قارچ، مهم‌ترین مشخصه این نوع همزیستی است. در این رابطه همزیستی، قارچ مواد کربوهیدراتی را عمدتا به شکل ساکارز از گیاه دریافت می‌کند و آب و عناصر غذایی، عمدتا فسفر، را در اختیار گیاه قرار می‌دهد (Smith *et al*., 2010).

تنوع هاگ‌های بالغ در تعداد لایه‌های دیواره است. آنها اغلب رنگی بوده و غیرقابل نفوذ می‌باشند. لایه‌های دیواره‌شان نیز دارای ترکیبات متنوعی است که شامل پلی‌ساکاریدها، پروتئین و کیتین هستند. تولید هاگ در برخی گونه‌های قارچی به‌وسیله ترکیبی از گونه‌های قارچی و میزبان خاص تحت تاثیر قرار می‌گیرد. لایه‌های مقاوم دیواره هاگ‌های میکوریزی آنها را قادر می‌سازد تا سالیان طولانی در خاک باقی مانده و موقعی که ریشه‌های یک گیاه جدید به این هاگ‌ها نزدیک می‌شود، آنها را برای جوانه‌زنی تحریک کرده و هیف‌هایی را برای آغشته شدن با ریشه‌ها تولید می‌کنند (Peterson *et al*., 2004). تقریبا 83 درصد از گیاهان دولپه‌ای و 79 درصد از گیاهان تک‌لپه‌ای و نیز همه بازدانگان با میکوریزها رابطه همزیستی برقرار می‌کنند. قدمت قارچ های میکوریز در اکوسیستم خشکی به بیش از 460 میلیون سال می‌رسد (Redecker *et al*., 2000).

عوامل محیطی و غیرمحیطی زیادی بر شدت و نوع رابطه همزیستی قارچ با گیاه میزبان تاثیر می‌گذارند که از آن جمله می‌توان به نور، درجه حرارت، رطوبت، مقدار و نوع ماده آلی، اسیدیته، شوری، پوشش گیاهی، نوع خاک، عناصر معدنی و همچنین فون میکروبی خاک اشاره کرد. برای مثال همراه با کاهش نور، در صد آغشتگی نیز کاهش می‌یابد (Gehring & Connell, 2006). مطالعه همزیستی قارچ‌های میکوریزی در مناطق مدیترانه‌ای نشان داد که مقدار این همزیستی اثر مثبتی با مواد آلی دارد (Bhardwaj *et al*., 1997). اغلب قارچ های میکوریزی آربوسکولار در pH های 5/5-9/5 فعالیت دارند. همچنین برخی محققان نشان داده‌اند که همراه با افزایش شوری، درصد آغشتگی نیز کاهش می‌یابد (Kumar & Ghose, 2008).

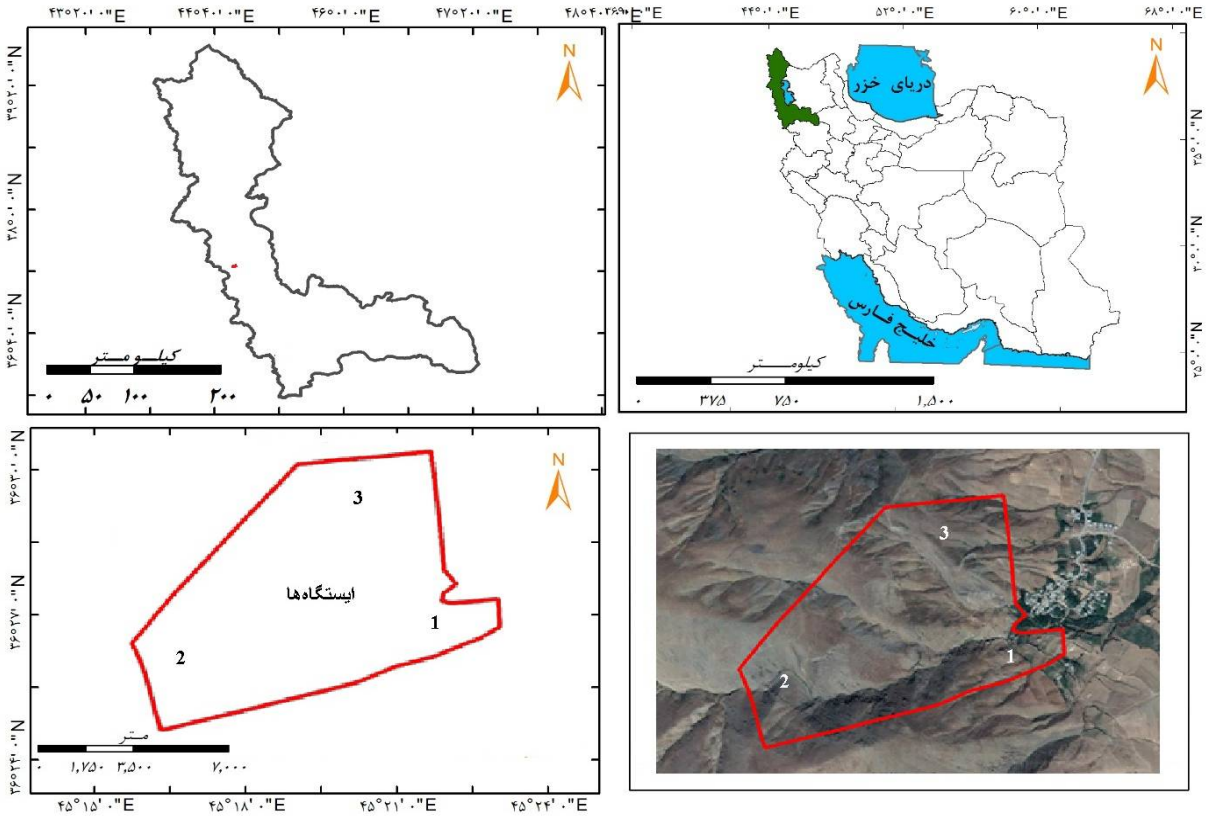
همزیستی میکوریزی نقش بسیار مهمی در پایداری و توسعه جوامع گیاهان ایفا می‌کند. قارچ‌های همزیست اثر کیفی مثبت بر رشد و تغذیه گیاه میزبان دارند و جذب عناصر نیتروژن، فسفر، گوگرد، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، منگنز و آهن را افزایش می‌دهند (Bender *et al*., 2015). همچنین قارچ‌های میکوریز آربوسکولار علاوه بر نقشی که در بهبود رشد و استقرار گیاهان دارویی در اکوسیستم‌های رویشگاهی دارند، سبب افزایش بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه در این گیاهان می‌شوند (Zubek *et al*., 2012).

در این تحقیق به بررسی میزان فعالیت مهمترین صفات فیزیولوژیک و تغییرات فرآیندهای متابولیسمی گیاه دارویی جعفری معطر یا مندوک (*Chaerophyllum macrospermum*) در همزیستی با گونه‌های مختلف قارچ میکریزایی در فصول مختلف و ارتباط آن با عناصر معدنی خاک در مراتع بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه نمونه‌برداری: منطقه آبشار سلوک واقع در منطقه ترگور محور ارومیه- اشنویه بین عرض‌های ´´34 ´29 °37 و ´´25 ´29 °37 شمالی و طول‌های ´´40 ´45 °44 و ´´49 ´44 °44 شرقی به مساحت حدود 105 هکتار در محدوده ارتفاعی 1930 تا 2435 متری از سطح دریا واقع شده است (شکل 1). بر اساس آمار سازمان هواشناسی حداقل دما 33- و حداکثر دما 39/5 درجه سانتی‌گراد و میزان بارندگی سالیانه 300-260 میلی‌متر است. تنوع توپوگرافی منطقه باعث ایجاد خرداقلیم‌های مختلف و تنوع پوشش گیاهی در مراتع آبشار سلوک شده است.

[1] Colonization



شکل 1. موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان

نمونه‌برداری از خاک و گیاه: نمونه‌برداری از گیاه مرتعی جعفری معطر (*Chaerophyllum macrospermum*) و خاک ریزوسفر آن در سه ایستگاه، ایستگاه شماره 1 (عرض شمالی: ´´28 ´29 °37 و طول شرقی: ´´40 ´45 °44) با ارتفاع 1961 متر، ایستگاه شماره 2 (عرض شمالی: ´´24 ´29 °37 و طول شرقی: ´´59 ´44 °44) با ارتفاع 2359 متر، ایستگاه شماره 3 (عرض شمالی: ´´45 ´29 °37 و طول شرقی: ´´17 ´45 °44) با ارتفاع 2191 متر در فصل‌های بهار و تابستان با روش سیستماتیک تصادفی در طول ترانسکت‌های 100 متری در چهار تکرار انجام شد. نمونه خاک اطراف ریشه گیاهان با کنار زدن خاک سطحی از عمق 15 الی 30 سانتی‌متری ریزوسفر هر گیاه برداشته شد. نمونه‌ها در کیسه‌های پلاستیکی برای بررسی‌های خاک‌شناسی و جداسازی هاگ قارچ‌های میکوریز به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه، نمونه‌های خاک در دمای محیط به مدت 48 ساعت خشک و تا زمان بررسی در دمای 4 درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد. ریشه‌های نازک مربوط به هر گیاه در محل نمونه‌برداری جدا شد و در ظروف محتوی تثبیت‌کننده FAA (13 میلی‌لیتر فرمالدئید غلیظ + پنج میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال + 90 میلی‌لیتر اتانول 50 درصد) قرار گرفتند.

جداسازی هاگ قارچ‌های میکوریز آربوسکولار از نمونه‌های خاک: برای جداسازی هاگ ها از روش الک مرطوب و سانتریفیوژ با شیب غلظت ساکارز استفاده شد. هاگ‌ها روی کاغذ صافی جمع‌آوری و روی کاغذ شطرنجی زیر بینوکولر با درشت نمایی 30 تا 50 برابر شمارش شدند و میانگین تعداد هاگ‌های مربوط به 4 تکرار برای هر نمونه خاک محاسبه شد. از هاگ‌های سیاه (مربوط به قارچ‌های متفرقه و بیماریزا) در شمارش و جداسازی صرف نظر شد (Fritz *et al.*, 2006).

اندازه‌گیری درصد آغشتگی قارچی ریشه (Root length colonization): به‌منظور رنگ‌آمیزی، ریشه‌ها پس از خروج از FAA، با آب معمولی شسته شده و سپس قطعات یک سانتی‌متری ریشه به مدت یک ساعت و در دمای 90 درجه سانتی‌گراد در داخل KOH 10 درصد قرار گرفتند. پس از سرد شدن، ریشه‌ها شسته شده و به مدت سه دقیقه در اسیدکلریدریک 1 درصد گذاشته شدند. سپس بر روی آن

محلول رنگی (تریپان بلو 0/05 درصد) اضافه گردید و به مدت 15 دقیقه در دمای 90 درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از آن محلول رنگ‌زدای لاکتوگلیسرول (1:1:1 اسید لاکتیک، گلیسرول، آب) به آنها اضافه شد. سپس ریشه‌ها به پتری دیش‌های حاوی 50 درصد گلیسرول جهت مشاهده در زیر میکروسکوپ نوری منتقل شدند. محلول رنگ‌بر تمام مواد رنگی را از بافت ریشه به‌جز اندام‌های قارچی خارج می‌کند و در نتیجه اندام‌های قارچی به رنگ آبی در داخل و خارج ریشه به‌طور مشخص دیده شدند (Phillips & Hayman, 1970). برای تعین درصد آغشتگی ریشه‌ها از روش تلاقی خطوط مشبک استفاده شد. در این روش کاغذ شطرنجی به پشت یک پتری دیش چسبانده شده و تعدادی از ریشه‌های رنگ‌آمیزی شده در داخل پتری دیش به‌طور تصادفی قرار داده شدند. سپس زیر لوب آزمایشگاهی میزان همزیستی ریشه برحسب طول ریشه کلنی شده تعیین شد. بدین ترتیب که از سمت چپ تعداد مناطقی از ریشه را که با خطوط افقی و عمودی برخورد نموده‌اند، شمرده شده و سپس نواحی با رنگ آبی تیره نیز به همین روش شمارش شدند. از تقسیم تعداد نقاط با رنگ آبی بر تعداد کل برخوردها، درصد طول ریشه آغشته شده تخمین زده شد و در کل در صد قطعه از هر نمونه و در چهار تکرار به‌صورت درصد محاسبه و متوسط آن گزارش شد (Giovannetti & Mosse, 1980).

بررسی‌های خاک شناسی منطقه: برای اندازه‌گیری اسیدیته خاک از دستگاه pH متر (مدل 744، شرکت Metrohm، سوئیس) و برای اندازه‌گیری شوری خاک از دستگاه کنداکتومتر (مدل HI2030، شرکت Hanna ایتالیا) استفاده شد (زرین کفش، 1376). فسفر قابل جذب با روش Olsen و همکاران (1954) و منیزیم با روش تیترومتری سنجیده شدند. برای اندازه‌گیری ماده آلی از روش Walkey و Black (1934) و درصد آهک خاک با روش تیتراسیون تعیین گردید. درصد ازت کل خاک با روش هضم Kjeldahl (1833) و میزان پتاسیم قابل‌جذب به وسیله دستگاه فلیم‌فتومتر (مدل FP8800، شرکت Kruss، آلمان) سنجیده شد. بافت خاک با روش هیدرومتری سنجش شد (جعفری حقیقی، 1382).

استخراج اسانس: نمونه‌های گیاهی در فصل بهار، پیش از مرحله گل‌دهی و در فصل تابستان پس از مرحله گل‌دهی در هر یک از ایستگاه‌ها در طول ترانسکت‌های 100 متری با چهار تکرار و 6 بوته در هر تکرار به‌صورت تصادفی انتخاب شدند. برای استخراج اسانس با روش تقطیر با آب، مقدار 30 گرم نمونه خشک شده از هر کرت وزن گردید و پس از آسیاب شدن مختصر در 600 میلی‌لیتر آب به مدت 3 ساعت طبق فارماکوپه مجارستان در دستگاه کلونجر جوشانده شد تا اسانس استخراج شود (Pandey *et al*., 2014).

تجزیه و تحلیل آماری: تجزیه واریانس داده‌های آماری بر اساس طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه 19 انجام شد. میانگین‌ها با روش دانکن در سطح معنی‌داری $P\leq0.05$ مقایسه و محاسبه شد. نتایج به صورت جدول تنظیم یا در محیط Excel به‌صورت نمودار نمایش داده شد.

نتایج

با توجه به نتایج جدول (1) در این آزمایش بیشترین میزان ماده آلی در خاک ایستگاه شماره 1 در فصل تابستان به مقدار 3/8 درصد مشاهده شد و کمترین میزان ماده آلی مربوط به خاک ایستگاه شماره 3 در فصل بهار به مقدار 2/7 در صد محاسبه گردید. بیشترین درصد نیتروژن کل در فصل بهار و ایستگاه شماره 1 به میزان 0/66 در صد مشاهده شد. خاک ایستگاه شماره 1 میزان آهک کمتری نسبت به خاک دیگر ایستگاه‌ها داشت، اما میزان آهک خاک تفاوت معنی‌داری را در فصل‌های بهار و تابستان نشان نداد. خاک ایستگاه شماره 2 بیشترین مقدار پتاسیم قابل جذب را در فصل بهار به میزان 335 میلی‌گرم بر کیلوگرم و کمترین میزان مربوط به خاک ایستگاه شماره 3 در فصل تابستان به میزان 205 میلی‌گرم بر کیلوگرم به خود اختصاص دادند. در کل، خاک ایستگاه‌های مورد مطالعه در فصل بهار نسبت به فصل تابستان از فسفر (10/06 میلی‌گرم بر کیلوگرم) قابل‌جذب بیشتری برخوردار بودند.

اسیدیته خاک منطقه مورد مطالعه بین 7/53 تا 8/03 متغیر بود. بیشترین میزان اسیدیته خاک مربوط به ایستگاه شماره 3 در فصل بهار برابر 8/03 بود. بررسی‌های انجام شده در مورد

هدایت الکتریکی خاک (EC) نشان داد بالاترین میزان شوری را فصل تابستان و کمترین آن را فصل بهار به‌ترتیب به مقدار 0/92 و 0/84 دسی‌زیمنس بر متر به خود اختصاص دادند. بیشترین و کمترین میزان آهک منطقه آبشار سلوک به‌ترتیب به مقدار 1/82 درصد در ایستگاه شماره 2 در فصل بهار و مقدار 1/52 درصد در ایستگاه شماره 1 در فصل تابستان ثبت شد. بیشترین لای در خاک ایستگاه شماره 1 در فصل بهار (42 درصد) مشاهده شد و خاک ایستگاه شماره 3 بیشترین میزان ماسه (48 درصد) را در مقایسه با سایر ایستگاه‌های منطقه داشته است و همچنین بافت خاک منطقه مورد مطالعه با عنایت به انجام آزمایش خاک نوع لومی بود.

جدول 1. مقایسه میانگین ویژگی‌های خاک‌شناسی دو عامل فصل و ایستگاه‌های منطقه آبشار سلوک

متغیرها		آهک (٪)	مواد آلی (%)	نیتروژن کل (%)	پتاسیم (ppm)	فسفر (ppm)
فصل	ایستگاه					
بهار	شماره 1	1/55^{b}	1/93^{bc}	0/53^{a}	278^{b}	10/2^{a}
	شماره 2	1/82^{a}	1/91^{bc}	0/42^{b}	314^{a}	9/9^{a}
	شماره 3	1/72^{ab}	1/72^{d}	0/44^{b}	270^{b}	10/1^{a}
تابستان	شماره 1	1/52^{a}	2/81a	0/27^{c}	196^{cd}	6/6^{bc}
	شماره 2	1/75^{ab}	2/41b	0/26^{c}	181^{d}	5/6^{c}
	شماره 3	1/73^{ab}	1/84^{c}	0/25^{c}	203^{c}	8^{ab}
		شوری خاک (EC)	اسیدیته (pH)	شن (%)	رس (%)	لای (%)
بهار	شماره 1	0/85^{a}	7/9^{abc}	46^{ab}	20^{a}	34^{bc}
	شماره 2	0/93^{a}	7/8^{ab}	41^{c}	19^{a}	42^{ac}
	شماره 3	0/88^{a}	8^{a}	49^{a}	20^{a}	31^{bc}
تابستان	شماره 1	0/69^{b}	7/6^{bc}	40^{c}	19^{a}	40^{ac}
	شماره 2	0/67^{b}	7/5^{c}	44^{bc}	20^{a}	36^{bc}
	شماره 3	0/53^{a}	7/8^{abc}	49^{a}	20^{a}	31^{bc}

حروف یکسان در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $P\leq0.01$ است.

درصد آغشتگی و تعداد اسپور در خاک: نتایج آماری نشان داد فصل و ایستگاه اثر معنی‌داری ($p\leq0/01$) بر تعداد هاگ قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در ریزوسفر گیاه دارویی جعفری معطر (*Chaerophyllum macrospermum*) داشته‌اند (جدول 2). همچنین، اثر متقابل فصل و ایستگاه بر تعداد هاگ‌های خاک معنی‌دار بود ($p\leq0/01$). همزیستی و تعداد هاگ قارچ‌های میکوریز در فصل تابستان بیشتر از فصل بهار بود و گیاهان ایستگاه شماره 1 حداکثر تعداد هاگ خاک را به خود اختصاص دادند (جدول 3).

اثر متقابل فصل و ایستگاه بر درصد آغشتگی ریشه گیاه معنی‌دار نبود، اما دو عامل فصل و ایستگاه بر درصد آغشتگی ریشه آثار معنی‌داری نشان داد ($p\leq0/01$) (جدول 2). درصد آغشتگی در فصل تابستان (به میزان حداکثر 172/26 درصد) بیشتر از بهار بود و گیاهان ایستگاه شماره 1 بیشترین میزان درصد را به خود اختصاص دادند (جدول 3).

عملکرد اسانس گیاه جعفری معطر: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها گویای آن است که دو عامل فصل و ایستگاه بر روی وزن‌تر و خشک گیاه دارویی جعفری معطر اثر معنی‌داری داشتند، اگرچه اثر متقابل فصل و ایستگاه روی این صفات معنی‌دار نبود (جدول 2). وزن‌تر و خشک در فصل تابستان بیشتر از فصل بهار بود و حداکثر وزن‌تر در ایستگاه‌های شماره 1 و 3 به‌ترتیب 372 و 330 گرم و حداقل وزن‌تر در ایستگاه شماره 2 (257 گرم) ثبت شد (جدول3). تاثیر قارچ‌های میکوریز بر میزان اسانس معنی‌دار بوده است. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که عامل فصل اثر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه دارویی جعفری معطر ندارد، اما ایستگاه اثر معنی‌داری بر ارتفاع این گیاه داشت ($p\leq0/01$). همچنین، اثر متقابل فصل و ایستگاه بر میزان ارتفاع گیاه دارویی جعفری معطر معنی‌دار نبود (جدول 2). گیاهانی که در ایستگاه شماره 2 رویش داشتند، بیشترین ارتفاع را داشتند و حداکثر ارتفاع در ایستگاه شماره 2 (73 سانتی‌متر) مشاهده گردید. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها گویای آن بود که عامل فصل اثر معنی‌داری بر عملکرد اسانس گیاه دارویی جعفری معطر داشت، اما ایستگاه اثر معنی‌داری بر عملکرد گیاه نداشت

($p\leq0/01$) (جدول 2). گیاه دارویی جعفری معطر بیشـــترین عملکرد اسانس را در فصل تابستان به میزان 1/04 درصد به خود اختصاص داد (جدول 3).

جدول 2. تجزیه واریانس اثر فصل و ایستگاه بر صفات مورد بررسی

منابع تغییرات S. O. V	درجه آزادیd.f	میانگین مربعات					
		درصد آغشتگی ریشه	تعداد هاگ خاک	ارتفاع گیاه	وزن‌تر	وزن خشک	درصد اسانس
فصل (season)	1	2949**	48953**	1/56^{ns}	61644**	26107**	0/122**
ایستگاه (station)	2	157**	3948**	224/5**	15167**	2581**	0/000^{ns}
اثر متقابل (interaction)	2	17/1^{ns}	2437**	2/64^{ns}	1310^{ns}	333^{ns}	0/000^{ns}
اشتباه (Error)	15	7/2	195	3/36	1162	252	0/003
ضریب تغییرات (%) C.V.		12/24	14/34	17/41	18/78	19/18	13/14

*** و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد و 1 درصد**

جدول 3. مقایسه میانگین درصد آغشتگی ریشه، تعداد هاگ خاک، وزن‌تر، وزن خشک، ارتفاع گیاه و عملکرد اسانس گیاه دارویی جعفری معطر در فصل بهار و تابستان

متغیر	درصد آغشتگی	تعداد هاگ خاک	ارتفاع گیاه (cm)	وزن‌تر (gr)	وزن خشک (gr)	درصد اسانس
فصل بهار	78/41^{b}	28/42^{b}	42/54^{b}	255/22^{b}	127/82^{b}	0/89^{b}
فصل تابستان	72/26^{a}	51/52^{a}	73/24^{a}	374/78^{a}	203/14^{a}	1/14^{a}

حروف یکسان در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $p\leq0/01$ است.

بحث و نتیجه‌گیری

همان‌طور که نتایج این بررســـی نشـــان داد، قارچ‌های میکوریز سبب افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه گردید. دلیل این امر ممکن است مکانیسم عمل آنها در جذب فسفر باشد (Smith *et al.*, 2010). قارچ‌ها با ترغیب تولید هورمون‌های گیاهی و افزایش فعالیت آنزیم‌ها می‌توانند رشـد گیاه و رشـد ریشه را تشدید کنند، در نتیجه ظرفیت جذب عناصر غذایی را بالا برده و شـــانس گیاه را در اجتناب از خشـــکی افزایش می‌دهند. هیف‌های خارجی میکوریز، اصـــلی‌ترین عامل در تامین کربن در خاک محســـوب می‌شـــوند (Barea *et al.*, 2005). Bettaieb و همکاران (2009) گزارش کرده‌اند که کمبود آب تاثیر معنی‌داری بر رشد، اسیدهای چرب و عملکرد اسانس مریم‌گلی (*Salvia officinalis*) دارد. همچنین بیشترین درصد اسانس در ریحان (Moeini Alishah *et al.*, 2006) و بالاترین عملکرد اســـانس و ترکیب های آن در مریم‌گلی (Bettaieb *et al.*, 2009) در رژیم آبی متوسط مشاهده گردیده است.

نتایج پژوهش انجام گرفته نشـــان داد که تعداد هاگ‌ها و درصد آغشتگی قارچ‌های میکوریز با ریشه جعفری معطر در اوایل فصـل تابسـتان به علت افزایش دما و رطوبت بیشـتر از بهار بود. این نتایج با پژوهش رامک و همکاران (1395) همزیســـتی قارچ‌های میکوریز آربوســـکولار با گیاه دارویی آویشن کوهی در فصل‌های بهار و پاییز و ارتباط آن با عناصر خاک در حوزه آبخیز نوژیان لرســـتان مطابقت داشـــت. Soleymaniو Pirzad (2015) گزارش کردند که قارچ های میکوریز آربوسکولار در شرایط تنش آب سبب افزایش بازده جذب آب در گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis*) و مقاومت آن در برابر تنش‌های محیطی شـده اسـت. از آنجایی که در شـــریط تنش، تولید هاگ افزایش می‌یابد و با توجه به اقلیم منطقه آبشار سلوک که از اواسط بهار تا اویل پاییز، دوره نیمه خشـکی و کاهش بارندگی بر رویشـگاه حاکم می‌شـود، افزایش هاگ‌ها در فصل تابستان می‌تواند پاسخ تعدیل‌کننده به تنش کم‌آبی منطقه سلوک در فصل گرم تابستان باشد (ربیعی و خارا، 1392). در مطالعه‌ای افزایش درصد همزیستی قارچ‌های میکوریز آربوســـکولار با ریشـــه گیاه ریحان (*Ocimum gratissimum*) سبب شده است تا تحمل این گیاه در مقابل تنش ناشی از کمبود آب افزایش یابد. افزایش حجم ریشه و با جذب بیشـتر آب و املاح توسـط ریسـه قارچ‌های میکوریز آربوسـکولار و نیز افزایش ترکیبات فنلی ناشـی از همزیسـتی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار به گیاهان چه در شرایط تنش

آب و چه شـــرایط عادی کمک می‌کند تا از رشـــد بهتری برخوردار باشند (Hazzoumi *et al.*, 2015).

طبق یافته‌های پژوهشی، افزایش رشد ریشه‌های میکوریزی ناشی از افزایش جذب فسفر است، یعنی میزان فسفر خاک در میکوریزی شدن گیاه تاثیر دارد و غلظت زیاد فسفر در خاک از میکوریزی شدن گیاه و در نتیجه افزایش رشد حاصل از این همزیستی جلوگیری می‌کند (Marschner & Dell, 1996). نتایج به‌دست آمده از پژوهش نشـان داد که با کاهش میزان فسـفر خاک ریزوسـفر گیاه دارویی جعفری معطر بر میزان آغشتگی و همزیستی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار با ریشه این گیاه دارویی افزوده می‌شود. همچنین نتایج بررسی حاضر با گزارش‌های ربیعی و خارا (1392) و سـلیمانی (2015) نیز همخوانی دارد. فسفر در مقایسه با نیتروژن نسبتا غیرمتحرک است. معمولا تنها درصد اندکی از فسفر خاک در دسترس گیاه قرار می‌گیرد، درحالی‌که بیش از 80 درصد آن می‌تواند به‌طور موثری از طریق واکنش‌های رسوبی در خاک یا جذب توسط ذرات معدنی یا مواد آلی خاک، دور از دسترس گیاه قرار گیرد (Plante, 2007). قارچ‌های میکوریز آربوسـکولار نقش مهمی در جبران کمبود فسفر از طریق جلوگیری از شستشوی فسفر در خاک‌هایی که در معرض شستشو هستند، بازی می‌کنند. آنها می‌توانند جذب فسـفر توسـط گیاه را بهبود و اتلاف فسـفر غیرآلی از طریق شـسـتشـو را تعدیل کنند (Bender *et al.*, 2015). به نظر می‌رسـد حضـور قارچ‌های میکوریز و همزیسـتی آن با گیاه دارویی جعفری معطر سـبب افزایش استقرار این گیاه در عرصه‌های طبیعی شده است. گمان می‌رود میسلیوم‌های برون ریشه‌ای با ترشح اسیدهای آلی حل‌کننده فسـفات‌های نامحلول نظیر اسـید مالیک به ریزوسـفر، جذب فسفر گیاه را افزایش دهد. در بررسی‌ها مشخص شده که به طور کلی میکوریز اثرات مثبتی روی اسـتقرار، بقا و رشـد بسیاری از گونه‌های آزمایشی داشته و احیا پوشش گیاهی را در شرایط طبیعی بهبود می‌بخشد (Barea, 2011).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد کاهش مقدار نیتروژن خاک موجـب افزایش معنی‌دار تعـداد هـاگ قـارچ‌هـای میکوریز آربوسـکولار و آغشـتگی این قارچ‌ها با ریشـه گیاه دارویی جعفری معطر می‌شـود. این یافته با پژوهش‌های متعددی از جمله Fellbaum و همکاران (2014) مطابقت دارد. قارچ‌های میکوریز آربوسکولار می‌توانند نیتروژن را از آمونیم، نیترات و آمینواسـیدها جذب نمایند (Cavagnaro *et al.*, 2011). این نوع میکوریز به‌دلیل افزایش جذب بیشـتر نیتروژن، آب و مواد معدنی موجب افزایش ارتفاع، وزن خشک برگ، وزن خشک سـاقه و تعداد شـاخه‌های گیاهان در شـرایط طبیعی نسـبت به زیسـت‌توده اندام زیرزمینی شـده اسـت (Dolatabadi *et al.*, 2012). هر چند هنوز سازوکار مولکولی جذب نیتروژن توسط قارچ‌های میکوریز آربوسکولار به‌طور کامل شناسایی نشـده اسـت، اما شـناسـایی آنزیم گلوتامین سـنتتاز قارچی و ژن‌های نیترات ردوکتاز در قارچ‌های میکوریز آربوسـکولار از نقش این قارچ‌ها در جذب شکل‌های معدنی نیتروژن به خوبی پشـتیبانی می‌کند. این قارچ‌ها همچنین می‌توانند بر تبدیلات و چرخه نیتروژن تاثیر گذارند (Tian *et al.*, 2010).

بر اساس نتایج تحقیق حاضر، ضریب همبستگی منفی بین پتاسـیم قابل جذب با درصـد آغشـتگی قارچ‌های میکوریز آربوسـکولار و تعداد هاگ‌های خاک ریزوسـفر گیاه دارویی جعفری معطر وجود داشـت. اما آغشـتگی قارچ‌ها به جذب بیشـتر آب، پتاسـیم و مواد معدنی به گیاه کمک کرده و باعث افزایش زیست‌توده و رشد گیاه در شرایط طبیعی شده است. تاثیر فصل بر میزان رشد و تنش‌های فیزیولوژیک مانند نزدیک شـدن به دوره بذردهی در فصـل پاییز می‌تواند میزان جذب پتاسـیم و همزیسـتی میکوریزی را تحت تاثیر خود قرار دهد (Querejeta *et al.*, 2007؛ Vinichuk *et al.*, 2010). ایـن موضوع نشان می‌دهد که گونه بومی مناسب میکوریز به جذب بیشتر آب، مواد غذایی، پتاسیم، فسفر، نیتروژن و مواد معدنی به گیاه کمک بیشتری کرده و در نتیجه زیست‌توده و رشد گیاه را نسبت به گیاهان شاهد افزایش و استقرار آنها را در شرایط سخت محیطی بهبود می‌بخشد (Nautiyal *et al.*, 2010).

نتایج آنالیز نشان داد ماده آلی خاک همبستگی معنی‌داری با درصـد آغشـتگی قارچ‌های میکوریز آربوسـکولار و تعداد هاگ‌های موجود در ریزوسـفر گیاه دارویی جعفری معطر دارد. Minggui و همکاران (2012) نیز با بررسـی قارچ‌های میکوریزی نشـان دادند که فراوانی این قارچ‌ها با کربن آلی نیز اثر مثبت دارد. با رشد ریسه‌های خارجی قارچ‌های میکوریز به

درون خاک، یک ساختار اسکلتی در خاک ایجاد می‌شود که اجزای خاک را کنار هم نگه می‌دارد و سبب تشکیل ریزخاکدانه‌ها می‌شود. ریزخاکدانه‌ها بهره‌برداری مستقیم از منابع کربنی خاک را برای گیاه تسهیل می‌کنند (Miller & Jastrow, 2000). بنابراین می‌توان گفت کاهش حاصلخیزی خاک تاثیر مثبتی بر فراوانی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار دارد.

نتایج نشان داد بین اسیدیته خاک و درصد آغشتگی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار اثر معنی‌دار وجود دارد. همچنین تعداد هاگ‌های موجود در خاک اطراف ریشه گیاه اثر معنی‌داری با میزان اسیدیته خاک از خود نشان نداد. شوری خاک همبستگی معنی‌داری با درصد آغشتگی و تعداد هاگ‌ها از خود نشان داد. همچنین وزن خشک گیاه با تعداد هاگ‌های موجود در ریزوسفر و درصد آغشتگی اثر مثبت داشته است که با یافته‌های احمدی خویی و شبانی (1394) در گیاه نعناع سبز (*Mentha spicata*) مطابقت داشته است.

نتایج پژوهش حاضر حاکی از آن است درصد آغشتگی و تعداد هاگ‌های قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در شرایط طبیعی بر عملکرد و میزان اسانس گیاه دارویی جعفری معطر تاثیرگذار و معنی‌دار است. نتیجه بررسی حاضر با نتایج رامک و همکاران (1395) بر روی گیاه آویشن کوهی (*Thymus kotschyamus*) و امیری (1395) بر روی گیاه جعفری (*Chaerophyllum macropodum*) در یک راستا است. بنابراین متابولیت های ثانویه گیاهان (اصلی‌ترین جنبه فیزیولوژی و بیوشیمی گیاهان دارویی) تحت تاثیر عوامل محیطی به‌ویژه اثرات همزیستی و کمبود آب قرار می‌گیرند (Petropoulos *et al.*, 2008). درحالی‌که به نظر می‌رسد درصد آغشتگی و تعداد هاگ‌های میکوریز با افزایش پایداری غشا سلولی در تعدیل تنش‌های محیطی و همچنین بازده مصرف آب در شرایط طبیعی موثر بوده‌اند.

منابع

احمدی خویی، م. و شبانی، ل. (1394) تأثیر تلقیح دو گونه قارچ میکوریز آربوسکولار بر بیان ژن لیمونن‌سنتاز در ژنوتیپ‌های نعنا سبز (*Mentha spicata*). زیست‌شناسی گیاهی ایران. 7(23): 62-51.

امیری، ه. (1393) شناسایی ترکیبهای تشکیل دهنده اسانس و بررسی ساختارهای ترشحی گیاه *Chaerophyllum macropodum*. پژوهش‌های گیاهی (زیست‌شناسی ایران). 27(3): 362-356.

جعفری حقیقی، م. (1382) روش‌های تجزیه خاک. چاپ اول، انتشارات ندای ضحی. ساری، 240صفحه.

رامک، پ.، ترکاشوند، س. و رضوی‌زاده، ر. (1395) همزیستی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار با گیاه دارویی آویشن کوهی در فصل‌های بهار و پاییز و ارتباط آن با عناصر خاک در حوزه آبخیز نوژیان لرستان. زیست‌شناسی گیاهی ایران، 8(28): 46-31.

ربیعی، م. و خارا، ج. (1392). بررسی ارتباط تعداد اسپور قارچهای میکوریز وزیکولار آربوسکولار با برخی ویژگیهای خاک در منطقه آبشار سلوک ارومیه. دومین همایش ملی تغییر اقلیم و تاثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست. ارومیه، شهریور: 3051-3047.

زرین‌کفش، م. (1376) مبانی علوم خاک در ارتباط با گیاه و محیط. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی. تهران، 808 صفحه.

سلیمانی، ف. (1394) اثر *fungi symbiosis* روی اکوفیزیولوژی و پارامترهای بیوشیمیایی در *Hyssopus officinalis* در شرایط کمبود آب. پایان‌نامه دکتری، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، 215 صفحه.

Barea, J.M. (2011) Mycorrhizal Research in Spain: past, present and future. In: M. Megías, R. Rivilla, P. Mateos, M. Leon, M.J. Delgado, E. Gonzalez, M.J. Soto, B. Rodelas and E.J. Bedmar (Eds.), Fundamentals and applications of agro-environmental beneficial plant-microbe interactions SEFIN. In press.

Barea, J.M., Pozo, M.J., Azcon, R. and Azcon, C. (2005) Microbial co-operation in the rhizosphere. Journal of Experimental Botany, 56(417): 1761-1778.

Bender, S.F., Conen, F. and Van der Heijden, G. (2015) Mycorrhizal effects on nutrient cycling, nutrient leaching and N_2O production in experimental grassland. Soil Biology and Biochemistry, 80: 283-292.

Bettaieb, I., Zakhama, N., Aidi Wannes, W., Kchouk, M.E. and Marzouk, B. (2009) Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. Scientia Horticulturae, 120(2): 271-275.

Bhardwaj, S., Dudeja, S.S. and Khurana, A.L. (1997) Distribution of vesicular-arbuscular mycorrhizal

Nautiyal, C.S., Chauhan, P.S., Das Gupta, S.M., Seem, K., Varma, A. and Staddon, W.J. (2010) Tripartite interactions among *Paenibacillus lentimorbus* NRRLB-30488, *Piriformospora indica* DSM11827, and *Cicer arietinum* L. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 26(8): 1393-1399.

Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S. and Dean, L.A. (1954) Estimation of available P in soils by extraction with sodium bicarbonate. United States Department of Agriculture, United States, 939:19 p.

Pandey, V., Verma, R.S., Chaudan, A. and Tiwari, R. (2014) Compositional variation in the leaf, flower and stem essential oils of Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) from western-Himalaya. Journal of Herbal Medicine, 4(2): 89-95.

Panwar, J. and Tarafdar, J.C. (2006) Arbuscular mycorrhizal fungal dynamics under Mitragyna parvifolia (Roxb.) Korth. in Thar Desert. Applied Soil Ecology Journal, 34(2-3): 200–208.

Petropoulos, S.A., Daferera, D., Polissiou, M.G. and Passam, H.C. (2008) The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley. Scientia Horticulturae, 115(4): 393-397.

Peterson, R.L., Massicotte H.B. and Melville, L.H. (2004) Mycorrhizas: Anatomy and cell biology. NRC Research Press, Ottawa/CABI Publishing, Wallingford, 173 p.

Phillips, J.M. and Hayman, D.S. (1970) Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society, 55(1): 158-161.

Plante, A.F. (2007) Soil biochemical cycling of inorganic nutrients and metals. In: E.A. Paul (Eds.). Soil microbiology, ecology and biochemistry. Berlin, Springer Verlag: 389-432.

Querejeta, J.I., Allen, M.F., Alguacil, M.M. and Roldán, A. (2007) Plant isotopic composition provides insight into mechanisms underlying growth stimulation by AM Fungi in a semiarid environment. Functional Plant Biology, 34(8): 683-691.

Redecker, D., Kodner, R. and Graham, L.E. (2000) Glomalean fungi from the Ordovician. Science Journal, 15(289): 1920-1921.

Smith, S.E., Facelli, E., Pope, S. and Smith, A. (2010) Plant performance in stressful environments: Interpreting new and established knowledge of the roles of arbuscular mycorrhizas. Plant and Soil, 326(1-2): 3-20.

Tian, C., Kasiborski, B., Koul, R., Lammers, P.J., Beucking, H., Shachar, H. and Hill, Y. (2010) Regulation of the nitrogen transfer pathway in the arbuscular mycorrhizal symbiosis: Gene characterization and the coordination of expression with nitrogen flux. Plant Physiology, 153(3): 1175-1187.

Vestbery, M. (1995) Occurrence of some Glomales in Finland. Mycorrhiza Journal, 5: 329-336.

Vinichuk, M., Taylor, A.F.S., Rosén, K. and Johanson, K.J. (2010) Accumulation of potassium, rubidium and caesium (133Cs and 137Cs) in various fractions fungi in the natural ecosystem. Folia Microbial, 42(6): 589-594.

Cavagnaro, T.R., Gleadow, R.M. and Miller, R.E. (2011) Plant nutrient acquisition and utilization in a high carbon dioxide world. Functional Plant Biology, 38(2): 87-96.

Dolatabadi, H., Mohammadi Goltapeh, E., Moieni, A. and Varma, A. (2012) Evaluation of different densities of auxin and endophytic fungi (*Piriformospora indica* and *Sebacina vermifera*) on *Mentha piperita* and *Thymus vulgaris* growth. Journal of Biotechnology, 11(7): 1644-1650.

Fellbaum, C.R., Mensah, J., Cloos, A., Pfeffer, P., Strahan, G., Kiers, E.T. and Bücking, H. (2014) Fungal nutrient allocation in common mycorrhizal networks is regulated by the carbon source strength of individual host plants. New Phytologist, 203(2): 646-656.

Fritz, M., Jakobsen, I., Langkjaer, M.F., Thordal-Christensen, H. and Pons-Kühnemann, J. (2006) Arbuscular mycorrhiza reduces susceptibility of tomato to *Alternaria solani*. Mycorrhiza Journal, 16(6): 413-419.

Gehring, C.A. and Connell, J.H. (2006) Arbuscular mycorrhizal fungi in the tree seedlings of two Australian rain forests: Occurrence, colonization, and relationships with plant performance. Mycorrhiza Journal, 16(2): 89-98.

Giovannetti, M. and Mosse, B. (1980) An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. New Phytologist, 84(3): 489-500.

Hazzoumi, Z., Moustakime, Y., Elharchli, E.H. and Joutei, K.A. (2015) Effect of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and water stress on growth, phenolic compounds, glandular hairs, and yield of essential oil in basil (*Ocimum gratissimum* L.). Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 10(2): 1-11.

Moeini Alishah, H., Heidari, R., Hasani, A. and Asadi Dizaji, A. (2006) Effect of Water Stress on Some Morphological and Biochemical Characteristics of Purple Basil. Journal of Biological Sciences, 6(4): 763-767.

Kjeldahl, J.Z. (1883) A new method for the determination of nitrogen in organic bodies. Analytical Chemistry, 22(1): 366-383.

Kumar, T. and Ghose, M. (2008) Status of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in the Sundarbans of India in relation to tidal inundation and chemical properties of soil. Wetlands Ecology and Management, 16: 471-483.

Marschner, H. and Dell, B. (1996) Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Plant and Soil, 159: 89-102.

Miller, R.M. and Jastrow, J.D. (2000) Mycorrhizal fungi influence soil structure. In: Y. Kapulnik, and D.D. Douds (Eds.). Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function. Berlin, Springer Verlag: 3-18.

Minggui, G., Tang, M., Zhang, Q., and Feng, X. (2012) Effects of climatic and edaphic factors on arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of *Hippophae rhamnoides* in the Loess Plateau, China. Acta Ecologica Sinica, 32(2): 62-67.

of soil and fungi in a Swedish forest. Science Total Environment, 408(12): 2543-2548.

Walkey, A. and Black, I.A. (1934) An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science, 37(1): 29-38.

Zeng, Y., Guo, L.P., Chen, B.D., Hao, Z.P. and Wang, J.Y. (2013) Arbuscular mycorrhizal symbiosis and active ingredients of medicinal plants: Current research status and prospective. Mycorrhiza Journal, 23(4): 253-265.

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 Journal, 22(2): 149-156.

Arbuscular mycorrhizal symbiosis of *Chaerophyllum macrospermum* in spring and summer, and its relation with soil mineral elements in rangelands of Urmia Soluk waterfall in Iran

Jalil Khara[1], Farogh Soleymani[*2]and Maasomeh Rabieae[3]

1) Associate Professor, Plant Biology Department, Faculty of Science, Urmia University, Iran.
2) Ph.D in Crops Ecology, Department of Environment Agency, Urmia, Iran. *Corresponding Author Email Address: soleymani.farogh@yahoo.com
3) M.Sc. in Plant Systematic and Ecology, Department of Environment Agency, Urmia, Iran.

Date of Submission: 2021/04/17 Date of Acceptance: 2021/07/21

Abstract

The symbiosis of plants with microorganisms and other living organisms helps maintain and sustain plant species. In this research, the effect of soil mineral elements with colonization and some soil characteristics on the population of arbuscular mycorrhizal fungal spores in rhizosphere of *Chaerophyllum macrospermum* in spring and summer season in rangelands of Urmia Soluk waterfall in 2018 was done. The statistical results show that season and station have a significant effect on the amount of AMF spores in the local rhizosphere of the plant. The percentage of mycorrhizal colonization in summer was higher (172.26%) than spring. Also, the number of spores in the soil, the percentage of symbiosis (as root length colonization) and seasonal factor had a significant effect on the essential oil yield of the plant and the highest yield of essential oil was observed in summer. By decreasing the amount of phosphorus in the rhizospheric soil, the colonization percentage was increased. The proper indigenous type of mycorrhiza helps to absorb water, nutrients, potassium, phosphorus and nitrogen of the plant, which has resulted in increased plant life and growth under severe environmental conditions. Considering the importance of mycorrhizal symbiosis and its interaction with soil mineral elements, this information can be effective in the development of cultivation of medicinal plant *Chaerophyllum macrospermum*.

Keywords: *Chaerophyllum macrospermum*, Colonization, Essential oil, Mineral elements, Mycorrhiza.