Archive of SID

زیست‌شناسی گیاهی ایران، سال هشتم، شماره بیست و هشتم، تابستان ۱۳۹۵، صفحه ۳۱-۴۶
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۱/۱۷
تاریخ بررسی مجدد: ۱۳۹۵/۰۱/۱۷
تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۰۴/۱۹

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

پروین رامک [۱]*، سوسن ترکاشوند [۲] و رؤیا رضوی‌زاده [۲]
[۱] مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، خرم‌آباد، ایران
[۲] گروه زیست‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران ۳۶۹۷- ۱۹۳۹۵، ج. ا. ایران

چکیده
قارچ‌های میکوریز آربوسکولار، مهم‌ترین میکروارگانیسم‌های خاک هستند که نقش مهمی در حاصلخیزی خاک دارند. در تحقیق حاضر، همبستگی عناصر غذایی خاک با کلونیزاسیون و تعداد اسپور قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در ریزوسفر گیاه دارویی آویشن کوهی (*Thymus kotschyamus* Boiss.& Hohen) طی فصل‌های بهار و پاییز در سه ایستگاه از آبخیز نوژیان (تاف، وارک و کوه کلا) بررسی شد. همچنین، تأثیر این همزیستی بر رشد و عملکرد اسانس گیاه دارویی آویشن کوهی ارزیابی شد. نتایج نشان داد که مقدار منیزیم خاک همبستگی مثبت با تعداد اسپورهای خاک (۰/۸۴+) و کلونیزاسیون ریشه (۰/۹۲+) داشت، اما مواد آلی خاک همبستگی معنی‌داری با مقدار اسپورهای موجود در خاک و نیز کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریز آربوسکولار با ریشه گیاه دارویی آویشن کوهی نشان نداد. کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریز آربوسکولار همبستگی معنی‌دار و مثبت با وزن خشک اندام هوایی (۰/۷۹+) داشت. همچنین، تعداد اسپورهای موجود در خاک و درصد کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریز آربوسکولار همبستگی مثبت با عملکرد اسانس به ترتیب به میزان ۰/۹۱ + و ۰/۹۳ + داشت. با توجه به اهمیت همزیستی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار و تعامل آن با عناصر غذایی خاک، این اطلاعات می‌تواند در برنامه‌های توسعه کشت گیاهان دارویی مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: آویشن کوهی (*Thymus kotschyamus*)، اسپور، عناصر خاک، قارچ‌های میکوریز آربوسکولار، کلونیزاسیون

مقدمه

گیاهان یکی از مهم‌ترین مباحث فیزیولوژی نوین است (Bender *et al.*, 2015). قارچ‌های میکوریز بررسی همزیستی میکروارگانیسم‌های خاک با ریشه

* نگارنده مسؤول: نشانی پست الکترونیک: ramak@rifr-ac.ir، شماره تماس: ۰۶۶۳۳۳۰۲۰۸۰

Copyright©2016, University of Isfahan. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/BY-NC-ND/4.0), which permits others to download this work and share it with others as long as they credit it, but they cannot change it in any way or use it commercially.

www.SID.ir

Archive of SID

آربوسکولار، رایج‌ترین نوع همزیستی مسالمت‌آمیز بین میکروارگانیسم های خاک‌زی و گیاهان است و تقریباً بیش از ۸۰ درصد گونه‌های گیاهی همزیست با قارچ های میکوریز آربوسکولار هستند. به دلیل آثار بسیار مفیدی که قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در رشد و نمو گیاهان و افزایش مقاومت آنها به شرایط نامساعد دارند (Schüßler *et al.*, 2001)، مورد توجه بسیاری از پژوهشگران هستند. همزیستی میکوریزی نقش بسیار مهمی در پایداری و توسعه جوامع گیاهان ایفا می کند. قارچ های همزیست میکوریزایی اثر کیفی مثبت بر رشد و تغذیه گیاه میزبان دارند و جذب عناصر نیتروژن (N)، فسفر (P)، سولفور (S)، پتاسیم (K)، منیزیم (Mg)، کلسیم (Ca)، منگنز (Mn) و آهن (Fe) 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.*, 2010; 2012). میزان همزیستی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار با گیاهان، بستگی فراوانی با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک ریزوسفر ریشه گیاهان دارد و درک سازوکار تأثیر عوامل فیزیکی و شیمیایی مختلف خاک (اسیدیته، عناصر معدنی و آلی، بافت) بر چگونگی همزیستی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار، در مدیریت اکوسیستم های طبیعی و زراعی گیاهان دارویی بسیار حایز اهمیت است (Rillig and Mummey, 2006؛ Carrenho *et al.*, 2007). 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 یک سو 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 نسبتاً خوبی که در زمینه همزیستی قارچ های میکوریز آربوسکولار با گیاهان زراعی و باغی صورت گرفته و تکنولوژی استفاده از آنها برای بهبود کیفیت و کمّیت این دسته از گیاهان کاربردی شده است، اما در خصوص گیاهان دارویی این تحقیقات تنها به چند گیاه محدود است (Zeng *et al.*, 2013) و البته در مورد اثر همزیستی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بر پراکنش گیاهان دارویی در عرصه‌های طبیعی، تعداد مطالعات به مراتب کمتر است. قارچ های میکوریز آربوسکولار به دلیل نقش تنظیم‌کنندگی که به عنوان کودهای زیستی و افزایش جذب بعضی از عناصر درشت و ریز مغذی دارند و با راه‌اندازی مسیرهای پیام‌رسانی (signaling)، سبب افزایش قدرت حیات (viability) 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 کم‌آبی می‌شوند. بنابراین، در استقرار و گسترش گیاهان دارویی در رویشگاه‌های طبیعی نقش مهم و حیاتی (critical effect) دارند (Ghanta *et al.*, 2013). مستندات علمی نشان داده است که همزیستی میکوریزی نقش مهمی در پایداری و توسعه جوامع گیاهان دارویی در اکوسیستم‌های نیمه‌استپی، خشک و کوهستانی و مناطق کویری که فشارهای گوناگون فیزیکی و اکولوژیک بر آنها حاکم است، ایفا می کنند (Barea *et al.*, 2011).

www.SID.ir

Archive of SID

آبخیز نوژیان با مساحت ۳۴۰۰۰ کیلومتر مربع در جنوب‌شرقی شهرستان خرم‌آباد قرار دارد و یکی از عمده‌ترین رویشگاه‌های آویشن کوهی در استان لرستان است. از آنجا که آویشن کوهی یکی از پُرمصرف‌ترین گیاهان دارویی است، متأسفانه به دلیل برداشت بی رویه بیشتر رویشگاه‌های این گیاه به شدت تهدید شده‌اند (Mehrnia and Ramak, 2014). یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های حاکم بر زراعت گیاهان دارویی شناخت ویژگی‌های زیستی خاک و ایجاد شرایط بهینه کاشت است (Lombini *et al.*, 1999). بنابراین، شناخت فیزیولوژی همزیستی میکروارگانیسم‌ها در ریزوسفر ریشه گیاهان دارویی می‌تواند در استقرار و گسترش کشت گیاهان دارویی به کار گرفته شود.

مواد و روش‌ها

منطقه نمونه‌برداری: منطقه نوژیان بین طول جغرافیایی ´۲۳ °۴۸ تا ۴۰ °۴۸ طول شرقی و ´۱۷ °۳۳ تا ´۶۰ °۳۳ عرض شمالی در استان لرستان در حوزه آبریز سد دز واقع شده است. از شمال به کوه کلا، از شمال‌شرق به کوه تاف، از شرق و جنوب‌شرقی به رودخانه دز و کوه چلن، از جنوب به کوه سرور و از غرب با کوه هشتاد پهلو محدود می‌گردد. بلندترین نقطه حوزه ۳۰۱۲ متر و کمترین ارتفاع ۷۷۰ متر و ارتفاع متوسط حوزه ۱۶۴۸ متر است. شیب متوسط حوزه برابر با ۲۹ درجه است. تفاوت های توپوگرافیک باعث ایجاد میکروکلیماهای مختلف و تنوع پوشش گیاهی در منطقه نوژیان شده است.

نمونه‌برداری از خاک و گیاه: نمونه‌برداری‌ها از گیاه دارویی آویشن کوهی و خاک اطراف ریشه، در سه ایستگاه کوه کلا (عرض شمالی: ″38 ′16 °33؛ طول شرقی: ″50 ′34 °48) با ارتفاع ۲۵۲۱ متر؛ وارک (عرض شمالی: ″15 ′13 °33؛ طول شرقی: ′31 °48 ″10) با ارتفاع ۱۸۴۱ متر و تاف (عرض شمالی: ″10 ′15 °33؛ طول شرقی: ″27 ′26 °48) با ارتفاع ۲۲۳۱ متر در فصل های بهار و پاییز با روش سیستماتیک تصادفی در طول ترانسکت‌های ۱۰۰ متری در چهار تکرار انجام شد.

نمونه خاک اطراف ریشه گیاهان، با کنار زدن خاک سطحی از عمق ۱۵ الی ۳۰ سانتی‌متری ریزوسفر هر گیاه برداشته شد. نمونه‌ها در کیسه‌های پلاستیکی برای بررسی‌های خاک‌شناسی و جداسازی اسپور قارچ‌های میکوریز آربوسکولار به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه، نمونه‌های خاک در دمای محیط به مدت ۴۸ ساعت خشک و تا زمان بررسی در دمای ۴ درجه سانتیگراد نگهداری شد. ریشه‌های نازک مربوط به هر گیاه در محل نمونه‌برداری جدا شد و در قوطی فیلم‌های محتوی تثبیت‌کننده FAA (فرم‌آلدهید-الکل اتیلیک-استیک اسید) قرار گرفته و به آزمایشگاه منتقل شد.

استخراج اسپور قارچ‌های میکوریز آربوسکولار از نمونه های خاک: برای جداسازی اسپورها، از روش الک مرطوب و سانتریفیوژ با شیب غلظت سوکروز استفاده شد. اسپورها روی کاغذ صافی جمع‌آوری و روی کاغذ شطرنجی زیر بینوکولر با درشت‌نمایی ۳۰ تا ۵۰ برابر شمارش شدند و میانگین تعداد اسپورهای مربوط به ۴ تکرار برای هر نمونه خاک محاسبه شد. شایان ذکر است که از اسپورهای سیاه در شمارش و جداسازی استفاده نشد (Fritz *et al.*, 2006).

تهیه برش‌های میکروسکوپی و تعیین درصد

www.SID.ir

Archive of SID

کلونیزاسیون ریشه: برش طولی از ریشه‌های نازک با دست انجام شد. با استفاده از محلول KOH ۱۰ درصد و پراکسید هیدروژن قلیایی (H_2O_2) ابتدا بی‌رنگ، سپس با لاکتوفنل-کاتن بلو رنگ‌آمیزی شدند تا ساختارهای قارچی نظیر وزیکول، آرباسکول و هیف‌های بین و درون سلولی مشخص شوند (Phillips and Hyman, 1970). درصد آلودگی ریشه به قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بر اساس وجود یا عدم وجود ساختمان‌های میکوریزی (هیف، آربسکول، وزیکول و یا اسپورهای داخلی) در صد قطعه از هر نمونه و در چهار تکرار به صورت درصد محاسبه و متوسط آن گزارش شد (Giovannetti and Mosse, 1980).

بررسی‌های خاک‌شناسی: برای اندازه‌گیری اسیدیته خاک از دستگاه pH متر (مدل 744، شرکت Metrohm، سوییس) و برای اندازه‌گیری شوری خاک از دستگاه کنداکتومتر (مدل HI2030، شرکت Hanna، آمریکا) استفاده شد (Zarrin Kafsh, 1999). فسفر قابل جذب با روش Olsen و همکاران (۱۹۵۴) و منیزیم با روش تیترومتری سنجیده شدند. برای اندازه‌گیری ماده آلی از روش Walkey و Black (۱۹۳۴) و درصد آهک خاک با روش تیتراسیون تعیین گردید. درصد ازت کل خاک با روش هضم Kjeldahl (۱۸۳۳) و میزان پتاسیم قابل جذب به وسیله دستگاه فلیم‌فتومتر (مدل FP8800، شرکت Kruss، آلمان) سنجیده شد. بافت خاک با روش هیدرومتری سنجش شد (Jafari Haghighi, 2004).

سنجش صفات رویشی و عملکرد اسانس: در فصل بهار، پیش از مرحله گل‌دهی و در فصل پاییز پس از مرحله گل‌دهی در هر یک از ایستگاه‌ها در طول ترانسکت‌های ۱۰۰ متری با چهار تکرار که در هر تکرار ۵ بوته به صورت تصادفی انتخاب شد. برخی از ویژگی‌های رویشی گیاه شامل: ارتفاع اندام هوایی، قطر تاج پوشش هر بوته، وزن تر اندام هوایی و وزن خشک اندام هوایی ثبت شد. سرشاخه‌های گیاهان پس از خشک شدن در سایه، آسیاب و اسانس موجود در آنها با استفاده از دستگاه کلونجر به مدت سه ساعت، استخراج شد. عملکرد اسانس بر حسب درصد وزنی محاسبه گردید.

تحلیل آماری: تجزیه واریانس داده‌ها بر اساس طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ انجام شد. میانگین‌ها با روش دانکن در سطح معنی‌داری $P<0.05$ مقایسه و ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شد. نتایج در جداولی تنظیم یا در محیط Excel نسخه ۲۰۰۳ به صورت نمودار نمایش داده شد.

نتایج

همان طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، بیشترین میزان ماده آلی در خاک ایستگاه تاف و در فصل پاییز (۰/۲۳ درصد) مشاهده شد و کمترین میزان ماده آلی مربوط به خاک ایستگاه کوه کلا در فصل بهار (۰/۶۶ درصد) بود.

در مجموع، خاک ایستگاه‌های مورد مطالعه در فصل بهار از میزان فسفر قابل جذب بیشتری برخوردار بودند. خاک ایستگاه وارک بیشترین مقدار پتاسیم قابل جذب را در فصل بهار داشت (۳۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کمترین میزان پتاسیم مربوط به خاک ایستگاه کوه کلا در فصل پاییز بود (۲۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم). بیشترین

www.SID.ir

Archive of SID

درصد نیتروژن کل در فصل بهار و ایستگاه تاف (۰/۵۶ درصد) مشاهده شد؛ اما درصد منیزیم موجود در خاک ایستگاه‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری نداشت. خاک ایستگاه تاف میزان آهک کمتری نسبت به خاک دیگر ایستگاه‌ها داشت اما میزان آهک خاک تفاوت معنی‌داری در فصل‌های بهار و پاییز نداشت.

اسیدیته خاک مناطق مورد مطالعه بین ۷/۵ تا ۸ متغیر بود و بیشترین مقدار اسیدیته مربوطه به خاک‌های ایستگاه کوه کلا در فصل بهار بود (اسیدیته برابر با ۸). شوری خاک در فصل بهار بیشتر از فصل پاییز بود و خاک ایستگاه وارک بیشترین مقدار شوری را داشت (۰/۹۸ دسی‌زیمنس بر متر). تفاوت معنی‌داری در مقدار رس خاک ایستگاه‌های مختلف وجود نداشت. بیشترین مقدار سیلت در خاک ایستگاه تاف و در فصل پاییز (۳۴ درصد) مشاهده شد و خاک ایستگاه کوه کلا بیشترین میزان شن (۵۱ درصد) را در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها داشت.

میزان اسپور خاک و درصد کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریز آربوسکولار با ریشه آویشن کوهی: تجزیه واریانس داده نشان داده که دو عامل فصل و ایستگاه اثر معنی‌داری ($P<0.01$) بر مقدار اسپور قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در محیط ریزوسفر گیاه دارویی آویشن کوهی (*Thymus kotschyanus*) داشته‌اند. همچنین، اثر متقابل فصل و ایستگاه بر تعداد اسپورهای خاک معنی‌دار بود ($P<0.01$) (جدول ۲). تعداد اسپورها در فصل پاییز بیشتر از بهار بود (جدول ۳) و در ایستگاه تاف به حداکثر (۱۳۷/۳) رسید (شکل ۱-A).

دو عامل فصل و ایستگاه بر درصد کلونیزاسیون ریشه آثار معنی‌داری داشتند، اگر چه اثر متقابل فصل و ایستگاه بر درصد کلونیزاسیون ریشه معنی‌دار نبود ($P<0.01$) (جدول ۲). درصد کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریز آربوسکولار با ریشه گیاه دارویی آویشن کوهی، در فصل پاییز بیشتر از بهار بود (جدول ۳) و گیاهان ایستگاه تاف بیشترین میزان درصد کلونیزاسیون (۴۱/۹ درصد) را داشتند (شکل ۱-B).

مؤلفه‌های رویشی و عملکرد اسانس آویشن کوهی: دو عامل ایستگاه و فصل آثار معنی‌داری بر روی وزن تر و خشک گیاه دارویی آویشن کوهی داشتند، اگرچه اثر متقابل فصل و ایستگاه روی این صفات معنی‌دار نبود (جدول ۲). وزن تر و خشک در فصل پاییز بیشتر از فصل بهار بود (جدول ۳). حداقل وزن تر در ایستگاه وارک (۱۸۴ گرم) و حداکثر وزن تر در ایستگاه‌های تاف و کوه کلا به ترتیب ۲۵۶ و ۲۳۶ گرم ثبت شد (شکل ۱-C و D).

قطر تاج پوشش گیاه دارویی آویشن کوهی نیز تحت تأثیر معنی‌دار فصل و ایستگاه قرار داشت ($P<0.01$)، اما اثر متقابل فصل و ایستگاه بر قطر تاج پوشش این گیاه معنی‌دار نبود (جدول ۲). بیشترین مقدار تاج پوشش در فصل پاییز ثبت شد (جدول ۳). گیاهانی که در ایستگاه‌های تاف و کوه کلا رویش داشتند، حداکثر قطر تاج پوشش را داشتند (شکل ۱-E).

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که عامل فصل اثر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه دارویی آویشن کوهی ندارد، اما ایستگاه اثر معنی‌داری بر ارتفاع این گیاه داشت ($P<0.01$). همچنین، اثر متقابل فصل و ایستگاه بر میزان ارتفاع گیاه دارویی آویشن کوهی معنی‌دار نبود (جدول ۲). گیاهانی که در ایستگاه وارک رویش داشتند،

www.SID.ir

Archive of SID

بیشترین ارتفاع را داشتند و حداکثر ارتفاع در ایستگاه وارک (۱۶/۲ سانتی‌متر) ثبت شد (شکل ۱-F).

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که عامل فصل اثر معنی‌داری بر عملکرد اسانس گیاه دارویی آویشن کوهی داشت، اما ایستگاه اثر معنی‌داری بر عملکرد اسانس آویشن کوهی نداشت (P<0.01) (جدول ۲). بیشترین عملکرد اسانس برای گیاه دارویی آویشن کوهی به میزان ۰/۹ در فصل پاییز ثبت شد (جدول ۳).

جدول ۱- مقایسه میانگین ویژگی‌های خاک‌شناسی ایستگاه‌های وارک، تاف و کوه کلا در آبخیز نوژیان. مقادیر، میانگین ۴ تکرار ± SE است. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح P<0.05 است.

متغیر		مواد آلی (درصد)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	نیتروژن کل (درصد)	منیزیم (درصد)	آهک (درصد)
فصل	ایستگاه						
	وارک	۰/۸۲bc	۹/۸a	۳۲۵a	۰/۴۵b	۰/۳۷b	۴۸a
بهار	تاف	۰/۸۳bc	۱۰a	۲۹۰b	۰/۵۶a	۰/۴۱b	۳۴b
	کوه کلا	۰/۶۶d	۱۰a	۲۸۲b	۰/۴۷b	۰/۳۸b	۳۸ab
	وارک	۰/۹۳b	۵/۹c	۱۹۴d	۰/۲۴c	۰/۵۷a	۴۱ab
پاییز	تاف	۱/۲۳a	۶/۹bc	۲۰۹cd	۰/۲۵c	۰/۵۵a	۳۳b
	کوه کلا	۰/۷۹c	۸/۳ab	۲۱۵c	۰/۲۳c	۰/۶۱a	۳۹ab

متغیر		اسیدیته	شوری (dSm^{-1})	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)
فصل	ایستگاه					
	وارک	۷/۸abc	۰/۹۸a	۲۵a	۳۲ab	۴۳c
بهار	تاف	۷/۹ab	۰/۸۵a	۲۸a	۲۴bc	۴۸ab
	کوه کلا	۸a	۰/۸۹a	۲۶a	۲۳bc	۵۱a
	وارک	۷/۵c	۰/۶۱b	۳۱a	۲۳c	۴۶bc
پاییز	تاف	۷/۶bc	۰/۶۳b	۲۴a	۳۴a	۴۲c
	کوه کلا	۷/۸abc	۰/۶۸b	۲۹a	۲۰c	۵۱a

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر فصل و ایستگاه بر صفات مورد بررسی. ** در سطح ۱ درصد معنی‌دار است، * در سطح ۵ درصد معنی‌دار است، ns معنی‌دار نیست.

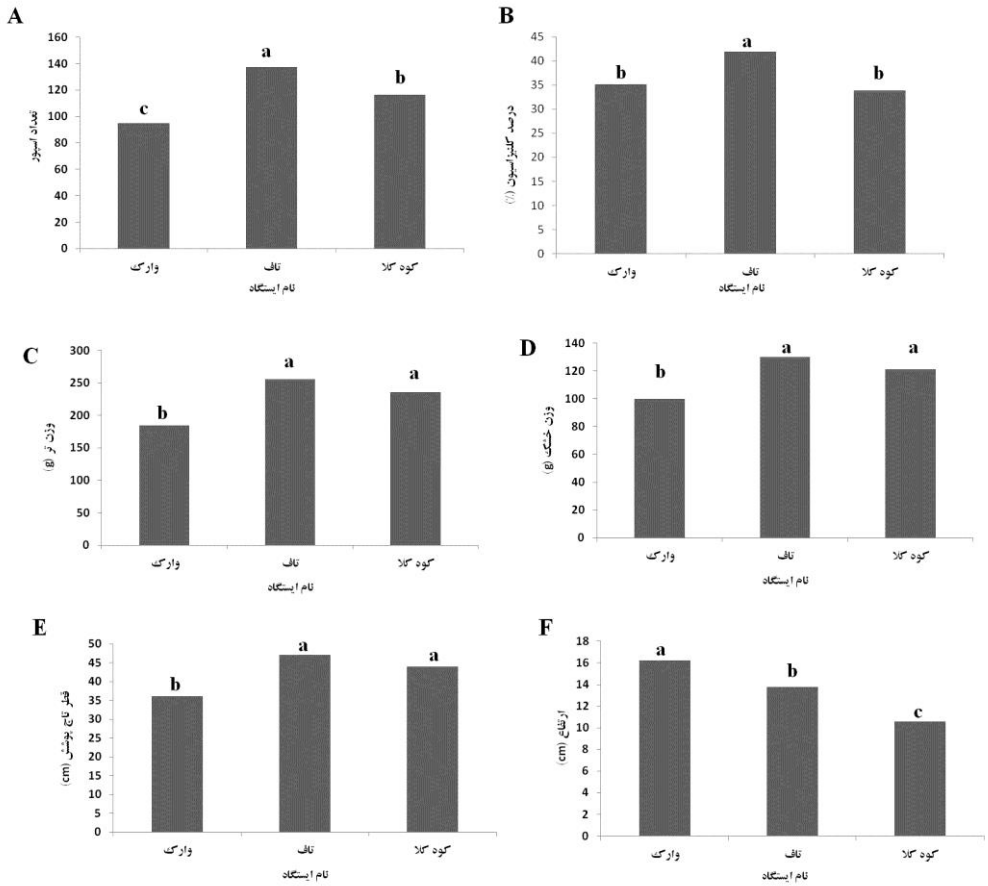
منبع تغییرات	درجه آزادی	تعداد اسپور خاک	کلونیزاسیون ریشه	وزن تر	وزن خشک	ارتفاع گیاه	قطر تاج پوشش	عملکرد اسانس
فصل	۱	۴۵۳۲۷**	۲۷۳۱**	۴۴۰۳۲**	۱۸۶۴۸**	۱/۰۴^{ns}	۳۱۲۸**	۰/۱۰۳**
ایستگاه	۲	۳۶۵۶**	۱۴۶**	۱۰۸۳۴**	۱۸۴۴**	۱۴۹/۶**	۲۵۹**	۰/۰۰۰^{ns}
اثر متقابل فصل و ایستگاه	۲	۲۲۵۷**	۱۵/۸^{ns}	۹۳۶^{ns}	۲۳۸^{ns}	۱/۷۹^{ns}	۶/۷^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}
اشتباه	۱۵	۱۸۰	۶/۶	۸۳۰	۱۸۰	۲/۲۴	۱۱	۰/۰۰۲

جدول ۳- مقایسه میانگین تعداد اسپور، درصد کلونیزاسیون، وزن تر، وزن خشک، تاج پوشش و عملکرد اسانس گیاه دارویی آویشن کوهی در فصل‌های بهار و پاییز. مقادیر، میانگین ۴ تکرار ± SE است. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح P<0.05 است.

متغیر	تعداد اسپور خاک	کلونیزاسیون (درصد)	وزن تر (گرم)	وزن خشک (گرم)	قطر تاج پوشش (سانتی‌متر)	عملکرد اسانس (درصد)
فصل بهار	۷۲/۶ b	۲۶/۳ b	۱۸۲/۳ b	۸۹/۲ b	۳۰/۸ b	۰/۷۷ b
فصل پاییز	۱۵۹/۵ a	۴۷/۷ a	۲۶۷/۷ a	۱۴۵ a	۵۳/۶ a	۰/۹۹ a

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- مقایسه میانگین تعداد اسپور (A)، درصد کلونیزاسیون (B)، وزن تر (C)، وزن خشک (D)، قطر تاج پوشش (E) و ارتفاع (F) گیاه دارویی آویشن کوهی در ایستگاه های مختلف نوژیان. مقادیر، میانگین ۴ تکرار ± SE است. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح $P<0.05$ است.

همبستگی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک با مقدار اسپور خاک و درصد کلونیزاسیون ریشه گیاه دارویی آویشن کوهی: همان گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، پتاسیم خاک با تعداد اسپورهای خاک و کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریزربوسکولار همبستگی منفی به ترتیب به میزان ۰/۸۵- و ۰/۹- داشت، اما مواد آلی خاک همبستگی معنی داری با تعداد اسپورهای موجود در خاک و نیز کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریزربوسکولار نداشت. میزان فسفر خاک و تعداد اسپورهای خاک همبستگی معنی‌داری نشان نداد، اما با درصد کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریز آربوسکولار همبستگی منفی (۰/۸۵-) داشت. همبستگی نیتروژن خاک و تعداد اسپورهای خاک معنی‌دار بود و همبستگی منفی به میزان ۰/۸۴- نشان داد، اما همبستگی منفی نیتروژن خاک و کلونیزاسیون ریشه قوی‌تر بود و به ۰/۹۸- رسید. منیزیم خاک همبستگی معنی‌دار با تعداد اسپورهای خاک و درصد کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریز آربوسکولار داشت و مقدار منیزیم خاک همبستگی مثبت برابر ۰/۸۴ با تعداد اسپورهای خاک

www.SID.ir

Archive of SID

داشت و با کلونیزاسیون ریشه نیز به میزان ۰/۹۲ همبستگی مثبت نشان داد. همبستگی عنصر کلسیم با تعداد اسپورهای خاک و نیز درصد کلونیزاسیون قارچ های میکوریز آربوسکولار با ریشه گیاه دارویی آویشن کوهی معنی‌دار نبود. همبستگی اسیدیته خاک و تعداد اسپورهای خاک معنی داری نبود اما همبستگی اسیدیته خاک با درصد کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریز آربوسکولار معنی‌دار بود (r=-۰/۸۵).

میزان شوری خاک با تعداد اسپورهای موجود در خاک اطراف ریشه و نیز درصد کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریز آربوسکولار به ترتیب ۰/۸۶- و ۰/۸۵- همبستگی نشان داد. بافت خاک از جمله درصد رس، سیلت وشن همبستگی معنی‌داری با تعداد اسپورهای خاک و نیز کلونیزاسیون قارچ های میکوریز آربوسکولار نشان ندادند.

همبستگی تعداد اسپور و کلونیزاسیون قارچ های میکوریز آربوسکولار با مؤلفه های رویشی و عملکرد اسانس: مطابق آن چه در جدول ۵ مشاهده می‌شود، تعداد اسپورهای موجود در خاک اطراف ریشه گیاه دارویی آویشن کوهی با وزن تر، وزن خشک و تاج پوشش گیاه دارویی همبستگی مثبت معنی‌دار و قوی به ترتیب به میزان ۰/۹۶، ۰/۹۹ و ۰/۹۷ داشت، اما با ارتفاع گیاه همبستگی معنی‌داری نشان نداد.

درصد کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریز آربوسکولار همبستگی مثبت با وزن خشک (۰/۷۹+) و تاج پوشش (۰/۸۰+) گیاه دارویی آویشن کوهی داشت، اما با وزن تر و ارتفاع این گیاه همبستگی معنی‌داری نشان نداد. عملکرد اسانس با تعداد اسپورهای موجود در خاک همبستگی مثبت (۰/۹۱+) نشان داد و کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریز آربوسکولار همبستگی مثبت به میزان ۰/۹۳ با عملکرد اسانس داشت ($P<0.01$).

جدول ۴- ضریب همبستگی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک با تعداد اسپور، کلونیزاسیون ریشه و مؤلفه‌های رویشی. ** در سطح ۱ درصد معنی‌دار است، * در سطح ۵ درصد معنی‌دار است، ns معنی‌دار نیست.

	مواد آلی خاک	فسفر	پتاسیم	نیتروژن	منیزیم	آهک	اسیدیته	شوری	رس	سیلت	شن
تعداد اسپور خاک	۰/۷۷^{ns}	-۰/۷۴^{ns}	-۰/۸۵*	-۰/۸۴*	۰/۸۴*	-۰/۴۹^{ns}	-۰/۷۴^{ns}	-۰/۸۶*	-۰/۴۹^{ns}	۰/۱۹^{ns}	۰/۶۲^{ns}
کلونیزاسیون ریشه	۰/۳۹^{ns}	-۰/۸۵*	-۰/۹۰*	-۰/۹۸**	۰/۹۲**	-۰/۱۵^{ns}	-۰/۸۵*	-۰/۸۵*	-۰/۱۲^{ns}	۰/۱۹^{ns}	۰/۴۰^{ns}
وزن تر	۰/۶۶^{ns}	۰/۵۸^{ns}	۰/۷۹^{ns}	۰/۷۱^{ns}	۰/۸۱^{ns}	-۰/۶۶^{ns}	-۰/۵۷^{ns}	-۰/۸۱*	-۰/۴۵^{ns}	۰/۱۵^{ns}	۰/۷۸^{ns}
وزن خشک	۰/۶۸^{ns}	۰/۷۳^{ns}	۰/۸۸*	۰/۸۳*	۰/۸۹*	-۰/۵۶^{ns}	-۰/۷۱^{ns}	-۰/۸۹*	-۰/۳۸^{ns}	۰/۱۳^{ns}	۰/۷۰^{ns}
ارتفاع	۰/۴۱^{ns}	۰/۴۱^{ns}	۰/۱۳^{ns}	۰/۱۸^{ns}	۰/۱۶^{ns}	۰/۳۹^{ns}	-۰/۴۵^{ns}	-۰/۱۷^{ns}	-۰/۱۳^{ns}	۰/۴۱^{ns}	-۰/۷۷^{ns}
تاج پوشش	۰/۶۵^{ns}	۰/۷۲^{ns}	۰/۸۹*	۰/۸۴*	۰/۹۲**	-۰/۵۳^{ns}	-۰/۷۳^{ns}	-۰/۹۱*	-۰/۲۹^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۶۸^{ns}
عملکرد اسانس	-۰/۶۴^{ns}	۰/۸۹*	۰/۹۶**	۰/۹۶**	-۰/۹۷**	۰/۲۶^{ns}	۰/۹۱*	-۰/۹۴**	۰/۱۵^{ns}	۰/۰۴^{ns}	-۰/۴۵^{ns}

جدول ۵- ضریب همبستگی تعداد اسپور و میزان کلونیزاسیون ریشه با صفات مورد بررسی. ** در سطح ۱ درصد معنی‌دار است، * در سطح ۵ درصد معنی‌دار است، ns معنی‌دار نیست.

صفات	وزن تر	وزن خشک	ارتفاع	تاج پوشش	عملکرد اسانس
تعداد اسپور خاک	۰/۹۶**	۰/۹۹**	-۰/۱۲۳^{ns}	۰/۹۷**	۰/۹۱*
کلونیزاسیون ریشه	۰/۶۶^{ns}	۰/۷۹*	-۰/۰۲^{ns}	۰/۸۰*	۰/۹۳**

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

میکوریزها توانایی بهبود کیفیت فیزیکی (از طریق ریسه)، شیمیایی (از طریق جذب بالای مواد مغذی) و ویژگی‌های زیستی خاک را دارند؛ بنابراین، در ثبات و حفظ ساختار خاک در همه اکوسیستم‌ها مهم هستند (Ryan and Graham, 2002). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تعداد اسپورها و درصد کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریزربوسکولار با ریشه گیاه دارویی آویشن کوهی در فصل پاییز بیشتر از بهار بود. این نتایج با گزارش Rodríguez-Echeverrı و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد، اما تحقیقات Smith و همکاران (۲۰۰۳) نشان داده است که قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بیشترین اسپور را در فصل رشد یعنی بهار تولید می کنند. از آنجا که در شرایط تنش، تولید اسپور افزایش می‌یابد و با توجه به اقلیم حوزه آبخیز نوژیان که از اواسط بهار تا اواسط پاییز، دوره خشکی و کم باران بر رویشگاه حاکم می شود، افزایش اسپورها در پاییز می‌تواند پاسخ سازشی به تنش کم‌آبی منطقه نوژیان در فصل گرم تابستان باشد (Rodríguez-Echeverrı *et al.*, 2008). Soleymani و Pirzad (۲۰۱۵) نشان دادند که قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در شرایط تنش آب، سبب افزایش بازده جذب آب در گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis*) شده است. در گزارش Hazzoumi و همکاران (۲۰۱۵) آمده است که افزایش درصد کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریزربوسکولار با ریشه گیاه ریحان سبب شده است تا تحمل این گیاه در مقابل تنش ناشی از کمبود آب، افزایش یابد. افزایش حجم ریشه و بازجذب بیشتر آب و املاح توسط ریسه قارچ‌های میکوریز آربوسکولار و نیز افزایش ترکیبات فنلی ناشی از همزیستی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار، به گیاهان چه در شرایط تنش آب و چه شرایط عادی کمک می‌کند تا از رشد بهتری برخوردار باشند (Ba´rzana *et al.*, 2012).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که میزان نیتروژن خاک، همبستگی منفی با تعداد اسپور قارچ‌های میکوریز آربوسکولار و کلونیزاسیون این قارچ‌ها با ریشه گیاه دارویی آویشن کوهی دارد. یعنی کاهش مقدار نیتروژن خاک موجب افزایش معنی‌دار تعداد اسپور قارچ‌های میکوریز آربوسکولار و کلونیزاسیون این قارچ ها با ریشه گیاه دارویی آویشن کوهی می‌شود. این نتایج با تحقیقات متعددی از جمله Hobbie و Colpaert (۲۰۰۳) و Fellbaum و همکاران (۲۰۱۴) در یک راستا است. قارچ‌های میکوریز آربوسکولار می‌توانند نیتروژن را از NH_4^+، NO_3^- و آمینو اسیدها جذب نماید (Cavagnaro *et al.*, 2011). همچنین شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد قارچ‌های میکوریز آربوسکولار ممکن است قادر به کسب مواد مغذی از مواد آلی دیگر باشند، هرچند این امر احتمالاً به دلیل جذب نیتروژن غیرآلی در ادامه کانی‌زایی مواد آلی است (Hodge and Fitter, 2010). اگر چه سهم قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در جذب نیتروژن توسط گیاه می‌تواند متغیر باشد، اما واضح است که کسب نیتروژن در گیاه در بسیاری از شرایط می‌تواند توسط قارچ‌های میکوریز آربوسکولار افزایش یابد (Veresoglou *et al.*, 2012). هرچند هنوز سازوکار مولکولی جذب نیتروژن توسط قارچ‌های میکوریز آربوسکولار به طور کامل شناسایی نشده است، اما شناسایی آنزیم گلوتامین سنتتاز قارچی و ژن‌های

www.SID.ir

Archive of SID

نیترات ردوکتاز در قارچ های میکوریز آربوسکولار از نقش قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در جذب شکل‌های معدنی نیتروژن بیشتر پشتیبانی می کند. قارچ‌های میکوریز آربوسکولار همچنین می‌تواند بر تبدیل و چرخه نیتروژن تأثیر گذارد (Tian *et al.*, 2010). صرف نظر از سازوکارهای اساسی مولکولی که از آن طریق قارچ های میکوریز آربوسکولار می‌توانند بر جبران نیتروژن خاک تأثیر گذارند، دانستن تأثیرات قارچ های میکوریز آربوسکولار بر کمبود نیتروژن، چه در زمینه شستشو یا انتشار N_2O (و N_2) درباره تغذیه و بقای گیاهان نیز بسیار مهم است (Zhu *et al.*, 2016).

پژوهش های متعدد همبستگی فسفر قابل جذب و درصد کلونیزاسیون را نشان داده و تا حدودی ثابت شده است که همبستگی مثبت یا منفی بین این دو مؤلفه وجود دارد (Bohrer *et al.*, 2004). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بین فسفر قابل جذب و درصد کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریز آربوسکولار با ریشه گیاه دارویی آویشن کوهی همبستگی منفی به میزان ۰/۸۵- وجود دارد اما بین فسفر قابل جذب و تعداد اسپورهای موجود در خاک اطراف ریشه گیاه دارویی آویشن کوهی همبستگی معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با کاهش میزان فسفر در خاک اطراف ریشه گیاه دارویی آویشن کوهی بر میزان کلونیزاسیون و همزیستی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار با ریشه این گیاه دارویی افزوده می‌شود. قارچ‌های میکوریز آربوسکولار سبب افزایش جذب فسفر در اندام هوایی نهال‌های ارغوان شد (Mirzaei, 2014). همچنین، نتایج بررسی حاضر با گزارش‌های Hetrick و همکاران (۱۹۹۴)، Aliasgharzadeh (۲۰۰۱)؛ و Habibzadeh (۲۰۱۵) نیز تأیید می‌شود.

فسفر در مقایسه با نیتروژن نسبتاً غیرمتحرک است. معمولاً تنها درصد اندکی از فسفر خاک در دسترس گیاه قرار می گیرد؛ در حالی که بیش از ۹۰ درصد آن می‌تواند به طور مؤثری از طریق واکنش‌های رسوبی در خاک یا جذب توسط ذرات معدنی یا مواد آلی خاک، دور از دسترس گیاه قرار گیرد (Plante, 2007).

سازوکار مولکولی و فیزیولوژیک قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در افزایش جذب فسفر به خوبی شناخته شده است. ژن‌های انتقال‌دهنده فسفر در قارچ های میکوریز آربوسکولار و ژن‌های درگیر در انتقال فسفر که بیان آنها می‌تواند توسط تشکیل قارچ‌های میکوریز آربوسکولار تحت تأثیر قرار گیرد، در چندین گونه گیاهی شناسایی شده است (Smith and Smith, 2011). قارچ‌های میکوریز آربوسکولار احتمالاً نقش مهمی در جبران کمبود فسفر از طریق جلوگیری از شستشوی فسفر در خاک هایی که در معرض شستشو هستند، بازی می کند. قارچ های میکوریز آربوسکولار می‌توانند جذب فسفر گیاهی را بهبود و کاهش فسفر غیرآلی از طریق شستشو را تعدیل کنند. در خاک هایی که فسفر آنها پایین است میزان همزیستی قارچ های میکوریز آربوسکولار عموماً حایز اهمیت بیشتری است، اگر چه این مورد همیشه دیده نمی‌شود و یک قانون کلی نیست (Asghari and Cavagnaro, 2011؛ Bender *et al.*, 2015)؛ اما کاهش کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریز آربوسکولار با ریشه‌ها اغلب زمانی رخ می‌دهد که سطوح فسفر محلول در خاک افزایش می‌یابد. قارچ‌های میکوریز آربوسکولار دارای ویژگی‌های بیوشیمیایی و فیزولوژیکی هستند که

www.SID.ir

Archive of SID

می‌توانند دسترسی ریشه به فسفر را بالا ببرند. آنها ریزوسفر را از طریق افزایش خروج پروتون اسیدی می‌سازد، که این می‌تواند باعث افزایش حلالیت و جابه‌جایی فسفر به ویژه در خاک‌های خنثی یا آهکی شود (Bago *et al*., 1996). در خاک‌های اسیدی که فسفر اساساً با آهن (Fe) یا آلومینیوم (Al) باند می‌شود، خنثی‌سازی عوامل کلات‌کننده توسط قارچ‌های میکوریز می‌تواند دسترسی زیستی ریشه به فسفر خاک را بالا ببرد (Bender *et al*., 2015).

ماده آلی (کربن) خاک همبستگی معنی‌داری با درصد کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریز آربوسکولار و تعداد اسپورهای موجود در خاک اطراف ریشه گیاه دارویی آویشن کوهی نشان نداد. این نتایج با گزارش Kamareh Feizi و همکاران (۲۰۱۱) و Lingfei و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت دارد. ماده آلی یا کربن خاک عنصری حیاتی است که مواد آلی ضروری برای اجزای سیمان خاک را تشکیل می‌دهد. تراکم خاک یکی از مؤلفه‌های ساختار خاک است. با رشد ریسه‌های خارجی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار به درون خاک، یک ساختار اسکلتی در خاک ایجاد می‌شود که اجزای خاک را کنار هم نگه می‌دارد و سبب تشکیل ریزخاک‌دانه‌های خاک می‌شود. ریزخاک‌دانه‌ها بهره‌برداری مستقیم از منابع کربنی خاک را برای گیاه تسهیل می‌کند (Miller and Jastrow, 2000).

براساس نتایج تحقیق حاضر، ضریب همبستگی منفی بین پتاسیم قابل جذب با درصد کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریز آربوسکولار و تعداد اسپورهای موجود در خاک اطراف ریشه گیاه دارویی آویشن کوهی وجود داشت. تأثیر فصل بر میزان رشد و تنش‌های فیزیولوژیک مانند نزدیک شدن به دوره بذردهی در فصل پاییز، می تواند میزان جذب پتاسیم و همزیستی و کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریز آربوسکولار را تحت تأثیر خود قرار دهد (Vinichuk *et al*., 2010).

منیزیم خاک همبستگی مثبت معنی‌داری با درصد کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریز آربوسکولار و تعداد اسپورهای موجود در خاک اطراف ریشه گیاه دارویی آویشن کوهی نشان داد. میزان آهک (کلسیم) خاک همبستگی معنی‌داری با درصد کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریز آربوسکولار و تعداد اسپورهای موجود در خاک اطراف ریشه گیاه دارویی آویشن کوهی نشان نداد. اطلاعات متناقضی درباره افزایش جذب کاتیون‌های درشت مغذی مانند پتاسیم، کلسیم و منیزیم توسط گیاهان همزیست با قارچ‌های میکوریز آربوسکولار وجود دارد. جذب پتاسیم، کلسیم و منیزیم در گیاهان همزیست با قارچ های میکوریز آربوسکولار که در خاک‌های اسیدی و سپس بازی رشد می‌کنند، به طور قابل توجهی افزایش یافته بود. خاک‌های اسیدی عموماً دارای پایه‌های کاتیونی کمی هستند که اغلب با گیاهان رشدکننده در چنین خاک هایی محدود می‌شود. محدودیت خاک‌های اسیدی نیز اثربخشی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار را برای کسب کاتیون‌های درشت مغذی و تغییر غالبیّت جنس‌های قارچ‌های میکوریز آربوسکولار فعال مرتبط با گیاهان کاهش می‌دهند. برخلاف گیاهان رشدکننده در خاک‌های اسیدی، آنهایی که در خاک های طبیعی تا بازی رشد می‌کنند، عموماً دارای جذب پتاسیم، کلسیم و منیزیم محدودتری هستند. این امر همچنین، بستگی به نوع قارچ‌های میکوریز آربوسکولار و جنس و نوع گیاه

www.SID.ir

Archive of SID

دارد (Kumutha, 2001).

نتایج نشان داد که ضریب همبستگی معنی‌دار و منفی بین اسیدیته خاک با درصد کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریز آربوسکولار وجود دارد اما تعداد اسپورهای موجود در خاک اطراف ریشه گیاه دارویی آویشن کوهی همبستگی معنی‌داری با میزان اسیدیته خاک نشان نداد. شوری خاک همبستگی معنی‌داری با درصد کلونیزاسیون قارچ های میکوریز آربوسکولار و همچنین، تعداد اسپورهای موجود در خاک اطراف ریشه گیاه دارویی آویشن کوهی نشان داد. این نتایج با گزارش Lingfei و همکاران (۲۰۰۵) تأیید می‌شوند. ترشح H^+ ازسطح ریشه در فاز رشد بسیاری از گیاهان شایع است (Marschner, 1995) و تغییرات در اسیدیته ریزوسفر پس از تلقیح قارچ های میکوریز آربوسکولار توسط ریشه نشان داده شده است (Lingfei *et al*., 2005).

قارچ های میکوریز آربوسکولار برای رشد گیاهان در خاک مفید هستند. این امر می‌تواند اساساً با افزایش حجم و سطح ریشه گیاهان توسط قارچ های میکوریز آربوسکولار توضیح داده شود، چرا که افزایش سطح و حجم ریشه سبب افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه می‌شود و به دنبال آن تسریع در واکنش‌های متابولیسمی رخ می‌دهد و ماده‌سازی به بیشترین حد می‌رسد (Zhu *et al*., 2015). نتایج بررسی حاضر نیز نشان داد که وزن خشک گیاه دارویی آویشن کوهی با میزان اسپور موجود در خاک اطراف ریشه و درصد کلونیزاسیون قارچ های میکوریز آربوسکولار همبستگی مثبت معنی‌دار دارد. نتایج بررسی Orujei و همکاران (۲۰۱۳) نشان داده است که بذرهای گیاه دارویی شیرین‌بیان (*Glycyrrhiza glabra*) که با قارچ‌های میکوریز آربوسکولار تلقیح شده‌اند، در مقایسه با نمونه‌های شاهد، وزن تر و خشک داشتند. همچنین، تأثیر مثبت کلونیزاسیون دو قارچ میکوریزی *Funneliformis etunicatum* و *F. mosseae* بر وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه دارویی نعناع سبز (*Mentha spicata*) گزارش شده است (Ahmadi-Khoei and Shabani, 2015).

نتایج پژوهش حاضر گویای آن است که عملکرد اسانس در گیاه دارویی آویشن کوهی همبستگی مثبت و قوی با درصد کلونیزاسیون و تعداد اسپورهای قارچ‌های میکوریز آربوسکولار دارد. نشان داده شده است که تلقیح قارچ‌های میکوریز آربوسکولار با ریشه ژنوتیپ‌های مختلف نعناع سبز (*Mentha spicata*) به طور معنی داری موجب بهبود عملکرد اسانس و بیوسنتز متابولیت‌های ثانوی در این ژنوتیپ‌ها شده است (Ahmadi-Khoei *et al*., 2013؛ Ahmadi-Khoei and Shabani, 2015). در پژوهشی دیگر، مشخص شده است که تلقیح گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum*) با قارچ‌های میکوریز آربوسکولار سبب افزایش بارز کمیّت اسانس شده است (Kapoor *et al*., 2002). در تحقیق Freitas و همکاران (۲۰۰۴) بر گیاه دارویی نعناع نیز مشخص شد که کاربرد قارچ‌های میکوریز آربوسکولار، موجب افزایش مقدار اسانس می‌شود. همچنین، در مطالعه Gupta و همکاران (۲۰۰۲) روی گیاه دارویی نعناع و Khaosaad و همکاران (۲۰۰۶) روی گیاه دارویی مرزنجوش (*Origanum vulgare*) مشخص شد که کاربرد قارچ های میکوریز آربوسکولار سبب افزایش چشمگیر میزان اسانس در مقایسه با نمونه‌های شاهد می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

سپاسگزاری

نگارندگان از بخش منابع طبیعی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان و گروه زیست‌شناسی دانشگاه پیام نور نجف‌آباد اصفهان صمیمانه قدردانی می‌نمایند.

منابع

Ahmadi-Khoei, M. and Shabani, L. (2015) The effect of inoculation with mycorrhizal arbuscular fungi on expression of limonene synthase in *Mentha spicata* L. genotypes. Iranian Journal of Plant Biology 23: 51-62 (in Persian).

Ahmadi-Khoei, M., Shabani, L. and Bagheri, S. (2013) Assay of phenolic compounds and essential oils in mycorrhizal mint genotypes. Iranian Journal of Plant Biology 18(5): 81-94 (in Persian).

Aliasgharzadeh, N., Saleh Rastin, N., Towfighi, H. and Alizadeh A. (2001) Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in saline soils of the Tabriz, plain of Iran in relation to some physical and chemical properties of soil. Mycorrhiza 11: 119-122.

Asghari, H. R. and Cavagnaro, T. R. (2011) Arbuscular mycorrhizas enhance plant interception of leached nutrients. Functional Plant Biology 38: 219-226.

Ba´rzana, G., Aroca, R., Paz, J. A., Chaumont, F., Martinez-Ballesta, M. C., Carvajal, M. and Ruiz-Lozano1, J. M. (2012) Arbuscular mycorrhizal symbiosis increases relative apoplastic water flow in roots of the host plant under both well-watered and drought stress conditions. Annals of Botany 109(5): 1009-1017.

Bago, B., Vierheilig, H., Piché, Y. and Azcón-Aguilar, C. (1996) Nitrate depletion and pH changes induced by the extraradical mycelium of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* grown in monoxenic culture. New Phytologist 133: 273-280.

Barea, J. M., Palenzuela, J., Cornejo, P., Sánchez-Castro, I., Navarro-Fernández, C., Lopéz-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.

Bender, S. F., Conen, F. and Van der Heijden, G. A. (2015) Mycorrhizal effects on nutrient cycling, nutrient leaching and N_2O production in experimental grassland. Soil Biology *and* Biochemistry 80: 282-292.

Bohrer, K. E., Carl, F., Friese, J. and Amon, P. (2004) Seasonal dynamics of arbuscular mycorrhizal fungi in differing wetland habitats. Mycorrhiza 14: 329-337.

Carrenho, R., Trufem, S. F. B., Bononi, V. L. R. and Silva, E. S. (2007) The effect of different soil properties on arbuscular mycorrhizal colonization of peanuts, sorghum and maize. Acta Botanica Brazilica 21: 723-730.

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: 87-96

Feizi Kamareh, T., Matinizadeh, M., Shirvany, A., Etemad, V. and Khoshnevis, M. (2011) Arbuscular mycorrhizal symbiosis of *Acer cinerascens* and effects of season variation on some rhizosphere (Case study: Bazoft, Chaharmahal-o-Bakhtiari). Iranian Journal of Forest 3(3): 213-221 (in Persian).

Fellbaum, C. R., Mensah, J., Cloos, A., Pfeffer, P., Strahan, G., Kiers, E. T. and B¨ucking, H. (2014) Fungal nutrient allocation in common mycorrhizal networks is regulated by the carbon source

www.SID.ir

Archive of SID

strength of individual host plants. New Phytologist 203(2): 646-656.

Freitas, M. S. M., Martins, M. A. and Vieira, E. I. J. C. (2004) Yield and quality of essential oils of *Mentha arvensis* in response to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 39(9): 887-894.

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 16: 413-419.

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): 315-323.

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

Gupta, M. L., Prasad, A., Ram, M. and Kumar, S. (2002) Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus Glomus fasiculatum on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. Bioresource Technology 81: 77-79.

Habibzadeh, H. (2015) The effects of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus levels on dry matter production and root traits in cucumber (*Cucumis sativus* L.). African Journal of Environmental Science and Technology 9(2): 65-70.

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

Hetrick, B. A. D., Hertnett, D. C., Wilson, G. W. T. and Gibson, D. J. (1994) Effects of mycorrhizae, phosphorus availability, and plant density on yield relationships among competing tallgrass prairie grasses. Canadian Journal of Botany 72: 168-176.

Hobbie, E. A. and Colpaert, J. V. (2003) Nitrogen availability and colonization by mycorrhizal fungi correlate with nitrogen isotope patterns in plants. New Phytologist 157: 115-226.

Hodge, A and Fitter, A. H. (2010) Substantial nitrogen acquisition by arbuscular mycorrhizal fungi from organic material has implications for N cycling. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 107: 13754-13759.

Jafari Haghighi, M. (2004) Methods of soil analysis. 1st edition, Nedaye Zahi Publishing, Sari (in Persian).

Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K. G. (2002) Mycorrhization of coriander (*Coriandrum sativum*) to enhance the concentration and quality of essential oil. Journal of the Science of Food and Agriculture 82(4): 339-342.

Khaosaad, T., Vierheilig, H., Nell, M., Zitterl-Eglseer, K. and Novak, J., (2006) Arbuscular mycorrhiza alter the concentration of essential oils in oregano (*Origanum* sp., Lamiaceae). Mycorrhiza 16: 443-446.

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

Kumutha, K. (2001) Symbiotic influence of AM fungi and rhizobacteria on biochemical and nutritional charges in mulberry (*Morus alba* L.). PhD thesis, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore,

www.SID.ir

Archive of SID

India.

Lingfei, L. I., Yang, A. and Zhao, Z. (2005) Seasonality of arbuscular mycorrhizal symbiosis and dark septate endophytes in a grassland site in southwest China. FEMS Microbiology Ecology 54: 367-373.

Lombini, A., Dinelli, E., Ferrari, C. and Simoni, A. (1999) Plant-soil relationships in the serpentine screes of Mt. Prinzera (Northern Apennines, Italy). Journal of Geochemical Exploration 64: 19-33.

Marschner, H. (1995) Mineral nutrition of higher plants. 2nd edition, Academic Press, London.

Mehrnia, M. and Ramak, P. (2014) Floristic investigation of Noujian watershed (Lorestan province). Iranian Journal of Plant Biology 20(6): 113-136 (in Persian).

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

Mirzaei, J. (2014) Effects of *Glomus mosseae*, *G. intraradices* and *Gigaspora gigantea* mycorrhizal fungi on growth and nutrient absorption in *Cercis griffithii* L. seedlings. Iranian Journal of Plant Biology 21(6): 143-155 (in Persian).

Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S. and Dean, L. A. (1954) Estimation of avalible P in soils by extraction with sodium bicarbonate. United States Department of Agriculture 939: 1-19.

Orujei, Y., Shabani, L., Sharifi Tehrani, M., Aghababaei, F. and Enteshari, S. (2013) Dual effects of two mycorrhizal fungi on production of glycyrrhizin total phenolic and total flavonoids compounds in roots of *Glycyrrhiza glabra* L.. Iranian Journal of Plant Biology 17(6): 75-88 (in Persian).

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: 157-160.

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

Rillig, M.C. and Mummey, D. L. (2006) Mycorrhizas and soil structure. New Phytologist 171: 41-53.

Rodríguez-Echeverrı, S., Gera, W. H., Freitas, H., Eason, W. R. and Cook, R. (2008) Arbuscular mycorrhizal fungi of *Ammophila arenaria* (L.) Link: Spore abundance and root colonization in six locations of the European coast. European Journal of Soil Biology 44: 30-36.

Ryan, M. H. and Graham, J. H. (2002) Is there a role for arbuscular mycorrhizal fungi in production agriculture? Plant and Soil 244: 263-271.

Schüβler, A., Schwarzott, D. and Walker, C. (2001) A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. Mycological Research 105: 1413-1421.

Smith, S. E. and Smith, F. A. (2011) Roles of arbuscular mycorrhizas in plant nutrition and growth: new paradigms from cellular to ecosystem scales. Annual Review of Plant Biology 62: 227-250.

Smith, S. E., Smith, F. A. and Jakobsen, I. (2003) Mycorrhizal fungi can dominate phosphate supply to plants irrespective of growth responses. Plant Physiology 133: 16-20.

Soleymani, F. and Pirzad, A. (2015) The effect of mycorrhizal fungi on malondialdehyde concentration and some metabolic processes in hyssop (*Hyssopus officinalis*) under water deficit stress. Iranian Journal of Plant Biology 24(7): 15-26 (in Persian).

Tian, C., Kasiborski, B., Koul, R., Lammers, P. J, B€ucking, 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: 1175-

www.SID.ir

Archive of SID

1187.

Veresoglou, S. D., Menexes, G. and Rillig, M. C. (2012) Do arbuscular mycorrhizal fungi affect the allometric partition of host plant biomass to shoots and roots? A meta-analysis of studies from 1990 to 2010. Mycorrhiza 22: 227-235.

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 of soil and fungi in a Swedish forest. Science Total Environment 408: 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: 29-38.

Zarrin Kafsh, M. (1999) Soil sciences related to plant and environment. Islamic Azad University Press, Tehran (in Persian).

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 23: 253-265.

Zhu, X., Song, F., Liu, S. and Liu, F. (2015) Arbuscular mycorrhiza improve growth, nitrogen uptake, and nitrogen use efficiency in wheat grown under elevated CO_2. Mycorrhiza 26(2): 133-140.

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.

Zubek, S., Stojakowska, A., Anielska, T. and Turnau, K. (2010) Arbuscular mycorrhizal fungi alter thymol derivative contents of *Inula ensifolia* L.. Mycorrhiza 20: 497-504.

www.SID.ir

Archive of SID

Arbuscular mycorrhizal symbiosis of *Thymus kotschyamus* Boiss. & Hohen. in relation with soil elements during spring and autumn in Noujian Watershed (Lorestan province)

Parvin Ramak [1]*, Sosan Torkashvand [2] and Roya Razavizadeh [2]
[1] Lorestan Agricultural Research and Natural Resources Center, Khoramabad, Iran
[2] Department of Biology, Payame Noor University, 19395-3697 Tehran, I. R. of Iran

Abstract
Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are the most important microorganisms of soil having an important role in soil fertility. In this research, the correlation between soil nutrient elements and Arbuscular mycorrhizal fungi colonization and spore numbers in the rhizosphere of *Thymus kotschyamus* Boiss. & Hohen. growing in the three regions (Taf, Vark and Kohkala) of Noujian watershed were studied during spring and autumn. Influence of arbuscular mycorrhizal symbiosis were also determined on vegetative characteristics and essential oil yield of *T. kotschyamus*.The results indicated that magnesium significant positive correlation with arbuscular mycorrhiza fungi spore density (+0.84) and percentage colonization (+0.92). Soil organic matter no significant linear correlation with arbuscular mycorrhiza fungi spore density and percentage colonization. Potassium negatively correlated with spore density and percentage colonization respectively; -0.85 and -0.90. Arbuscular mycorrhizal fungi colonization significant linear correlation with dry weight (+0.79). Essential oil yield of *T. kotschyamus* positively correlated with that of spore density and percentage colonization respectively; +0.93 and +0.91. Given the importance of mycorrhizal symbiosis and compilation this with soil elements, this information can be useful for development of medicinal plants in agricultural ecosystems.

Key words: Arbuscular mycorrhiza fungi, Colonization, Soil elements, Spore, *Thymus kotschyamus*

* ramak@rifr-ac.ir

Copyright©2016, University of Isfahan. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/BY-NC-ND/4.0), which permits others to download this work and share it with others as long as they credit it, but they cannot change it in any way or use it commercially.

www.SID.ir