

تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر فراوانی جمعیت قارچی میکوریز آربوسکولار ریشه تاک‌های انگور

آرزو مهدوی بیله سوار^۱، وحید سروی مغانلو^{۲*} و فرهاد مهدوی بیله سوار^۳

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۳/۲۲)

چکیده

همزیستی قارچ- گیاه یکی از مهم‌ترین روابط متقابل مفید در اکوسیستم‌های زمینی است که آثار مثبت آن بر رشد و فیزیولوژی گیاهان مختلف اثبات شده است. این مطالعه به منظور بررسی ارتباط برخی از ویژگی‌های مهم فیزیکوشیمیایی خاک نظیر pH، هدایت الکتریکی (EC)، بافت خاک، درصد کربن آلی، میزان پتاسیم و میزان فسفر قابل دسترس با فراوانی جمعیت قارچی صورت پذیرفت. پس از تقسیم‌بندی مناطق مورد بررسی به ۴ ناحیه اقدام به تهیه ۴۳ نمونه مرکب خاک از مناطق مورد نظر شد. نتایج تجزیه و تحلیل آماری بر روی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک و ارتباط آنها با فراوانی جمعیت اسپوری قارچ‌های میکوریز آربوسکولار نشان داد که رابطه همبستگی بین شاخص هدایت الکتریکی (EC)، pH، درصد رس، درصد فسفر قابل دسترس خاک، درصد پتاسیم و درصد کربن آلی با میانگین تعداد اسپورهای قارچی منفی بود. از طرفی نوعی همبستگی مثبت بین شاخص‌های درصد سیلت و شن موجود در خاک با میانگین تعداد اسپور دیده شد. با توجه به ضرایب تبیین بررسی شده، بهترین مدل براساس شرایط مطالعه در نمونه‌های ریزوسفر مدلی بود که در آن شاخص‌های درصد فسفر قابل دسترس خاک به‌عنوان متغیرهای مستقل و میانگین جمعیت اسپور قارچ به‌عنوان متغیر وابسته بودند. هم‌چنین با انجام آنالیزهای رگرسیونی بر روی داده‌های موجود رابطه همبستگی بین شاخص درصد فسفر قابل دسترس در نمونه‌های خاک با میانگین تعداد اسپورهای قارچی از نظر آماری در سطح $P < 0/05$ معنی‌دار و منفی بود و بین مابقی شاخص‌ها و جمعیت اسپوری رابطه آماری معنی‌دار وجود نداشت.

واژه‌های کلیدی: قارچ‌های میکوریز آربوسکولار، همبستگی، فراوانی، انگور

۱. کارشناس ارشد بیماری‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیله سوار مغان

۲. دانشجوی سابق دکتری علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

۳. کارشناس ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیله سوار مغان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: vsarvi@gmail.com

مقدمه

موجودات زنده با یکدیگر و با محیط پیرامون خود دارای روابط پیچیده و همه جانبه هستند، به طوری که محیط و موجودات زنده تشکیل یک مجموعه مرتبط را می دهند و این مجموعه یک سیستم پیچیده اکولوژیکی را به وجود می آورد. این گونه روابط در بقای اکوسیستم های طبیعی نقش مؤثری را دارند و در سطح ارگانیسم های پیچیده انواع گوناگونی از همزیستی وجود دارد که در بین آنها همزیستی از نوع دوطرفه (حالتی که هر دو طرف سود می برند) از همه فراوان تر و از اهمیت اکولوژیکی بیشتری برخوردار است (۲ و ۱۵). از انواع همزیستی مسالمت آمیز در طبیعت می توان به روابط بین قارچ و جلبک در گل‌سنگ، رابطه بین باکتری و نهاندانگان در گرک های تثبیت کننده ازت و به ارتباط گیاه و قارچ تحت نام همزیستی میکوریزی اشاره کرد. در تمام این موارد دو موجود زنده و یا بیشتر که از لحاظ فیزیولوژیکی تفاوت دارند، در کنار یکدیگر هم فعالیت می نمایند و به این ترتیب پتانسیل مجموعه جدید بیش از مجموع پتانسیل آنها در حالت منفرد می باشد (۷).

قارچ های میکوریزی بر اساس نقش خود به عنوان یک رابط بین خاک و گیاه در تغذیه از اهمیت زیادی برخوردار می باشند. میکوریزها به همان میزان که در انتقال عناصر غذایی بین گیاه و خاک دخالت دارند می توانند به عنوان یک عامل محافظت کننده خاک نیز به حساب آیند. در سال ۱۹۹۱، توسط نیوتون (Nioton) و بتیلنفالواری (Betilnefalovari) میکوریزها تحت عنوان تقویت کننده خاک نام گرفتند و به این ترتیب علاوه بر مطالعه اثر آنها بر روی خصوصیات و فلور میکروبی خاک، مطالعه و استفاده از قارچ های میکوریزی جهت بهبود رشد گیاه نیز مورد استفاده قرار گرفت (۴). خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نظیر میزان رطوبت، نوع خاک، مقدار و نوع مواد آلی خاک و شرایط اقلیمی مثل میزان نور، حرارت و نوع پوشش گیاهی و هم چنین فلور میکروبی خاک همگی بر روی نوع میکوریز و شدت رابطه آنها مؤثر هستند. رشد گیاهان اغلب در خاک هایی که کمبود و یا محدودیت غذایی دارند کاهش

می یابد اغلب شرایط محدودکننده مربوط به عناصر P و K است در چنین شرایطی گیاهان میکوریزی و یا گیاهان تیره نخود که توانایی مشارکت با سایر موجودات زنده ذره بینی را دارند از توانایی رشد بالاتری برخوردار هستند. در مناطقی که ترکیبات معدنی سمی وجود دارد، بیشتر گیاهان میکوریزی دیده می شود. زیرا بسیاری از قارچ ها مخصوصاً میکوریزها این گونه فلزات سنگین و آلاینده ها را جذب کرده، ذخیره و تحمل می نمایند و اغلب این عناصر را به میزبان انتقال نمی دهد. بدین علت این قارچ ها مانند فیلترهایی جهت کاهش مقدار فلزات سنگین و آلاینده ها در گیاهان عالی عمل می نمایند (۶، ۸ و ۱۶).

میزان کلینزاسیون و تراکم جمعیت اسپوری این قارچ ها در بین تیره های مختلف گیاهی متفاوت است که شاید این پدیده بستگی به برخی ویژگی های مربوط به گیاه میزبان نظیر ساختار مرفولوژیکی ریشه، ویژگی های ژنتیکی میزبان و نحوه رشد و نمو میزبان داشته باشد (۲). ویژگی های گیاه میزبان بدون شک تأثیر مستقیمی بر تراکم و فراوانی جمعیت اسپوری و نیز کلینزاسیون توسط قارچ های میکوریز آربوسکولار دارد. بدین جهت پراکنش قارچ های میکوریز آربوسکولار نه تنها بستگی به ویژگی های فیزیولوژیک گیاهان میزبان دارد بلکه وابسته به خصوصیات مرفولوژیک آنها نیز می باشد. قارچ های میکوریز آربوسکولار نیز به طور مستقیم با خاک در ارتباط می باشند، زیرا که هیف های خارجی و برون سلولی در خاک وجود دارند و بدین ترتیب استعداد سلول های ریشه را در جذب آب و مواد غذایی افزایش می دهد. پس از تلقیح گیاه با قارچ تغییراتی در غلظت ترکیبات تنظیم کننده رشد مانند سیتوکنین، اکسین و جیبرلین به وجود می آید و سرعت فتوسنتز افزایش یافته و موقعیت مواد غذایی در بافت میزبان تغییر می کند. از این رو مقدار و موقعیت ترشحات ریشه تغییر می یابد و این تغییر ترشحات ریشه باعث تغییر در موقعیت موجودات زنده ذره بینی موجود در محیط اطراف ریشه می شود (ریزوسفر) که در حضور میکوریز این محیط را میکوریزوسفر می نامند. در واقع زمانی که میکوریز شکل می گیرد تغییر فلور میکروبی ریزوسفر نیز انجام

۳۵ سانتی‌متری خاک انجام شد. به دلیل وجود رطوبت در برخی از نمونه‌های خاک و جلوگیری از رشد عوامل ساپروفیت، خاک‌ها به مدت ۱۰-۷ روز در معرض جریان هوای عادی خشک و سپس در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد برای مطالعات بعدی نگهداری شدند. بعد از نمونه‌برداری مقداری از خاک هواخشک شده و عبور داده شده از الک ۲ میلی‌متری جهت اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک آماده شد. بافت خاک به روش هیدرومتری، اسیدیته خاک (pH) در گل اشباع، هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع (EC_e)، فسفر قابل جذب به روش اولسن (۱۹۹۴) توسط دستگاه اسپکتروفتومتر، تعیین درصد کربن آلی به روش اکسایش تر (واکلی و بلاک) و کربنات کلسیم معادل (درصد آهک) به روش تیتراسیون برگشتی با اسیدکلریدریک ۵٪ نرمال اندازه‌گیری شدند. برای جداسازی و شمارش قارچ‌های میکوریزی از روش الک مرطوب و سانتریفوژ در محلول ساکاروز ۵۵ درصد انجام. بدین ترتیب که ۲۵۰ گرم از هر نمونه خاک از سری الک‌های ۲۰۰، ۴۰۰ و ۸۰۰ مش عبور داده شد. پس از شستشو محتوی الک ۴۰۰ مش به پتری دیش منتقل و میزان اسپورها زیر میکروسکوپ نوری شمارش شدند.

پس از ثبت داده‌های مربوط به هر کدام از خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک در نمونه‌های بررسی شده، آزمون نرمال بودن داده‌ها انجام گرفت و تبدیل داده مناسب انجام پذیرفت. تجزیه رگرسیون چند گانه و همبستگی بین متغیرها (خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و تعداد اسپور قارچ‌های میکوریز) و نیز تجزیه خوشه‌ای برای گروه‌بندی مناطق و نمونه‌های خاک جمع آوری شده براساس تراکم جمعیت اسپوری قارچ با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام گرفت.

نتایج

الف) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

نتایج آنالیزهای فیزیکوشیمیایی خاک نشان داد که دامنه تغییرات pH در نمونه‌های خاک مورد بررسی بین ۷/۲ تا ۸ با میانگین

می‌شود، در این حالت تحت نام میکوریزوسفر نامیده می‌شود (۷). زمانی که قارچ میکوریز با ریشه گیاه میزبان همزیستی برقرار می‌کند، همزمان این قارچ در بافت ریشه و در خارج آن یعنی در محیط خاک تواماً زندگی می‌کند. لذا می‌تواند به‌طور مستقیم با دیگر موجودات زنده ذره‌بینی خاک تأثیر گذارند. در این زمینه همزیست‌های ریشه مانند باکتری‌های تشکیل‌دهنده گرهک نیز می‌توانند به‌طور غیرمستقیم بر رفتار قارچ میکوریز از طریق تغییر فیزیولوژی میزبان اثرگذار باشند. عوامل مختلفی که بر روی میزبان و قارچ مؤثر هستند، روی میکوریزوسفر نیز مؤثرند. به‌عنوان مثال می‌توان به عواملی مثل شرایط آب و هوایی، مقدار عناصر غذایی و شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک اشاره کرد. علاوه بر این، تغییرات ژنوتیپی میزبان نیز به روی طبیعت همزیستی میکوریز اثر دارد. بنابراین تمام عوامل مؤثر بر ژنوتیپ، فیزیولوژی میزبان، شرایط خاک و عوامل محیطی روی واکنش‌های میکوریزوسفر مؤثرند (۱۱).

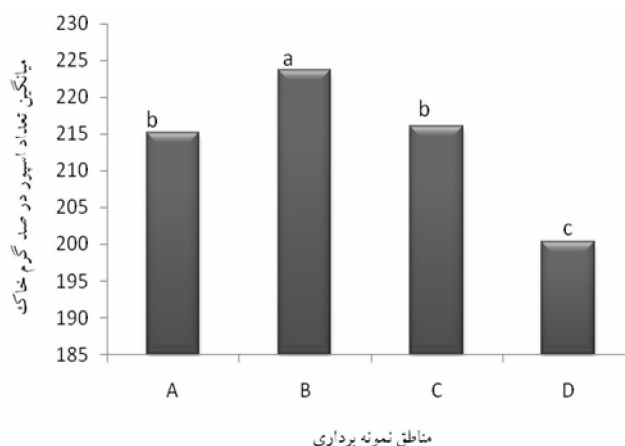
بنابراین با توجه به اهمیت میکوریز در افزایش توان مقاومت و میزان رشد گیاه و تأثیر خصوصیات خاک بر روی توسعه و فعالیت میکوریز، بررسی و مطالعه رابطه بین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با فراوانی قارچ‌های آربوسکولار در ریزوسفر درختان انگور منطقه ارومیه هدف این مطالعه است.

مواد و روش‌ها

طی مطالعات انجام شده بر روی سطح زیر کشت انگور و پراکندگی آن در شهرستان ارومیه، ۴ منطقه جهت نمونه‌برداری در نظر گرفته شد. نمونه‌برداری در ماه‌های مرداد و شهریور ۱۳۸۷ به‌صورت زیر انجام گرفت: برای دستیابی به جمعیت و تنوع بیشتر از قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در منطقه، از روش نمونه‌برداری مرکب استفاده شد. بدین‌صورت که در هر کدام از ۴ منطقه مورد نظر بسته به تراکم باغ‌های انگور تعداد ۲۰-۱۵ باغ انتخاب و از هر کدام ۸ نمونه خاک مرکب به‌عنوان شاخص برداشته شد. نمونه‌برداری از ناحیه ریزوسفر درختان و تا عمق

جدول ۱. میانگین شاخص‌های ارزیابی شده برای هر منطقه

منطقه	pH	EC (ds/m ¹)	کربن آلی (%)	پتاسیم (%)	میزان فسفر (mg/kg)	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)
A	۷/۵	۰/۹۱	۰/۹	۳۸۲/۹	۲۸/۴	۳۵/۷	۳۴/۶	۲۹/۶
B	۷/۵	۱/۳	۱/۰۳	۶۶۱/۹	۴۱/۷	۳۶/۶	۳۸/۲	۲۵/۰۵
C	۷/۶	۱/۱۰	۱/۲	۳۹۹/۴	۴۹/۴	۲۴/۸	۳۴/۷	۳۷/۷
D	۷/۵	۱/۱	۰/۹	۴۱۲/۸	۵۴	۳۱/۰۴	۲۶/۶	۴۱/۸



شکل ۱. میانگین فراوانی اسپور در خاک مناطق چهارگانه

ستون‌های که حداقل در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون دانکن (۵٪) هستند.

جداسازی و شمارش اسپوری، مشخص شد که جمعیت اسپور قارچ‌های میکوریز آربوسکولار صرف نظر از نوع گونه قارچی بین ۶۶۶/۶۶-۳۸/۶۶ عدد اسپور در ۱۰۰ گرم نمونه خاک بود. براساس نتایج به دست آمده بیشترین میانگین جمعیت اسپوری قارچ در ناحیه B (جاده نازلو-سرو) با میانگین ۲۲۳/۷۷ اسپور در ۱۰۰ گرم خاک خشک مشاهده شد و پس از آن به ترتیب ناحیه C (جاده اشنویه و دره شهدا)، ناحیه A (جاده مه‌باد و نرده) و ناحیه D (جاده سلماس) با میانگین‌های ۲۱۶/۰۶، ۲۱۵/۲۳ و ۲۰۰/۳۶ اسپور در ۱۰۰ گرم خاک قرار داشتند (شکل ۱). دلایل مختلفی می‌تواند بر این اختلاف جمعیت اسپوری اثر داشته باشد که از آن جمله می‌توان به ژنوتیپ گیاه، شرایط فیزیکیوشیمیایی خاک و شرایط اقلیمی منطقه اشاره نمود.

تجزیه واریانس مربوط به فراوانی جمعیت اسپور قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در مناطق مختلف نمونه‌برداری شده از

۷/۶، دامنه تغییرات EC از ۰/۴ تا ۴/۵ با میانگین ۲/۴۵، دامنه تغییرات درصد کربن آلی در نمونه‌های خاک از ۰/۳۲ تا ۱/۷۲ درصد با میانگین ۱/۰۴ درصد، دامنه تغییرات درصد پتاسیم خاک از ۹۳/۴ تا ۱۲۴۸/۵ درصد با میانگین ۶۷۰/۹۵ درصد، دامنه تغییرات میزان فسفر قابل دسترس در نمونه‌های خاک از ۵ تا ۱۳۶/۹ با میانگین ۷۰/۹۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم، دامنه تغییرات درصد رس خاک از ۱۷/۵ تا ۴۵ درصد با میانگین ۳۱/۲۵ درصد، دامنه تغییرات درصد سیلت خاک از ۱۲/۵ الی ۴۲/۵ درصد با میانگین ۲۷/۵ درصد و در نهایت دامنه تغییرات میزان درصد شن موجود در نمونه‌های خاک نیز از ۱۲/۵ الی ۶۷/۵ درصد با میانگین ۴۰ درصد بود. میانگین هر یک از شاخص‌های فیزیکیوشیمیایی به تفکیک مناطق مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است.

ب) نتایج شمارش اسپور قارچ‌های میکوریز آربوسکولار با بررسی نمونه‌های خاک جمع‌آوری شده از باغات ارومیه و

جدول ۲. تجزیه واریانس مربوط به فراوانی جمعیت اسپور قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در مناطق مختلف نمونه‌برداری شده از ریزوسفر انگور

F	میانگین مربعات	جمع مربعات	درجه آزادی	منابع تغییر
۰/۰۷ ^{ns}	۸۲/۳۱	۴۶/۹۳	۳	منطقه
۷۲/۲۹ ^{**}	۲۵/۴۸	۸۹/۱۹	۳۹	منطقه/نمونه خاک
		۶۷/۲۰	۱۲۸	کل

ns: از نظر آماری بی‌معنی، **: معنی‌دار در سطح $P < 0.01$

جدول ۳. مقایسه میانگین فراوانی اسپور میکوریز در نمونه خاک‌های منطقه چهارگانه

منطقه نمونه‌برداری							
D		C		B		A	
میانگین تعداد	شماره نمونه	میانگین تعداد	شماره نمونه	میانگین تعداد	شماره نمونه	میانگین تعداد	شماره نمونه
اسپور قارچ	خاک	اسپور قارچ	خاک	اسپور قارچ	خاک	اسپور قارچ	خاک
۳۶۴/۳۳ ^a	G36	۶۴۶/۶۷ ^a	G26	۳۹۹/۳۳ ^a	G16	۳۸۱/۶۷ ^a	G7
۳۳۲/۳۳ ^{ab}	G43	۲۸۱/۶۷ ^b	G24	۳۸۳/۳۳ ^a	G15	۳۴۴ ^{ab}	G6
۳۰۹/۳۳ ^{ab}	G42	۲۳۶/۳۳ ^{bc}	G29	۳۵۵/۳۳ ^a	G11	۳۲۱/۳۳ ^{ab}	G8
۲۶۷/۳۳ ^{bc}	G32	۲۲۵ ^{bcd}	G30	۲۶۸/۳۳ ^b	G19	۲۷۹/۶۷ ^{bc}	G2
۲۱۵/۶۷ ^{cd}	G40	۲۱۶ ^{bcde}	G27	۲۱۷/۶۷ ^{bc}	G17	۲۲۳/۶۷ ^{cd}	G10
۲۰۶/۶۷ ^{cd}	G33	۲۰۳/۳۳ ^{cde}	G23	۱۹۳ ^c	G13	۲۰۶/۳۳ ^{cd}	G1
۱۵۷/۶۷ ^{de}	G41	۱۷۶ ^{cdef}	G22	۸۰/۳۳ ^d	G18	۱۵۱ ^{de}	G4
۱۴۳ ^{de}	G34	۱۵۳ ^{def}	G31	۷۴/۳۳ ^d	G14	۱۱۵/۳۳ ^{ef}	G9
۱۳۲/۳۳ ^e	G35	۱۴۸/۳۳ ^{def}	G28	۴۲/۳۳ ^d	G12	۹۰/۶۷ ^{ef}	G5
۱۲۱/۶۷ ^{ef}	G38	۱۴۳/۳۳ ^{ef}	G21			۳۸/۶۷ ^f	G3
۹۶/۳۳ ^{ef}	G39	۱۰۴/۳۳ ^{fg}	G20				
۵۷/۶۷ ^f	G37	۵۸/۶۷ ^g	G25				

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی‌دار هستند.

مربوط به نمونه G₁₆ با میزان ۳۹۹/۳۳ عدد اسپور در ۱۰۰ گرم خاک و کمترین مربوط به نمونه G₁₂ به میزان ۴۲/۳۳ عدد اسپور در ۱۰۰ گرم خاک بود. در منطقه C (جاده اشنویه و دره شهدا) بیشترین میانگین مربوط به نمونه G₂₆ با میانگین ۶۴۶/۶۷ اسپور در ۱۰۰ گرم خاک و کمترین میانگین مربوط به نمونه G₂₅ با میانگین ۵۸/۶۷ اسپور در ۱۰۰ گرم خاک بود. در منطقه D (جاده سلماس)، بیشترین فراوانی جمعیت در نمونه G₃₆ با میانگین ۳۶۴/۳۳ اسپور در ۱۰۰ گرم خاک و کمترین فراوانی در نمونه G₃₇ با میانگین ۵۷/۶۷ اسپور در ۱۰۰ گرم خاک دیده شد.

باغات انگور ارومیه (جدول ۲) نشان داد که مناطق مختلف ۴ گانه نمونه‌برداری انگور با هم هیچ اختلافی آماری معنی‌داری ندارند ولی نمونه‌های خاک داخل مناطق از نظر آماری در سطح $P < 0.01$ دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند. همان‌طوری که در جدول ۳ دیده می‌شود می‌توان نتایج را به شرح زیر تفسیر نمود. در منطقه A (جاده مهاباد و نقده)، بیشترین میانگین تعداد اسپور مربوط به نمونه G₇ با ۳۸۱/۶۷ عدد اسپور در ۱۰۰ گرم خاک و کمترین مربوط به نمونه G₃ با مقدار ۳۸/۶۷ عدد اسپور در ۱۰۰ گرم خاک بود. در منطقه B (جاده نازلو-سرو)، بیشترین میانگین تعداد اسپور

جدول ۴. میانگین شاخص‌های ارزیابی شده برای هر منطقه

شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	فسفر قابل دسترس	پتاسیم (%)	کربن آلی (%)	EC	pH	میانگین تعداد اسپور
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
								میانگین تعداد اسپور
								pH
								EC
								کربن آلی (%)
								پتاسیم (%)
								فسفر قابل دسترس
								رس (%)
								سیلت (%)
								شن (%)

*: اعداد داخل جدول که با ستاره مشخص شده است در سطح $P < 0.05$ معنی دار شده و بقیه اعداد از نظر آماری معنی دار نشده‌اند.

ج) ضریب همبستگی خصوصیات خاک با فراوانی قارچ

نتایج به دست آمده در جدول ۴ نشان می‌دهد که رابطه همبستگی بین شاخص میزان فسفر قابل دسترس در خاک ریزوسفر انگور با میانگین تعداد اسپورهای قارچی از نظر آماری در سطح $P < 0.05$ معنی دار شده است و در سایر موارد همبستگی معنی دار نمی‌باشد. از طرفی همبستگی در شاخص‌های هدایت الکتریکی، pH، درصد کربن آلی، درصد پتاسیم و درصد رس منفی است یعنی می‌توان گفت که با افزایش این شاخص‌ها از میزان جمعیت اسپوری کاسته می‌شود ولی در شاخص‌های درصد سیلت و درصد شن این همبستگی مثبت است. بایستی خاطر نشان نمود که این روابط همبستگی اشاره شده براساس شرایط مطالعه صورت پذیرفته کنونی است و نمی‌توان نتایج را عمومیت داده و در هر شرایط دیگری نیز ارائه نمود.

پس از مشخص شدن همبستگی بین متغیرهای مستقل و وابسته، با استفاده از روش‌های آماری اقدام به بررسی مدل‌های رگرسیونی متناسب با شرایط موجود گردید و براساس تجزیه رگرسیونی نزولی (Backward)، هفت نوع مدل با احتساب انواع متغیرهای مستقل موجود (شاخص‌های فیزیوشیمیایی

خاک) مورد بررسی قرار گرفت. با بررسی‌های انجام شده مشخص شد که تنها مدل آماری معنی‌داری ($P < 0.05$) که می‌تواند منطبق با شرایط موجود در مطالعه اخیر باشد مدلی است که در آن متغیر میزان فسفر قابل دسترس در خاک (مدل ۷) به‌عنوان متغیر مستقل دخالت داده شده است (جدول ۵). سایر مدل‌ها از نظر آماری معنی‌دار نیستند یعنی نمی‌توان از آنها برای تفسیر ارتباط بین شاخص‌های فیزیوشیمیایی موجود در خاک و میانگین جمعیت اسپور قارچ‌های میکوریز آربوسکولار استفاده نمود. نتایج تجزیه واریانس مربوط به مدل رگرسیونی ۷ یعنی مدل در برگیرنده میانگین تعداد اسپور قارچ‌های میکوریز آربوسکولار به‌عنوان متغیر تابع و میزان فسفر قابل دسترس در خاک به‌عنوان متغیر مستقل نیز نشان‌دهنده این اختلاف آماری معنی‌دار بود (جدول ۶). بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده، معادله رگرسیونی مربوط به این مدل پس از برازش، به شرح زیر به دست آمد:

$$Y = 264/16 - 1/26X_1$$

Y: میانگین تعداد اسپور قارچ‌های میکوریز آربوسکولار،

X₁: فسفر قابل دسترس خاک

جدول ۵. تجزیه رگرسیون نرولی برای تعداد اسپورهای قارچ میکوریز آربوسکولار به‌عنوان متغیر تابع و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک ریزوسفر انگور به‌عنوان متغیرهای مستقل

مدل	متغیرهای مستقل	مقدار ثابت	ضرایب رگرسیون							
			b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	B ₆	b ₇	
۱	pH، درصد سیلت، درصد رس، درصد کربن آلی، EC، درصد پتاسیم، فسفر قابل دسترس،	۱۱۱۷	-۰/۱۹	۰/۱۵	-۰/۳۸	-۰/۱۵	۰/۰۲۲	۰/۱۸	۳۶	۱/۶۷
۲	pH، درصد سیلت، درصد رس، درصد کربن آلی، درصد پتاسیم، فسفر قابل دسترس	۱۰۷۱	-۰/۱۸	-	-۰/۳۸	-۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۳۶	---	۲
۳	pH، درصد رس، درصد کربن آلی، درصد پتاسیم، فسفر قابل دسترس،	۱۱۰۰	-۰/۱۸	-۰/۳۱	-۰/۱۳	-۰/۱۹	-۰/۳۷	---	---	۲/۲۶
۴	pH، درصد رس، درصد پتاسیم، فسفر قابل دسترس،	۱۲۳۱	-۰/۲۲	-۰/۳۱	۰/۱۷	-۰/۳۹	---	---	---	۲/۶۷
۵	pH، درصد رس، فسفر قابل دسترس،	۱۰۹۸	-۰/۱۹	-۰/۲۴	-۰/۳۴	---	---	---	---	۳/۲۴
۶	درصد رس، فسفر قابل دسترس،	۳۴۲	-۰/۱۸	-۰/۳۹	---	---	---	---	---	۴/۰۸
۷	فسفر قابل دسترس،	۲۶۴	-۰/۳۷	---	---	---	---	---	---	۶/۵۵*

جدول ۶. تجزیه واریانس مربوط به مدل رگرسیونی تعداد اسپورهای میکوریز آربوسکولار به‌عنوان متغیر تابع و میزان فسفر قابل دسترس در خاک به‌عنوان متغیر مستقل

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	شاخص F
رگرسیون	۱	۵۷۵۱۳/۳۵	۶/۵۵*
باقی‌مانده	۴۱	۸۷۷۶/۱۹	
کل	۴۲		

*: معنی‌دار در سطح $P < 0/05$

بحث

وسعت این ناحیه از خاک افزوده گردد. بنابراین دریافت فسفر توسط گیاه با توجه به دو خصوصیت فوق‌الذکر محدود گردد. علت این امر را می‌توان بخش فعال از ریشه در مقابل بخش گسترده‌ای از خاک که فاقد فسفر می‌باشد دانست. در مقابل این حالت، ریشه و یا هیف قارچی مرتباً به سمتی از خاک رشد می‌نماید که بتواند فسفر را جذب نماید و لذا حجم جدیدی از خاک در حضور سیستم‌های جذب‌کننده قرار گیرد (۴). بنابراین بین میزان فسفر خاک در محدوده ریشه و میزان توسعه و

نتایج این مطالعه نشان داد که بین میزان فسفر منطقه ریشه و گسترش هیف قارچی رابطه معکوس وجود دارد و همبستگی معنی‌داری بین این دو فاکتور در سطح ۵ درصد دیده شد. در توجیه این نتیجه می‌توان گفت انتشار فسفات در خاک بسیار کند بوده و در مقابل سرعت جذب آن توسط ریشه گیاهان بسیار سریع می‌باشد. این وضعیت موجب می‌گردد تا محیط اطراف ریشه سریعاً از فسفات محلول تخلیه گردد و مرتباً بر

بافت خاک می‌باشد میزان توسعه و رشد قارچ‌ها در خاک‌های سنگین بافت و با افزایش درصد رس کاهش می‌یابد. هم‌چنین می‌توان گفت که در صورت فراهمی عناصر غذایی و شرایط مناسب برای رشد گیاه رشد و توسعه میکوریز به دلیل عدم وجود محرک کاهش می‌یابد (۲). نتایج مطالعات لی و همکاران (۹) نشان داد که با سنگین شدن بافت خاک و افزایش درصد رس علاوه بر این که گسترش هیف قارچی کاهش می‌یابد. نقش میکوریز در افزایش جذب فسفر و تجمع عناصر سنگین در هیف قارچی کاهش پیدا می‌کند (۱۱). نتایج مطالعات قیصریانی و همکاران نشان داد که بین میزان فراهمی عناصر غذایی خاک و گسترش و توسعه میکوریز رابطه عکس وجود دارد. هم‌چنین همبستگی فراوانی اسپور با درصد شن مثبت و در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (۱۳). درحالی که رابطه معنی‌دار خاصی بین گسترش هیف قارچی با سایر خصوصیات اندازه‌گیری شده دیده نشد که با نتایج برخی تحقیقات همخوانی داشت نتایج برخی محققین در رابطه با تأثیر خصوصیات خاک بر گسترش و توسعه میکوریز نشان داد که بین میزان فسفر خاک، درصد رس و کادمیوم خاک و درصد کلینیزاسیون و حجم هیف قارچ میکوریز همبستگی معنی‌داری در سطح ۵ درصد مشاهده گردید در حالی که همبستگی با سایر خصوصیات خاک غیرمعنی‌دار بود (۱). که با نتایج برخی دیگر از محققین همخوانی داشت (۶).

گسترش هیف قارچی و فراوانی اسپور رابطه عکس وجود دارد. هرچه میزان فسفر خاک افزایش یابد توسعه هیف و فراوانی اسپور میکوریز کاهش می‌یابد (۱۱). مدارک زیادی وجود دارد که نشان می‌دهد گیاهان تلقیح شده به میکوریز در مقایسه با گیاهان غیرمیکوریز نه تنها رشد بیشتری دارند بلکه غلظت فسفر در بافت‌های آنها نیز بیشتر از گیاهان شاهد می‌باشد. با وجودی که نسبت بین ریشه و ساقه در گیاهان میکوریزی کاهش می‌یابد، لیکن مقدار طول ریشه در این گیاهان افزایش می‌یابد. بدین ترتیب مقدار فسفات کل دریافت شده افزایش یافته و با افزایش مقدار فسفات موجود در گیاهان میزان رشد افزایش می‌یابد. زیرا مقدار فسفات می‌تواند یک عامل محدودکننده باشد. از طرف دیگر آثار سینرژیسم بین میکوریز و باکتری‌های حل‌کننده فسفات و هم‌چنین امکان تراوش H^+ و یا هیدروکسیدها از طرف ریشه و هیف می‌تواند موجب افزایش فسفات قابل حل قابل استفاده شود. به‌طورکلی گیاهان تلقیح شده به میکوریز در یافت فسفات از منابع فسفاتی بسیار مؤثرند (۸). نتایج مطالعات ساجدی و همکاران در مورد همبستگی بین توسعه و گسترش هیف قارچی با میزان فسفر خاک، بافت خاک و هدایت الکتریکی خاک همخوانی داشت (۱۵).

از دیگر نتایج مهم این تحقیق رابطه معکوس بین درصد رس و گسترش هیف قارچی می‌باشد. در واقع از عوامل محدودکننده توسعه و گسترش هیف قارچی و فراوانی آنها

منابع مورد استفاده

1. Bhoopander, G. R. and K. G. Mukerji. 2003. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and salinity on growth, biomass and mineral nutrition of *Acacia auriculiformis*. *Biology and Fertility of Soils* 38: 170-175.
2. Feng, L. X., F. S. Zhang, C. Y. Tian and C. Tang. 2002. Improved tolerance of mazi plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza related to higher accumulation of soluble sugars in roots. *Mycorrhiza Journals* 12: 185-190.
3. Gerdman, J. W. and T. H. Nicolson. 1968. Spores of mycorrhizal endogen species extracted for soil by wet sieving and decanting. *Plant and Soil Journals* 46:235-244
4. Jayachandran, K., A. P. Schwab and B. A. D. Hetrik. 1992. Mineralization of organic phosphorus by Vesicular arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biology and Biochemistry* 24:897-903
5. Jeffries, P., S. Gianinazzi and S. Perotto. 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. *Biology and Fertility of Soils* 37:1-16.
6. Hani, A. 1381. Effect of plant morphological features on the severity of clover and phosphorus levels tend mycorrhizal plant P uptake and plant growth of fungal colonies with VAM. MSc. Thesis. Shahid Chamran University of Ahvaz. (In Farsi).
7. Kucey, R. M. N. and H. H. Janzen. 1987. Effect of VAM and reduced nutrient availability on growth and phosphors

- and micronutrient uptake of wheat and field beans under greenhouse. *Plant and Soil Journals* 104:71-78.
8. Li, X.L and P. Christie. 2001. Changes in soil solution Zn and pH and uptake of Zn by arbuscular mycorrhizal red clover in Zn-contaminated soil. *Chemosphere Journal* 42:201-207.
 9. Li, X., H. Marschner and E. George. 1991. Acquisition of phosphorus and copper by VA/ mycorrhizal hyphae and root-to-shoot transport in white clover (b). *Plant and Soil Journal* 136:49-57.
 10. Li, X., E. George and H. Marschner. 1991. Extension of the phosphorus depletion zone in VA-mycorrhizal white clover in a calcareous soil (a). *Plant and Soil Journal* 136: 41-48.
 11. Malek-Zadeh, A. and M. R. seodi. 1385. Microbial Biotechnology. *Tehran University*. Tehran. (In Farsi).
 12. Mostajeran, A. and F. Zoei. 2006. Mycorrhizal symbiosis (Volume I). *Isfahan University*. Isfahan. (In Farsi).
 13. Qhsryany, F., H. Zareh mayvan and M. R. Chaychi. 2007. Distribution of vegetation in connection with some of the characteristics of mycorrhizal soil - Desert National Park. *Journal of Environmental Studies Beheshti University in Tehran* 44: 116-105. (In Farsi).
 14. Rohani, N. and A. Ahmadi Moghadam. 2004. Phosphorus nutrition of six varieties of pistachios due to soil type and status of mycorrhizal plants. *Research and Development in Agriculture and Horticulture* 63: 43-50. (In Farsi).
 15. Sajedi, n. A and F. Rejali. 2011. Impact of drought on the application and mycorrhizal inoculation on nutrient uptake in corn. *Journal of Soil and Water* 25: 92-83. (In Farsi).