

تغییرات جمعیت اسپورهای قارچی میکوریز و زیکولار- آربوسکولار در خاک جنگل‌های طبیعی پسته در استان خراسان

محمد حاجیان شهری^۱ و مسعود عباسی^۲

چکیده

به منظور بررسی تغییرات جمعیت، تعیین درصد کلونیزاسیون ریشه و شناسایی نوع هم‌زیستی میکوریزی همراه ریشه و ریزوسفر درختان پسته جنگلی *Pistacia vera*، دو ایستگاه در جنگل‌های طبیعی پسته مناطق کلات (چهچه) و سرخس (شورلق) انتخاب شد. نمونه‌برداری از خاک و ریشه درختان مزبور در فواصل زمانی حداکثر هر ماه یک بار در محدوده سایه انداز آنها و از عمق ۳۰ سانتی‌متری به عمل آمد. برای استخراج و جداسازی اسپورها از روش غربال تر استفاده شد. پس از رنگ آمیزی ریشه‌ها، میزان کلونیزاسیون ریشه‌ها و جمعیت اسپور این قارچ‌ها اندازه‌گیری شد. در همین ارتباط میزان تأثیر برخی خصوصیات خاک شامل pH ، میزان رطوبت، ماده آلی و مقدار فسفر قابل جذب خاک نیز بر جمعیت اسپور مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج به دست آمده نشان داد که نوع هم‌زیستی میکوریزی درختان پسته از نوع میکوریز و زیکولار- آربوسکولار (*Vesicular Arbuscular Mycorrhiza*) می‌باشد. متوسط میزان کلونیزاسیون ریشه‌ها در ایستگاه کلات ۱۳٪ و در ایستگاه شورلق ۱۱٪ و متوسط تعداد اسپور در منطقه کلات ۱۲ و در منطقه سرخس ۱۰ عدد در هر گرم خاک خشک بود. محاسبه هم‌بستگی بین تغییرات جمعیت اسپور با میزان رطوبت، ماده آلی، فسفر قابل جذب، pH خاک و میزان کلونیزاسیون ریشه نشان داد که جمعیت اسپور با میزان کلونیزاسیون ریشه هم‌بستگی مثبت و با میزان رطوبت خاک، ماده آلی، فسفر قابل جذب و pH خاک هم‌بستگی منفی دارند.

واژه‌های کلیدی: میکوریز و زیکولار- آربوسکولار، پسته، کلونیزاسیون ریشه، جمعیت اسپور، فسفر قابل جذب

مقدمه

خاک‌های مناطق معدودی ممکن است عاری از این گروه قارچ‌ها باشند، از آن جمله می‌توان به اراضی فرسایش یافته، خاک‌های ضد عفونی شده و در زمین‌هایی که به علت حفاری به هم خورده‌اند و لایه بالایی خاک که این قارچ‌ها در آن وجود

قارچ‌های میکوریز VA (*Vesicular Arbuscular*) تقریباً در همه خاک‌ها وجود دارند. حضور آنها در اکثر خاک‌های مناطق گرمسیری، معتدل و سردسیری به اثبات رسیده است (۳۳). تنها

۱. مربی پژوهشی بیماری‌شناسی گیاهی، مرکز تحقیقات منابع طبیعی استان خراسان، مشهد

۲. کارشناس بیولوژی، مرکز تحقیقات منابع طبیعی استان خراسان، مشهد

نمونه برداری

نمونه برداری به صورت هر دو هفته یک بار از مهرماه ۱۳۷۶ تا مهرماه سال ۱۳۷۷ در هر دو منطقه (چهچه کلات و شورلق سرخس) و از خاک و ریشه درختان پسته از عمق ۳۰-۰ سانتی متری انجام شد. در طول سال ۱۸ بار نمونه برداری از مناطق تحت مطالعه انجام گرفت. کلیه نمونه ها به کیسه های نایلونی منتقل و تا زمان بررسی در یخچال نگه داری شدند. در هر بار نمونه برداری حدود دو کیلوگرم خاک از اطراف ریشه همراه با ریشه های ظریف فرعی جمع آوری شدند.

روش شمارش تعداد اسپور

از هر نمونه خاک ۵ سری ۲۰ گرمی جدا و اسپورها به روش کلیرونوموس و همکاران (۲۰) جداسازی شدند. نمونه خاک در یک بشر ۵۰۰ میلی لیتری ریخته شد و ۲۵۰ میلی لیتر آب مقطر به آن اضافه و مخلوط فوق به صورت سوسپانسیون در آورده شد و پس از یک دقیقه به هم زدن در به هم زن برقی با دور بالا، از الک هایی با قطر منافذ ۵۰۰ میکرومتر و سپس ۴۵ میکرومتری عبور داده شدند. محتویات سطح الک ۴۵ میکرومتری دوباره در یک لیتر آب مقطر سوسپانسیون و از سطح الک ۴۵ میکرومتری عبور داده شد و سرانجام محتویات سطح الک در ۶۰-۴۰ میلی لیتر آب جمع آوری گردید. سوسپانسیون اسپوری به طور مساوی در دو لوله سانتیفوژ در داخل محلول ساکارز ۶۰٪ شناور شدند و در ۷۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه سانتیفوژ شدند (۲۰) مایع رویی که حاوی اسپورها بود در روی یک کاغذ صافی جمع آوری شدند و در روی یک کاغذ شطرنجی در زیربینوکولر با درشت نمایی ۵۰-۳۰ برابر شمارش گردیدند و میانگین تعداد اسپورهای مربوط به ۵ تکرار برای هر نمونه خاک محاسبه شد.

روش رنگ بری و رنگ آمیزی ریشه

برای تعیین شدت کلونیزاسیون ریشه و شناسایی نوع رابطه میکوریزی درختان پسته از روش فیلیپس و هیمن استفاده شد (۲۶).

داشته و حذف شده اند، اشاره نمود (۵). اهمیت بررسی و تحقیق در زمینه میکوریز VA به علت نقش مؤثر این نوع همزیستی در اقتصاد کشاورزی است. مهم ترین تأثیر میکوریز VA کمک به افزایش رشد گیاهی است. البته در برخی گیاهان دارای میکوریز کاهش رشد دیده می شود که این پاسخ منفی به کلونیزاسیون VA می تواند مربوط به نوع سیستم ریشه ای و یا تجمع غلظت بالای مواد معدنی قابل دسترس گیاه باشد (۵). جنگل های پسته استان خراسان یکی از چندین نواحی مهم اقتصادی و ذخایر ژنتیکی کشور می باشند. در بررسی مقدماتی علائم زوال و مرگ درختان پسته در این رویشگاه های طبیعی دیده شد که همراه با نشانه های کمبود عناصر غذایی بود (۲) بنابراین از آنجایی که تصور می شد قارچ های میکوریز بتوانند نقش فعالی در جذب مواد غذایی برای درختان پسته داشته باشند و از آنجا که اطلاعات کمی درباره میزان جمعیت و نوع قارچ های میکوریز در خاک این مناطق وجود داشت، این پژوهش با هدف شناسایی نوع ارتباط میکوریزی، اندازه گیری میزان و تغییرات جمعیت این گروه از قارچ ها در این مناطق و مطالعه هم بستگی بین کلونیزاسیون ریشه ها و شاخص های دیگر خاک انجام گرفت.

مواد و روش ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه

جنگل های طبیعی پسته خراسان در شمال شرقی ایران در محدوده ۳۸-۳۵ درجه عرض شمالی و ۶۰-۵۶ درجه طول شرقی به صورت رویشگاه های منقطع با تراکم کم تا متوسط در اغلب رویشگاه ها و تراکم انبوه در بعضی از قسمت ها، در مسیر جاده کلات - مشهد و سرخس - مشهد دیده می شوند. بیشترین تراکم درختان در حد ارتفاعی ۱۲۰۰-۹۰۰ متر دیده می شود. میزان بارندگی سالیانه ۲۵۰-۲۰۰ میلی متر، میانگین دمای سالانه ۱۷/۵-۱۵ درجه سانتی گراد و مساحت تقریبی این جنگل ها ۲۰ هزار هکتار است (۲).

اندازه‌گیری برخی شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مناطق مورد مطالعه

برای اندازه‌گیری رطوبت خاک از روش وزنی، برای اندازه‌گیری pH از روش الکتریکی، برای اندازه‌گیری فسفر قابل جذب خاک در مورد کلیه نمونه‌ها از روش اولسن و همکاران (۲۵) و برای اندازه‌گیری ماده آلی خاک از روش والکلی و بلک بهره‌گیری شد (۳۴). هم چنین برای انجام کلیه محاسبات آماری از نرم افزار SAS و برای ترسیم نمودارها نیز از نرم افزار Excell استفاده گردید.

نتایج و بحث

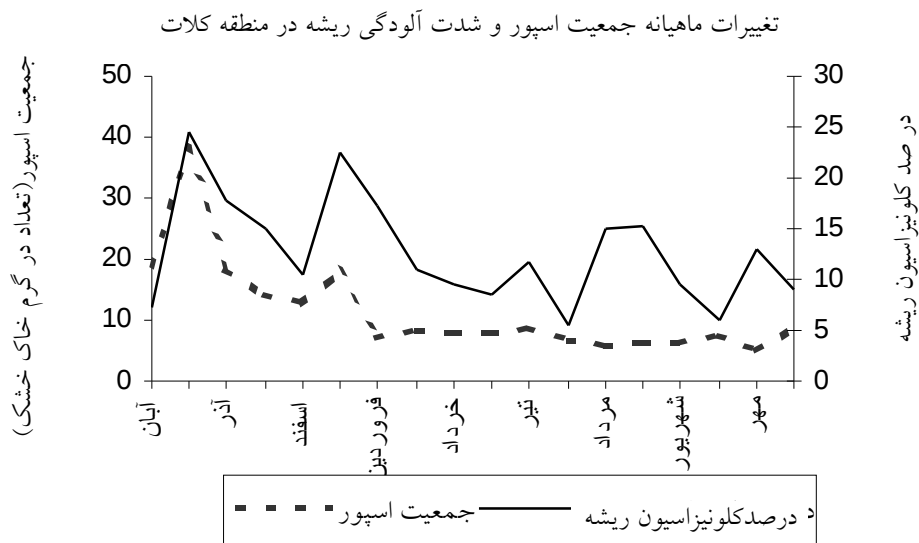
نتایج

پس از رنگ آمیزی ریشه‌های درختان پسته نمونه‌برداری شده از مناطق سرخس (شورلق) و کلات (چهچه)، حضور اندام‌های قارچی میکوریز شامل وزیکول و آرباسکول در داخل سلول‌های پوست ریشه و نیز وجود اسپورهای قارچ‌های اندومیکوریز در ریزوسفر درختان پسته هم‌زیستی این درختان را با قارچ‌های میکوریز نوع VA نشان داد. شمارش اسپور در خاک مناطق مورد بررسی سرخس و کلات نشان داد که تعداد اسپور در هر گرم خاک خشک در منطقه سرخس ۲۶-۴ و در منطقه کلات ۳۸-۵ متغیر بود. میزان کلونیزاسیون ریشه در منطقه سرخس (شورلق) بین ۲۳-۵ درصد و در منطقه کلات (چهچه) بین ۲۴-۶ درصد متغیر بود. شکل‌های ۱ و ۲ تغییرات میزان کلونیزاسیون ریشه و جمعیت اسپور را در طی یک دوره یک ساله از آبان ماه ۱۳۷۶ تا آبان ماه سال ۱۳۷۷ نشان می‌دهند. در منطقه کلات بیشترین میزان کلونیزاسیون ریشه در آبان ماه و کمترین آن در تیرماه و در منطقه سرخس بیشترین میزان کلونیزاسیون ریشه در آبان ماه و کمترین آن در خرداد ماه اندازه‌گیری شد. هم‌چنین کمترین و بیشترین تعداد اسپور در ایستگاه شورلق (سرخس) به ترتیب در شهریورماه ۴ عدد و آبان ماه ۲۶ عدد و در ایستگاه چهچه (کلات) به ترتیب در شهریور ۶ عدد و آذرماه ۳۸ عدد در هر گرم خاک خشک شمارش شدند. با ملاحظه

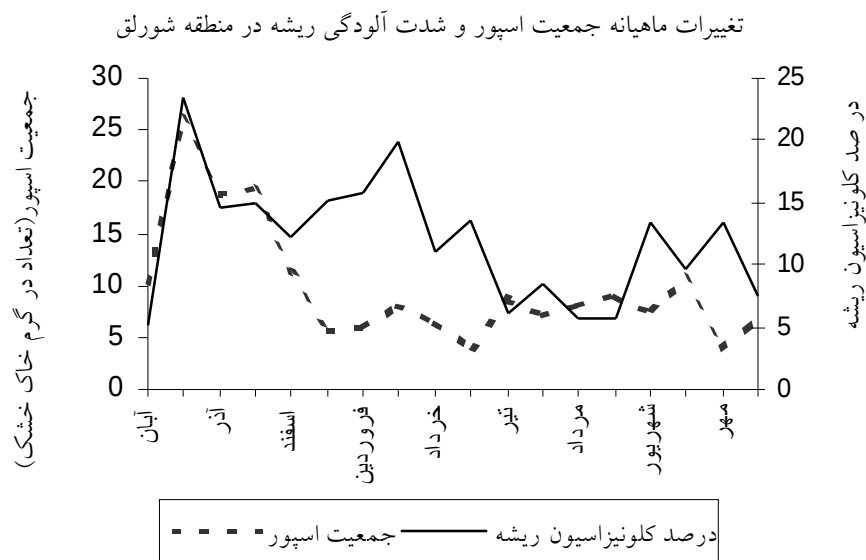
براساس روش فوق ابتدا ریشه‌ها را در زیر آب جاری شستشو می‌دهیم و سپس آنها را در ظروف درب‌دار و در محلول FAA (فرمالین، اسید استیک و الکل به نسبت حجمی ۵:۵:۹۰) نگه‌داری می‌کنیم. ریشه‌های تازه و یا ریشه‌های نگه‌داری شده در FAA را چندین بار با آب جاری شستشو داده و برای بی‌رنگ کردن و نرم‌شدن بافت‌ها نخست آنها را در محلول هیدروکسید پتاسیم ۱۰ درصد به مدت ۲۴ ساعت در شرایط آزمایشگاه قرار می‌دهیم. سپس ریشه‌ها را از این محلول خارج کرده و سه بار با آب مقطر شستشو می‌دهیم. ریشه‌ها سپس برای بی‌رنگ شدن کامل بافت‌ها به محلول حاوی آب اکسیژنه قلیایی که باید تازه تهیه شود انتقال داده شده و به مدت دو ساعت در این محلول نگه‌داری می‌شوند. نمونه‌ها را از محلول آب اکسیژنه قلیایی خارج کرده و با آب مقطر شستشو می‌دهیم تا اثر H_2O_2 از بین برود. سپس این نمونه‌ها به مدت ۵ دقیقه در محلول اسیدکلریدریک ۱٪ قرار داده شده تا آماده رنگ‌پذیری شوند. سپس ریشه‌ها مستقیماً از محلول اسیدی به محلول رنگی تریپان بلو ۱٪ درصد در لاکتوفنل منتقل و به مدت ده دقیقه در این محلول به منظور رنگ‌پذیری ساختمان‌های قارچی VA نگه‌داری شدند.

اندازه‌گیری درصد کلونیزاسیون ریشه

تعیین درصد کلونیزاسیون ریشه‌ها براساس روش بیرمن و لیندرمن (۶) انجام گرفت. براساس این روش ۱۰۰ قطعه یک سانتی‌متری از ریشه‌های رنگ آمیزی شده به منظور ارزیابی درصد کلونیزاسیون ریشه توسط قارچ‌های VA به صورت تصادفی انتخاب شدند. برای ارزیابی قطعات ریشه، هر قطعه ریشه در روی لام و در داخل محلول لاکتوفنل در زیر میکروسکوپ ارزیابی شد. میزان کلونیزاسیون با برآورد طولی از ریشه که به ساختمان‌های قارچی (وزیکول، آرباسکول و هیف) آلوده بودند محاسبه شد و میانگین کلونیزاسیون ریشه برای این صد قطعه تعیین گردید.



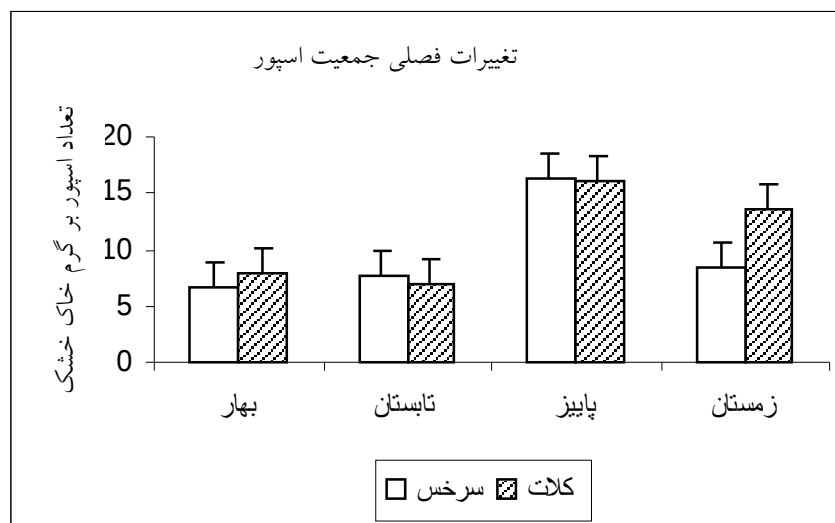
شکل ۱. تغییرات جمعیت اسپور و میزان کلونیزاسیون ریشه در منطقه شورلق



شکل ۲. تغییرات ماهیانه جمعیت اسپور و میزان کلونیزاسیون ریشه در منطقه سرخس

نیز در هر دو ایستگاه تقریباً روند مشابهی دارند. شکل ۳ نشان می‌دهد که در هر دو ایستگاه بیشترین تعداد اسپور در فصل پاییز با میانگین کلات (۱۶ اسپور در هر گرم خاک خشک) و سرخس (۱۶ اسپور در هر گرم خاک خشک) شمارش شده است. محاسبه هم‌بستگی بین جمعیت اسپور و کلونیزاسیون ریشه، هم‌بستگی مثبت، بین این دو فاکتور را نشان داد که ضریب هم‌بستگی آنها به ترتیب در کلات

شکل‌های ۱ و ۲ دیده می‌شود که تغییرات قابل ملاحظه‌ای در مقدار کلونیزاسیون ریشه‌ها در ماه‌های مختلف وجود دارد. کلونیزاسیون ریشه‌ها در هر دو ایستگاه از مهرماه تا آذرماه افزایش و در طی ماه‌های زمستان کاهش می‌یابد و دوباره طی ماه‌های فصل بهار به تدریج افزایش یافته و در ماه‌های تابستان نسبت به ماه‌های بهار تقریباً ثابت است در همین ارتباط با ملاحظه شکل‌های ۱ و ۲ دیده می‌شود که تغییرات جمعیت اسپور



شکل ۳. تغییرات فصلی جمعیت اسپور در دو ایستگاه کلات و سرخس

آرباسکول) در ریشه‌ها و نیز وجود اسپوره‌های قارچ‌های میکوریز VA ریزوسفر درختان پسته *Pistachia vera* هم‌زیستی این درختان را با قارچ‌های میکوریز نوع VA نشان می‌دهد (۱، ۴، ۸ و ۳۰). تعداد و نوع اسپوره‌های اندومیکوریز VA موجود در خاک با عوامل بسیاری ارتباط دارد که از جمله این فاکتورها می‌توان به فعالیت‌های میکروبی خاک (۲۸)، درجه حرارت (۲۹)، عملیات خاکی انجام شده (۳۷) نور (۱۷) و حاصل‌خیزی خاک (۲۳) اشاره کرد. هم‌چنین عواملی مانند pH میزان فسفر خاک جوانه‌زنی و تولید اسپور را تحت تأثیر قرار می‌دهند ولی روی رنگ، اندازه و ساختمان اسپور تأثیری ندارند (۱۰ و ۳۲). pH خاک یکی از عوامل مهم در رشد گیاه و قارچ‌های میکوریز می‌باشد ولی بین کلونیزاسیون ریشه واسپورزایی، واکنش‌های متضادی در برابر pH دیده می‌شود. بررسی‌های جانسون و همکاران (۱۸) نشان می‌دهد که کلونیزاسیون ریشه توسط قارچ‌های VA بیشتر از اسپورزایی آنها به pH خاک وابستگی دارد ولی پورتر و همکاران (۲۷) ثابت کردند که بین pH خاک و تعداد اسپوره‌های تولید شده قارچ‌های VA نیز هم‌بستگی مثبت وجود دارد. هیمن و استولد (۱۳) ثابت کردند که قارچ‌های VA و به خصوص گونه *Glomus fasciculatum* قادرند در دامنه وسیعی از pH فعالیت کنند و تنش‌های اسیدی شدید را در

($r = 0.61$, $P < 0.05$) و سرخس ($r = 0.43$, $P < 0.05$) می‌باشد و به لحاظ آماری در هر دو منطقه معنی‌دار بودند (جداول ۱ و ۲). محاسبه هم‌بستگی بین میزان ماده آلی خاک جمعیت اسپور در منطقه کلات منفی ولی در منطقه سرخس مثبت و به لحاظ آماری در هر دو منطقه معنی‌دار نبود (جداول ۱ و ۲). هم‌بستگی بین فسفر قابل جذب خاک و جمعیت اسپور در هر دو منطقه کلات و سرخس منفی و به لحاظ آماری معنی‌دار نبود. محاسبه هم‌بستگی بین فسفر قابل جذب خاک و کلونیزاسیون ریشه در منطقه کلات منفی و معنی‌دار ($r = 0.6$, $P < 0.05$) و در منطقه سرخس منفی و به لحاظ آماری معنی‌دار نبود. هم‌بستگی منفی بین فسفر قابل جذب خاک و میزان رطوبت خاک در دو منطقه دیده شد که به لحاظ آماری در هر دو منطقه معنی‌دار می‌باشد ولی بین تعداد اسپور و pH خاک در ایستگاه کلات مثبت و در ایستگاه سرخس بود که به لحاظ آماری این هم‌بستگی‌ها معنی‌دار نبودند (جداول ۱ و ۲).

بحث

خانواده Anacardiaceae از جمله خانواده‌های گیاهی است که وجود هم‌زیستی میکوریزی در بین اعضای آن به اثبات رسیده است (۳۰). حضور اندام‌های قارچ‌های میکوریز (وزیکول،

جدول ۱. هم‌بستگی بین برخی شاخص‌های قارچ‌های VA و خصوصیات خاک در ایستگاه کلات

PH	رطوبت خاک	ماده الی خاک	فسفر قابل جذب	درصد کلونیزاسیون ریشه	تعداد اسپور
۱	-۰/۰۸۶	-۰/۱۴۵	۰/۳۲۹	-۰/۱۴۳	۰/۰۲۰
۱	-۰/۲۹۴	-۰/۴۸۴*	۰/۳۶۷	۰/۳۶۹	۰/۳۶۹
۱	۰/۱۳۱	۰/۲۸۰	۰/۲۸۰	۰/۱۲۷	۰/۱۲۷
۱	۰/۶۰۲*	-۰/۱۸۰	۰/۶۱۶*	۰/۶۱۶*	۰/۶۱۶*
۱	۰/۱۳۱	۰/۲۸۰	۰/۲۸۰	۰/۱۲۷	۰/۱۲۷
۱	-۰/۲۹۴	-۰/۴۸۴*	۰/۳۶۷	۰/۳۶۹	۰/۳۶۹
۱	-۰/۰۸۶	-۰/۱۴۵	۰/۳۲۹	-۰/۱۴۳	۰/۰۲۰

* : اعداد داخل جدول که با ستاره مشخص شده است در سطح $P < 0.05$ معنی‌دار شده‌اند و بقیه اعداد به لحاظ آماری معنی‌دار نشده‌اند.

جدول ۲. هم‌بستگی بین برخی شاخص‌های قارچ‌های VA و خصوصیات خاک در ایستگاه سرخس

PH	رطوبت خاک	ماده الی خاک	فسفر قابل جذب	درصد کلونیزاسیون ریشه	تعداد اسپور
۱	-۰/۵۴۱	-۰/۴۶۲	-۰/۱۳۷	۰/۱۵۹	-۰/۰۶۸
۱	-۰/۲۱۲	-۰/۴۶۹*	۰/۳۹۳	۰/۳۹۳	۰/۰۲۸
۱	-۰/۰۸۶	-۰/۳۹۰	-۰/۱۳۴	-۰/۳۸۴	-۰/۳۸۴
۱	-۰/۲۱۳	-۰/۳۹۰	-۰/۱۳۴	-۰/۳۸۴	-۰/۳۸۴
۱	-۰/۴۳۴*	۰/۴۳۴*	۰/۴۳۴*	۰/۴۳۴*	۰/۴۳۴*
۱	-۰/۵۴۱	-۰/۴۶۲	-۰/۱۳۷	۰/۱۵۹	-۰/۰۶۸
۱	-۰/۵۴۱	-۰/۴۶۲	-۰/۱۳۷	۰/۱۵۹	-۰/۰۶۸

* : اعداد داخل جدول که با ستاره مشخص شده است در سطح $P < 0.05$ معنی‌دار شده‌اند و بقیه اعداد به لحاظ آماری معنی‌دار نشده‌اند.

افزایش رشد ریشه‌های میکوریزی ناشی از افزایش جذب فسفر می‌باشد یعنی میزان فسفر خاک در میکوریزی شدن گیاه تأثیر دارد و غلظت زیاد فسفر در خاک از میکوریزی شدن گیاه و در نتیجه، افزایش رشد حاصل از این هم‌زیستی جلوگیری می‌کند. صالحی و همکاران (۳) هم‌بستگی منفی بین فسفر قابل جذب خاک و تعداد اسپور در ریزوسفر درختان پسته (*P. vera*) در استان کرمان را گزارش می‌کنند. نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد که بین میزان فسفر قابل جذب خاک و تعداد اسپور هم‌بستگی منفی وجود دارد ولی این هم‌بستگی به لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول ۱ و ۲). هم‌چنین بین میزان فسفر قابل جذب خاک و میزان کلونیزاسیون ریشه نیز این هم‌بستگی منفی و در منطقه کلات به لحاظ آماری معنی‌دار و در منطقه سرخس معنی‌دار نبود (جدول ۱ و ۲). این نتایج نشان

محیط رویش گیاهان کاهش دهند. در این پژوهش pH مناطق مورد بررسی بین ۷-۸ بود که در محدوده بهینه برای رویش پسته و ایجاد رابطه اندومیکوریزی است ولی هم‌بستگی معنی‌داری بین جمعیت اسپور و pH خاک در مناطق فوق دیده نشد. هم‌بستگی بین میزان کلونیزاسیون ریشه توسط میکوریز VA و تغذیه فسفر گیاهان به حدی است که بیشترین توجه محققان را در این زمینه به خود جلب کرده است. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های قارچ‌های VA توانایی جذب فسفر از خاک‌هایی با میزان کم فسفر قابل دسترس می‌باشد و همین امر به تثبیت گیاه در محیط‌های خاکی با فقر فسفر کمک می‌کند. ژائولین و همکاران (۳۵) ثابت کردند که در شرایط کمبود فسفر، بیش از ۸۰٪ فسفر گیاه می‌تواند توسط هیف‌های خارجی قارچ‌های VA تأمین شود. طبق گزارش مارشنر (۲۱)،

دیگری نیز گزارش شده است (۱۳، ۱۱ و ۳۶). به نظر می‌رسد اسپورها در کلونیزه کردن ریشه‌ها نقش مهمی نداشته باشند (۷) زیرا برخی از گونه‌های قارچ‌های VA برای جوانه زنی به زمان زیادی نیاز دارند (۲۲) و برخی قابلیت جوانه زنی ندارند. در اکوسیستم‌های طبیعی اسپورهای زنده و فعال درصد زیادی از کل جمعیت اسپور را تشکیل نمی‌دهند (۹ و ۱۶) علاوه بر این پروپاگول‌های دیگری به جز اسپورها مانند هیف‌ها (در خاک یا درون ریشه‌های مرده) و زیکول‌ها (در خاک یا ریشه) توانایی آلوده نمودن ریشه‌ها را دارند (۵). در این پژوهش، بررسی تغییرات جمعیت اسپورها در فصول مختلف نشان داد که فراوانی اسپورها در دو منطقه در پاییز بیشتر است (شکل ۳) و بین تغییرات جمعیت اسپور و میزان کلونیزاسیون ریشه‌ها یک هم‌آهنگی تقریبی دیده می‌شود که این نتیجه می‌تواند مؤید این موضوع باشد که احتمالاً عوامل خاکی در دو منطقه خیلی در فعالیت این قارچ‌ها مؤثر نیستند. تغییرات فصلی در میزان جمعیت اسپور قارچ‌های VA در ریزوسفر گیاهان میکوریزی توسط محققین مختلفی دیده شده است (۱۱ و ۳۱). در اغلب این تحقیقات نشان داده شده است که معمولاً بیشترین تعداد اسپور در اواسط یا اواخر فصل رشد دیده می‌شود (۱۴ و ۱۵). کلیرومونوس و همکاران (۲۰) نیز گزارش نمودند که فراوانی اسپورهای این قارچ‌ها در فصل پاییز در ریزوسفر درختان افرا *Acer saccharum* بیشتر بوده است.

در نتیجه‌گیری کلی از این پژوهش می‌توان اظهار داشت که اطلاعات مختلف به دست آمده در مورد عوامل مؤثر تأثیرگذار بر هم‌زیستی قارچ‌های اندومیکوریز VA می‌تواند تا حد وسیعی، حتی در زیستگاه‌های مشابه متفاوت باشد. در این تحقیق ما شواهدی را به دست آوردیم که نشان می‌دهد که تحت شرایط اکوسیستم‌های طبیعی و در زیستگاه‌هایی با شرایط رویشی مشابه، قارچ‌های اندومیکوریز VA می‌تواند رفتار متفاوتی داشته باشند. تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده پیشنهاد می‌کند که عوامل مؤثر بر هم‌زیستی قارچ‌های اندومیکوریز VA در مناطق مورد بررسی در این پژوهش با

می‌دهد که اگر چه رابطه هم‌بستگی بین این دو فاکتور در این بررسی به لحاظ آماری معنی‌دار نیست ولی میزان فسفر قابل جذب خاک، هم‌چنان می‌تواند به عنوان یک عامل محدود کننده رشد قارچ‌های VA حتی در اکوسیستم‌های طبیعی مطرح باشد. تحقیقات نشان می‌دهند که افزایش ماده آلی خاک باعث کاهش آلودگی اندومیکوریزی می‌شود (۵) در این پژوهش بین میزان ماده آلی خاک با درصد کلونیزاسیون ریشه و تعداد اسپورها در خاک منطقه سرخس هم‌بستگی منفی و در منطقه کلات هم‌بستگی مثبت دیده شد که هر دو مورد به لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جداول ۱ و ۲). این نتیجه متناقض و نتایج به دست آمده از بررسی روابط هم‌بستگی بین فسفر قابل جذب با میزان کلونیزاسیون ریشه و تعداد اسپورها نشان می‌دهد که احتمالاً عوامل تأثیرگذار دیگری غیر از عوامل خاکی در فعالیت این قارچ‌ها در منطقه مؤثر می‌باشند، که باید در تحقیقات آینده مورد بررسی قرار گیرند. هرچند زارع مایوان و همکاران (۲) هم‌بستگی منفی بین میزان ماده آلی و تعداد اسپورهای VA در ریزوسفر درختان بنه (*P. atlantica*) را گزارش می‌کنند.

در این پژوهش، هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری ($P < 0.05$) بین میزان کلونیزاسیون ریشه و جمعیت اسپور در خاک دو ایستگاه دیده شد، نبود ارتباط خیلی قوی آماری بین جمعیت اسپور با میزان کلونیزاسیون ریشه‌ها براساس تحقیقات هیمن (۱۴) می‌تواند به دلایل زیر باشد:

۱. اختلاف در جمعیت گونه‌های VA موجود در خاک که تولید اسپور نکردند.

۲. آلودگی حاصل از هیف و قطعات ریشه‌ای آلوده کننده سایر گیاهان که باعث افزایش اینوکولوم در خاک و افزایش میزان کلونیزاسیون ریشه‌ها می‌شوند.

تحقیقات کیانمهر (۱۹) روی گیاه زعفران نشان داد که رابطه معنی‌داری بین تعداد اسپور و میزان کلونیزاسیون ریشه‌ها وجود ندارد. تحقیقات مورتون (۲۴) و جیووانتی و نیکولسون (۱۲) نیز چنین نتیجه‌ای را تأیید می‌کند. نبود هم‌بستگی بالا بین جمعیت اسپور و میزان کلونیزاسیون ریشه توسط محققین

توجه به نتایج حاصل از بررسی همبستگی بین عوامل خاکی و فعالیت این گروه از قارچ‌ها (جداول ۱ و ۲) و یک‌نواختی تقریبی بین تغییرات فصلی جمعیت اسپوره‌های این گروه از قارچ‌ها و میزان کلونیزاسیون ریشه‌ها (شکل‌های ۲ و ۳) خیلی به عوامل خاکی وابسته نیستند و احتمالاً بیشتر تحت تأثیر عوامل محیطی و میزبان می‌باشند. بنابراین می‌توان نتایج متنوع به دست آمده از این بررسی را وقتی به اکوسیستم‌های مختلف نگاه می‌کنیم

مستثنی کرد، به ویژه زمانی که اکوسیستم‌های کشاورزی و طبیعی با هم مقایسه شوند. بنابراین، در این زمینه تلاش بیشتر برای شفاف‌سازی ارتباطات بین عوامل خاکی و محیطی تأثیرگذار بر نقش این قارچ‌ها در رشد گیاهان ضروری به نظر می‌رسد.

منابع مورد استفاده

۱. رضانی، م. و م. حاجیان. ۱۳۷۵. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی بررسی مقدماتی توده‌های جنگلی *Pistacia vera* در استان خراسان. انتشارات وزارت جهاد سازندگی، تهران.
۲. زارع، م. ص. محمدی انارکی و م. ه. راد. ۱۳۷۸. بررسی هم‌زیستی میکوریزایی بنه (*Pistacia atlantica*) و برخی خصوصیات خاک بر فراوانی اسپور قارچ‌های اندومیکوریزا. فصلنامه پژوهش و سازندگی ۱۳(۴): ۳۰-۳۲.
۳. صالحی، ف.، د. ابوسعیدی و ن. علی اصغر زاده. ۱۳۷۷. وجود قارچ میکوریزا (وزیکولا-آربوسکولار) در ریشه پایه‌های مختلف پسته در استان کرمان. بیماری‌های گیاهی ۳۴(۳ و ۴): ۲۳۶-۲۳۷.
۴. مهرآوران، ح. ۱۳۶۸. اثر اندومیکوریزا بر رشد نهال‌های پسته. خلاصه مقالات نهمین کنگره گیاه پزشکی ایران، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مشهد. ۱۸-۲۳ شهریور ماه ۱۳۶۸.
5. Abbot, L. K. and A. D. Robson. 1991. Factors influence the occurrence of vesicular – arbuscular mycorrhizas. Agric. Ecosys. Environ. 35:121 – 150.
6. Bierman, B. and R. G. Linderman. 1980. Quantifying vesicular – arbuscular mycorrhizae: a proposed method towards standardization. New Phytol. 87:63 – 67.
7. Brundrett, M. 1991. Mycorrhizas in natural ecosystem. Adv. Ecol. Res. 21: 171-313.
8. Estaun, V. and C. Clavarta. 1990. Vesicular-arbuscular mycorrhizal on *Pistacia* sp. Symbiosis 9(3): 309 – 313.
9. Gay, P. E., P. J. Gyubb and H. J. Hudson. 1982. Season changes in the concentrations of Nitrogen, Phosphorus and Potassium, and in the density of mycorrhiza in biennial and matrix forming perenial species of closed chalkland turf. Ecol. 70: 571-593.
10. Green, N. E., S.D. Graham and N.C. Schenck. 1976. The influence of pH on the germination of vesicular-arbuscular mycorrhizal spores. Mycologia 68:929-934.
11. Giovannetti, M. 1985. Seasonal variation of vesicular-arbuscular mycorrhizal spores. Mycologia 68: 929-934.
12. Giovannetti, M. and T. H. Nicolson. 1983. Vesicular – arbuscular mycorrhiza in Italian sand dunes. Trans. Br. Mycol. Soc. 80: 552 – 557.
13. Hayman, D. S. and G. E. Stovold. 1979. Spore population and infectivity of vesicular arbuscular mycorrhizal Fungi in New South Wales. Aust.J. Bot. 27: 227 – 233.
14. Hayman, D. S. 1970. *Endogone* spore numbers in soil and vesicular – arbuscular mycorrhiza in wheat as influenced by season and soil treatment. Trans. Br. Mycol. Soc. 54 (1): 53-63.
15. Jacobsen, I. and N. E. Nielsen. 1983. Vesicular-arbusculr mycorrhiza in field grown crops :I. Mycorrhizal infection in cereals and peas at various times and soil depths. NewPhytol. 93: 401 – 403.
16. Janos, D. P. 1980. Mycorrhizae influence tropical succession. Biotropica 12: 56-95.
17. Johnson, C. R., J. A. Menge. S. S. Chawb and I. P. Ting. 1982. Interaction of photoperiod and vesicular – arbuscular mycorrhiza on growth and metabolism of sweet orange. New Phytol. 90:665-669.
18. Johnson, N. C. D. R. Zak, D. Tilman and G. L. Pfleger. 1991. Dynamics of vesicular – arbuscular mycorrhizae during old field succession. O ecologia 86: 349-358.
19. Kianmehr, H. 1981. Vesicular – arbuscular mycorrhizal spore population and infectivity of saffron (*Crocus Sativus*) in Iran. New Phytol. 88 : 79 – 82.

20. Klironomos, J. N., P. Mouroglis, B. Kendrick and P. Widden. 1993. A Comparison of spatial heterogeneity of VAM fungi in two maple-forest soil. *Can. J. Bot.* 71: 1472 – 1480.
21. Marshner, H. and B. Dell. 1996. Nutrient uptake in Mycorrhizal symbiosis. *Plant and Soil* 159: 89 – 102.
22. McGee, P. A. 1989. Variation in propagul numbers of VAM fungi in a semi-arid soil. *Mycol. Res.* 92: 28-33.
23. Menge, J. A., O. Steirle, D. J. Bagyaraj, E. L.V. Johnson and R.T. Leonard. 1978. Phosphorus concentration in plant responsible for inhibition of mycorrhizal infection *New Phytol.* 85:575-578.
24. Morton, J. B. 1985. Variation in mycorrhizal and spore morphology of *Glomus occultum* and *Glomus diaphanum* as influenced by plant host and soil environment. *Mycologia* 77 (2): 192-204.
25. Olsen, S. R. 1952. Measurement of surface Phosphate on Hydroxapatite and Phosphate rock with radiophosphorus. *J. Phys. Chem.* 56:630-632.
26. Phillips, J. M. and D. S. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 55: 159-161.
27. Porter, W. M., A. D. Robson and L. K. Abbott. 1987. Field survey of the distribution of vesicular – arbuscular mycorrhizal fungi in relation to soil pH. *J. Appl. Ecol.* 24: 659-662.
28. Ross, J. P. 1980. Effect of nontreated field soil on sporulation of vesicular – arbuscular mycorrhizal fungi associated with soybean. *Phytopathol.* 70: 100 – 105.
29. Schroder, N. V. 1974. Temperature response of *Endogone* mycorrhiza on soybean roots. *Mycologia* 66: 600 – 605.
30. Schubert, A. and A. Martinelli. 1989. Effect of vesicular arbuscular mycorrhizae and growth of invitro propagated *Pistacia integrima*. *Acta Hort.* 227: 441 – 443.
31. Sylvia, D. M. 1986. Spatial and temporal distribution of vesicular – arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Uniola paniculata* in florida forodune. *Mycologia* 78:728-734.
32. Sylvia, D. M. and N. C. Schenck. 1983. Application of superphosphate to mycorrhizal plants stimulates sporulation of Phosphorus – tolerant vesicular – arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytol.* 95: 566 – 661.
33. Vestbery, M. 1995. Occurrence of some *Glomales* in Finland. *Mycorrhiza* 5: 329 – 336.
34. Walkley, A. and I. A Black. 1934. An examination of the Degetiareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-38.
35. Xiao-lin, L. G. Erchhard., H. Marchner and Jun-Ling., Zhang. 1997. Phosphorus acquisition from compacted soil by hyphae of a mycorrhizal fungus associated with red clover (*Trifolium pratence*). *Can.J.Bot.* 75:723-729.
36. Young, J. L. E. A. Davis and S. L. Rose. 1985. Endomycorrhizal fungi in breeder wheats and Triticale cultivars field grown on fertile soil. *Agron.* 77: 219 – 224.
37. ZaK, J. C., R. M. Danielson and D. Parkinson. 1982. Mycorrhizal fungal spore numbers and species occurrence in two amended mine spoils in Alberta, Canada. *Mycologia* 74: 785- 792.