نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد پنجم، شماره دوم، ۱۳۹٤
http://ejsms.gau.ac.ir

بررسی اثر قارچ *تریکودرما هارزیانوم* بر کنترل فرسایش بادی خاک شنی دشت آزادگان در شرایط آزمایشگاهی و تونل باد

فاطمه ارزاقی[۱]، احمد فرخیان‌فیروزی[۲]، *نعیمه عنایتی‌ضمیر[۲] و بیژن خلیل‌مقدم[۳]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه شهید چمران اهواز، [۲]استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه شهید چمران اهواز، [۳]استادیار گروه خاکشناسی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین اهواز

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۳۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۷/۸

چکیده

سابقه و هدف: باد یک نیروی فرساینده مهم در بیابان‌هایی است که پوشش گیاه آن‌ها برای حفاظت سطح خاک کم است. فرسایش و ایجاد رسوب زمانی اتفاق می‌افتد که قدرت باد بیش‌تر از سرعت آستانه اصطکاک باشد. خاک‌های دارای پوسته‌های فیزیکی و بیولوژیکی معمولاً در برابر فرسایش بادی مقاوم‌تر هستند. مورفولوژی رشته‌ای و خصوصیات فیزیولوژی پوسته‌های قارچی منجر به اتصال ذرات خاک به یکدیگر و تشکیل خاکدانه‌های مقاوم شده و باعث کنترل فرسایش بادی می‌گردد.

مواد و روش‌ها: این پژوهش با هدف بررسی تأثیر قارچ *تریکودرما هارزیانوم* بر کنترل فرسایش بادی در یک خاک شنی استریل به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو سطح تلقیح (تلقیح با *تریکودرما هارزیانوم* و بدون تلقیح)، دو تیمار رطوبتی (۸۰ درصد گنجایش زراعی و خشک) و سه تیمار زمانی (۱۵، ۳۰ و ٤٥ روز) انجام شد. بعد از سپری شدن زمان‌های فوق مقاومت در برابر فروروی، کربن زیست‌توده میکروبی، تنفس و برخی خصوصیات فیزیکی خاک اندازه‌گیری شد. گسترش و توسعه ریسه‌های قارچ در بین ذرات و سطح خاکدانه‌ها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی مشخص گردید. در نهایت پس از انجام تمام آزمایش‌ها تیمار بهینه با بیش‌ترین مقاومت در برابر فروروی انتخاب گردید و نمونه‌ای از آن برای آزمایش تونل باد آماده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد با افزایش زمان، مقاومت در برابر فروروی خاک به‌صورت معنی‌داری در تیمار ٤٥ روزه دارای قارچ و در سطح رطوبت ۸۰ درصد گنجایش زراعی از ۲/۸۵ در نمونه ۱۵ روزه به ٤/٥ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع و وزن مخصوص ظاهری خاک از ۱/٤۹ به ۱/٥٥ گرم بر سانتی‌مترمکعب افزایش یافت. هدایت الکتریکی، تنفس و کربن زیست‌توده میکروبی خاک نیز با زمان دارای روند افزایشی بود. در حالی‌که واکنش خاک با رشد و گسترش قارچ و ترشح مواد اسیدی به خاک کاهش نشان داد. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نیز گسترش و توسعه ریسه‌های قارچ را در بین ذرات و سطح خاکدانه‌ها به خوبی نشان داد. نمونه‌های با بالاترین مقدار مقاومت در برابر فروروی (نمونه ٤٥ روزه با رطوبت ۸۰ درصد ظرفیت زراعی) بعد از قرار گرفتن در تونل باد با سرعت ۱۲ متر بر ثانیه دچار فرسایش نشد.

* مسئول مکاتبه: n.enayatzamir@scu.ac.ir

نتیجه‌گیری: این پژوهش نشان می‌دهد قارچ *تریکودرما هارزیانوم* مقاومت خاک در برابر فرسایش بادی را با توسعه رشته‌های هیف و در نتیجه اتصال ذرات خاک به یکدیگر و تشکیل خاکدانه‌های بزرگ‌تر افزایش می‌دهد. بنابراین پوشش پوسته می‌تواند به‌عنوان یک شاخص مفید برای جلوگیری از فرسایش بادی به‌ویژه در بیابان‌هایی که پوشش گیاهی کم است، مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: خصوصیات فیزیکی خاک، فرسایش بادی، کنترل بیولوژیکی، مقاومت فروروی

مقدمه

فرسایش بادی نه تنها فرآیند فرسائیدن و تغییر شکل دادن زمین است، بلکه عامل اصلی ایجاد بیابان‌های ماسه‌ای در مناطق خشک و فراخشک و از فاکتورهای اصلی در تنزل سلامت محیط زیست، فقر خاک، آلودگی هوا و پراکندن گرد و غبار می‌باشد. به همین دلیل مطالعات زیادی به‌منظور درک بهتر چگونگی رخداد این پدیده انجام شده است (۱۷، ۲۰). فرسایش بادی باعث خسارات زیادی به محصولات کشاورزی، ساختمان‌ها، تأسیسات و وسایل نقلیه می شود (۱۳). در سطح جهان حدود ٥٤٩ میلیون هکتار در اثر فرسایش بادی مورد تخریب قرار گرفته که ۲۹٦ میلیون هکتار آن دارای فرسایش بادی شدید می‌باشند (۱۲). با توجه به شرایط اقلیمی ایران، بخش‌های زیادی از مرکز و جنوب و شرق ایران تحت فرسایش بادی قرار دارد. ۹/۱۱ درصد از مساحت کشور متأثر از فرسایش بادی بوده و ١٤ استان که در مناطق خشک و نیمه‌خشک واقع شده‌اند با این معضل روبرو هستند (۱۵). در اثر فرسایش بادی سالیانه حدود یک هزار میلیارد خسارت به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر منابع طبیعی کشور وارد می‌شود و تأثیرات منفی این پدیده بر روی سلامت شهروندان، اقتصاد، محیط زیست، مهاجرت و جابه‌جایی اجباری جمعیت مشهود است (۱). این پدیده همچنین سبب انتقال امراض و آفات گیاهی می‌شود، بر روحیات مردم اثر گذاشته و موجب مهاجرت مردمان این مناطق به سایر نواحی می‌شود، بنابراین استفاده از روش‌های بهینه به‌منظور تثبیت خاک مناطق فرسایش‌پذیر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. خاک‌های با پوسته‌های فیزیکی و بیولوژیکی معمولاً در برابر فرسایش بادی مقاوم هستند. برای مثال رشته‌های قارچ، باکتری، جلبک و گلسنگ پوسته‌هایی بیولوژیکی روی خاک تشکیل می‌دهند و سطح خاکدانه‌های هوا خشک را در برابر فرسایش بادی مقاوم می‌سازند (۸، ۱۸). مورفولوژی رشته‌ای و خصوصیات فیزیولوژی پوسته‌های قارچی که منجر به اتصال ذرات خاک به یکدیگر و تشکیل خاکدانه‌های مقاوم شده است باعث توصیه استفاده از قارچ‌های رشته‌ای برای کنترل فرسایش بادی شده است (١٦). اما پژوهش‌های چندانی در زمینه نقش هیف‌های قارچ در کنترل فرسایش بادی صورت نگرفته است. نومان و مکسول (۱۹۹۹) پایداری، مقاومت و استحکام پوسته‌های شنی تشکیل شده توسط قارچ *آبزیدیا کوریمبیفرا*[1] و *آروبازیدیوم پولولانس*[2] را مقایسه کردند. آن‌ها نشان دادند پوسته‌های حاصل از *آبزیدیا* در سرعت آستانه ۱۰ متر بر ثانیه مقاوم هستند؛ اما پوسته‌های قارچ *آروبازیدیوم* معمولاً در سرعت‌های خیلی کم‌تر از ۱۰ متر بر ثانیه مقاومت نشان دادند (١٦). تانگ و همکاران (۲۰۱۱) اثر ٦ تیمار را بر روی پایداری خاکدانه‌ها بررسی کردند، تیمارها شامل: خاک، خاک و باکتری‌کش، خاک و قارچ‌کش، خاک و

1- *Absidia corymbifera*
2- *Aureobasidium pullulans*

بقایای ذرت، خاک و بقایای ذرت و قارچ‌کش، خاک و بقایای ذرت و باکتری‌کش بود. نتایج آن‌ها نشان داد در تیمار خاک و قارچ‌کش به همان نسبتی که زیست‌توده قارچی خاک کاهش یافته بود، پایداری خاکدانه‌های خاک نیز کاهش یافت (۲۲). آنان نتیجه گرفتند که قارچ‌ها اثر به‌سزایی در ساخت و هماوری خاکدانه‌های درشت دارند. پاجر و همکاران (۲۰۱۰) با پژوهش بر روی اثرات فیزیکی چند جنس قارچ بر روی خاک نشان دادند در تمام نمونه‌ها درصد زیادی از فضای خلل و فرج توسط قارچ پر شده است و تقریباً تمام حجم منافذ در نزدیکی محل تلقیح توسط هیف قارچ اشغال شده که این امر موجب افزایش وزن مخصوص خاک گردید (۱۹). دنف و همکاران (۲۰۰۱) و دگریز و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند قارچ‌ها اثر بسیار بزرگی در تشکیل خاکدانه‌های درشت دارند. علاوه بر اثرات فیزیکی در بدام انداختن خاکدانه‌های درشت توسط هیف، از طریق تولید پلی‌ساکاریدهای برون سلولی توسط هیف‌ها نیز باعث می‌شوند خاکدانه‌های کوچک در مرز خاکدانه‌های درشت به همدیگر و همچنین به خاکدانه‌های درشت متصل شوند (٦، ۷). یکی از قارچ‌های مهم که به‌طور بالقوه از عوامل کنترل بیولوژیک علیه قارچ‌های بیماری‌زا محسوب می‌گردد؛ قارچ *تریکودرما* می‌باشد. نتایج پژوهش‌های انجام شده بر روی برخی از گیاهان بیانگر آن است که با حضور قارچ تریکودرما در خاک، رشد گیاه به نحو چشمگیری افزایش می‌یابد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که قارچ تریکودرما با کنترل فلور میکروبی بیماری‌زای خاک در ناحیه ریزوسفر گیاهان، به این افزایش رشد کمک می‌کند (۲۵). همچنین از این قارچ به‌عنوان جذب‌کننده زیستی برخی فلزات استفاده می‌شود. تلقیح گیاه با تریکودرما می‌تواند شرایط را برای پالایش خاک‌هایی با آلودگی متعدد فراهم آورد (١٤). به سبب اهمیت پوسته‌های بیولوژیکی در تشکیل خاکدانه‌های درشت و محاسن روش‌های بیولوژیک نسبت به روش‌های شیمیایی و فیزیکی در کنترل فرسایش بادی و مشکلات ناشی از پدیده گرد و غبار در مناطق جنوب‌غربی کشور، در این پژوهش امکان استفاده از قارچ تریکودرما به‌عنوان عاملی برای کاهش فرسایش بادی بر روی خاک شنی مورد مطالعه قرار گرفت و سعی شد با اجرای تیمارهای زمانی و رطوبتی؛ تا حد امکان شرایط مشابه با بیابان نیز ایجاد شود تا با استناد به داده‌های این پژوهش؛ این روش بیولوژیکی در سطح وسیع به اجرا گذاشته شود.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از منطقه مورد مطالعه: نمونه‌برداری از خاک به‌صورت تصادفی از عمق ۳ سانتی‌متری خاک منطقه‌ای صاف از شهرستان دشت آزادگان (تپه‌های شنی بستان) انجام شد. منطقه مورد مطالعه از کانون‌های بحرانی فرسایش بادی خوزستان است و با وسعت ٢٨٨٤ هکتار در فاصله حدوداً ۲۰ کیلومتری شهرستان بستان واقع شده است. این منطقه دارای مختصات جغرافیایی ٤٧ درجه و ۵۹ دقیقه تا ٤٨ درجه و ۳ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ٤٠ دقیقه تا ۳۱ درجه و ٤٦ دقیقه عرض شمالی می‌باشد.

تهیه زادمایه قارچ: قارچ *تریکودرما هارزیانوم* از مرکز کلکسیون میکروبی دانشگاه زنجان تهیه شد. قارچ مذکور جهت تکثیر ابتدا در محیط کشت PDA به‌مدت یک هفته در دمای ۳۰ درجه سلسیوس کشت گردید و سپس اسپورهای تولید شده در هر پتری‌دیش به‌وسیله آب مقطر استریل جمع‌آوری و تعداد اسپورها توسط لام هماسیتومتر شمارش شد.

آماده‌سازی خاک: ابتدا نمونه خاک از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد و سپس با استفاده از دستگاه اتوکلاو، در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس و فشار PSI ۱۵

به‌مدت ۲ ساعت استریل گردید. پس از سرد شدن به‌میزان ۷۵۰ گرم در گلدان‌هایی با قطر داخلی ۵ سانتی‌متری و ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر توزین گردید. مقدار رطوبت خاک در حد گنجایش زراعی توسط دستگاه صفحه فشار تعیین و برای تمام گلدان‌ها رطوبت اولیه ۸۰ درصد ظرفیت زراعی اعمال شد؛ در مجموع ۳٦ گلدان با ۲ تیمار قارچی (تلقیح و عدم تلقیح با قارچ)، ۲ سطح رطوبتی (۸۰ درصد ظرفیت زراعی و بدون آبیاری) و ۳ دوره زمانی (۱۵، ۳۰ و ٤۵ روز) تهیه و به نمونه‌های با تیمار قارچ، 10^6 اسپور در هر گرم خاک خشک اضافه شد. گلدان‌ها در دمای ثابت ۳۰ درجه سلسیوس نگهداری و برای اعمال تیمار رطوبتی نیمی از گلدان‌ها روزانه آبیاری شدند (به‌صورت مه‌پاش) به‌طوری‌که رطوبت‌شان در حد ۸۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه بماند و به سایر گلدان‌ها آبی اضافه نشد (تیمارهای ۸۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه ۵ روز قبل از هر آزمایش آبیاری نشدند تا سطح نمونه‌ها کاملاً خشک شود)، همچنین به‌منظور تغذیه قارچ با فاصله ۷ روز به هر گلدان مقداری گلوکز اضافه می‌شد که مقدار آن در هر گرم خاک خشک به ۰/۰۰۲ گرم برسد (۱٦). در نهایت در ۳ دوره زمانی ۱۵، ۳۰ و ٤۵ روز و با ۳ تکرار برای تمام نمونه‌ها برخی خصوصیات خاک مورد بررسی قرار گرفت.

خصوصیات اندازه‌گیری شده خاک: برخی خصوصیات خاک شامل هدایت الکتریکی در عصاره ۱ به ۲ خاک به آب به‌وسیله دستگاه هدایت‌سنج، واکنش خاک در عصاره ۱ به ۲ خاک به آب به‌وسیله دستگاه pH متر (۲۱)، بافت خاک به روش هیدرومتری (۱۱)، مقاومت مکانیکی خاک در سه تیمار زمانی ۱۵، ۳۰ و ٤۵ روز توسط نفوذسنج مخروطی، کربن زیست‌توده میکروبی به روش تدخین- استخراج (٤) و تنفس به روش تیتراسیون (۲) تعیین گردید. تجزیه واریانس داده‌ها به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹ و گروه‌بندی میانگین‌ها با نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد. نمودارها نیز به‌وسیله نرم‌افزار EXCEL 2013 ترسیم گردید.

میکروسکوپ الکترونی روبشی: خاکدانه‌های ۱/۵ میلی‌متری به‌صورت تصادفی از هر نمونه انتخاب و روی صفحه آلومنیوم با پوشش طلا چسبانده شد و تصاویر میکروسکوپی پوسته قارچی توسط SEM, LEO corp, Germany) LEO 1455 vp (Scanning Electron Microscope تهیه گردید (۵).

آزمایش تونل باد: در نهایت پس از انجام همه آزمایش‌ها تیمار بهینه با بیش‌ترین مقاومت در برابر فروروی انتخاب گردید و نمونه‌ای از آن برای آزمایش تونل باد آماده شد. بدین منظور نمونه‌های آزمایشی مشابه روش قبل تهیه و در ظرف‌های فلزی با ابعاد ۱۰۰ در ۳۰ سانتی‌متر ریخته شد. قارچ *تریکودرما هارزیانوم* نیز به‌میزان مورد نظر به نمونه‌ها تلقیح گردید و در محل مورد نظر در داخل تونل باد نصب و مورد آزمایش فرسایش بادی قرار گرفت (۱۵). به‌منظور ارزیابی تأثیر قارچ بر میزان مقاومت خاک در برابر فرسایش باد شدید، سرعت حداکثر در محور مرکزی تونل آزمایشگاهی مدنظر قرار گرفت. سرعت حداکثر در محور مرکزی تونل (۲۰ سانتی‌متر بالای سطح خاک) به ۱۲ متر بر ثانیه رسید و زمان مورد نظر برای آزمایش با توجه به سرعت باد حداکثر در تونل و اندازه نمونه‌ها تعیین گردید که با توجه با بالا نبودن سرعت باد و نیز کوچک بودن ابعاد نمونه، زمان لازم برای آزمایش ۱۰ دقیقه در نظر گرفته شد. پس از اتمام این زمان، نمونه‌ها از تونل خارج و توزین گردید. اختلاف وزن نمونه در ابتدا و انتهای آزمایش به‌عنوان میزان فرسایش در نظر گرفته شد.

شکل ۱- نمایی از دستگاه تونل باد.

Figure 1. A view of a wind tunnel.

نتایج و بحث

برخی از خصوصیات خاک منطقه مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه گردیده است. دانه‌بندی نمونه‌ها نشان داد که نمونه‌های شنی مورد استفاده شامل ذرات شن با قطر یکنواخت بوده به‌طوری‌که حدود ٦٠ درصد ذرات دارای قطر بین ۰/۲۵، ۰/۵ و ٤٠ درصد دارای قطر کم‌تر از ۰/۲۵ میلی‌متر بودند.

شکل ۲- نمایی از سرعت‌سنج تونل باد.

Figure 2. The speedometer of wind tunnel.

شکل ۳- نمایی از بادسنج دستی تونل باد.

Figure 3. Handheld anemometer of wind tunnel.

جدول ۱- برخی خصوصیات خاک منطقه مورد مطالعه.

Table 1. The selected properties of used soil.

نمونه Sample	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	واکنش خاک pH	جرم مخصوص ظاهری Bulk density (gr/cm^3)
ماسه بادی Windy sand	5.1	0.9	94	0.2	7.6	1.55

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) مشاهده می‌شود که بین خاک‌های تلقیح‌شده با قارچ و تیمار شاهد بدون قارچ، تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد از نظر مقاومت در برابر فروروی وجود دارد. به‌عبارت دیگر از نظر آماری تأثیر قارچ در افزایش مقاومت خاک کاملاً معنی‌دار است. همچنین نتایج مقایسه میانگین مقاومت در برابر فروروی نشان داد که بین تیمارهای با رطوبت مختلف، اختلاف معنی‌داری وجود ندارد اما بین تیمارها با فواصل زمانی مختلف اختلاف معنی‌دار است (جدول ۲). مقایسه میانگین مقاومت فروروی (شکل ٤) برای ۳ تیمار زمانی به روش دانکن نشان داد که بین مقاومت فروروی در ۱۵، ۳۰ و ٤٥ روز تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود دارد. مشاهده می‌شود مقاومت به نفوذ با گذشت زمان افزایش می‌یابد که این نتایج می‌تواند به‌دلیل رشد قارچ و اثر حفاظتی آن باشد. تیمار با تلقیح قارچ در سطح رطوبت ۸۰ درصد ظرفیت زراعی و در دوره ٤٥ روزه با مقاومت به فروروی (٤/٥ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع) در بالاترین سطح قرار گرفت. نمونه‌های ٤٥ روزه حاوی قارچ در حالت خشک نیز با اختلاف غیرمعنی‌دار دومین سطح را از نظر مقاومت در برابر فروروی (٤/٤ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع) به خود اختصاص داد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که قارچ تریکودرما در رطوبت کم‌تر از ظرفیت زراعی نیز به رشد خود ادامه داده و سرعت رشد این قارچ در ۸۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی و رطوبت کم‌تر از آن مشابه بوده است (۱۸). توانایی هیف‌های قارچ در ایجاد خاکدانه و افزایش پایداری خاک ارتباط مستقیمی با زیست‌توده قارچ و ترشحات تولید شده توسط آن‌ها دارد (۳). تیزدال و همکاران (۲۰۱۲) در خاک‌های تلقیح شده با قارچ، همبستگی مثبتی بین میزان توسعه قارچ و پایداری خاکدانه‌ها (مقاومت برشی و کششی) مشاهده کردند (۲۳).

اعمال تیمار قارچ در روز ۱۵ سبب کاهش وزن مخصوص ظاهری از ۱/٥٥ به gr/cm^3 ۱/٤۹ گردید و با افزایش زمان مجدداً روند افزایشی پیدا کرده و در روز ٤٥ با تیمار شاهد (نمونه بدون قارچ) برابر شد (gr/cm^3 ۱/٥٥). کاهش وزن مخصوص ظاهری در خاک‌های با پوشش بیولوژیک به‌دلیل افزایش فعالیت بیولوژیک خاک و بالا بودن مواد آلی در این خاک‌ها رخ می‌دهد، همچنین افزایش تنفس در این خاک‌ها افزایش تخلخل را در پی داشته که نهایتاً منجر به کاهش وزن مخصوص ظاهری می‌گردد. اما افزایش وزن مخصوص ظاهری در روز ٤٥ به‌دلیل رشد بیش از اندازه قارچ و اشغال منافذ خاک توسط رشته‌های قارچی اتفاق افتاد (۱۹). براساس نتایج تجزیه آماری انجام شده بر روی داده‌های pH و هدایت الکتریکی مشاهده می‌شود بین خاک‌های تیمار شده با قارچ و نمونه شاهد، تفاوت معنی‌داری از نظر pH و هدایت الکتریکی وجود دارد (جدول ۲). تلقیح قارچ به خاک (به‌طور متوسط) باعث تغییر میزان pH از ۷/٤۷ در نمونه شاهد بدون قارچ به ٦/۸۹ در نمونه ٤٥ روزه حاوی قارچ و هدایت الکتریکی از ۰/۲ به ۰/۷۸۷

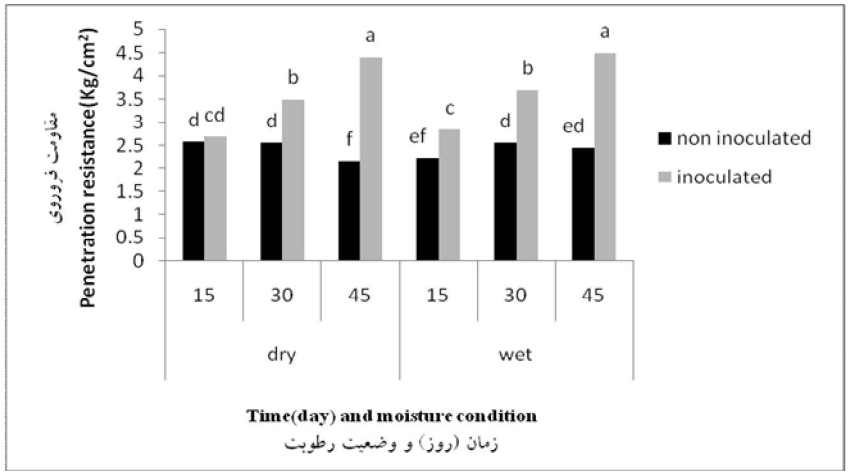
گردید. همچنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بین تیمارها از نظر مقادیر pH و هدایت الکتریکی در فواصل زمانی مختلف اختلاف معنی‌داری وجود دارد، اما اختلاف بین تیمارهای با رطوبت مختلف برای هدایت الکتریکی معنی‌دار نشد. مقایسه میانگین ۳ تیمار زمانی به روش دانکن (داده‌ها نشان داده نشده) نشان داد که با افزایش تیمار زمانی هدایت الکتریکی خاک به‌صورت معنی‌داری افزایش و pH به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت. برین و لوسکو (۲۰۰۸) نیز با بررسی خصوصیات فیزیکی خاک‌های حاوی پوسته قارچی و خاک‌های اطرافشان (بدون پوسته قارچی) در شمال کانادا مشاهده کردند خاک‌های حاوی پوسته‌های قارچی داری اسیدیته کم‌تری به نسبت خاک اطرافشان بودند و همین‌طور با گذر زمان، اسیدیته پوسته‌ها بیش‌تر کاهش یافت. آن‌ها دو مورد را به‌عنوان دلیل این امر گزارش کردند، انوع خاک و رشد قارچ (٤). تریکودرما با تولید اسیدهای آلی مثل گلوکونیک، سیتریک یا فوماریک اسید باعث کاهش واکنش خاک و افزایش حلالیت عناصری مثل فسفر، منیزیم و عناصر کم‌مصرف می‌شوند که برای رشد و متابولیسم گیاه ضروری هستند (٢٦). هارپر و بلناپ در سال ۲۰۰۱ گزارش کردند که پوسته‌های قارچی عموماً منبع غنی از نیتروژن و پتاسیم و چند عنصر کم‌مصرف هستند که با رشد قارچ‌ها به‌طور دائم افزایش می‌یابند. البته گاهی اوقات برخی عناصر ضروری مانند فسفر را کاهش می‌دهند و عموماً باعث افزایش هدایت الکتریکی خاک می‌شوند (۹).

جدول ۲- میانگین مربعات اثر قارچ تریکودرما، رطوبت و زمان بر برخی خصوصیات خاک.

Table 2. Mean squares of *Trichoderma*, moisture and time effect on some properties of soil.

منبع تغییرات SOV	درجه آزادی df	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC	کربن زیست‌توده میکروبی Microbial biomass carbon	تنفس میکروبی Microbial respiration	مقاومت فروروی penetration resistance
قارچ (Fungus)	1	0.459**	1.038**	162580**	2.372**	7.482**
رطوبت (Moisture)	1	0.028*	0.001^{ns}	6596**	0.020**	0.004^{ns}
زمان (Time)	2	0.195**	0.047**	38451**	0.526**	1.962**
رطوبت × زمان (T×M)	2	0.002^{ns}	0.001^{ns}	1052**	0.003**	0.049**
قارچ × رطوبت (M×F)	1	0.037*	0.001^{ns}	5982**	0.020**	0.000^{ns}
قارچ × زمان (F×T)	2	0.073**	0.067**	39998**	0.524**	2.402**
قارچ × رطوبت × زمان (M×T×F)	2	0.003^{ns}	0.001^{ns}	1091**	0.003**	0.431**
خطا (Error)	12	0.014	0.001	4	1.04×10^{-6}	0.026

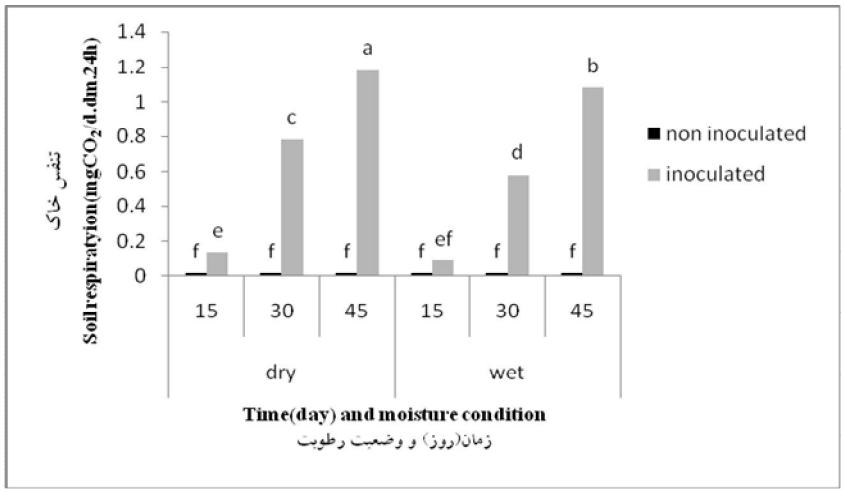
* و ** و ^{ns} به‌ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و اختلاف غیرمعنی‌دار می‌باشد.



شکل ٤- اثرات متقابل تیمارهای قارچ، رطوبت و زمان بر میزان مقاومت به فروروی خاک.

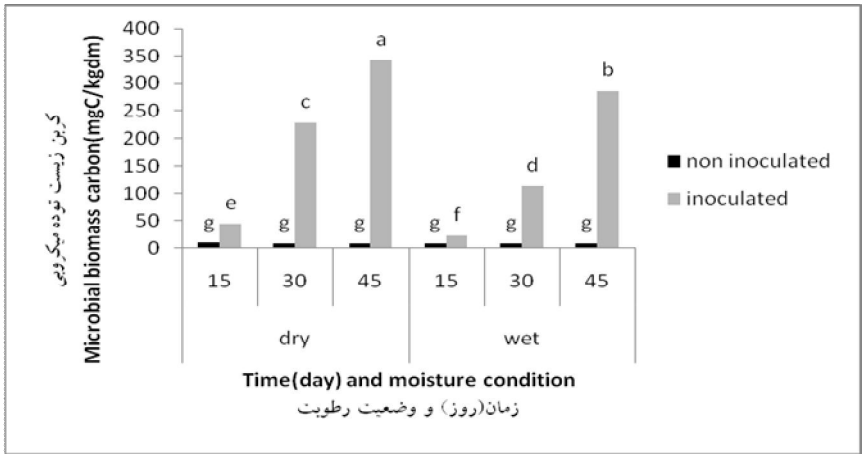
Figure 4. Interaction effect of fungus, moisture and time on soil penetration resistance.

براساس نتایج تجزیه آماری انجام شده بر روی داده‌های کربن زیست‌توده و تنفس میکروبی مشاهده می‌شود که بین خاک‌های تیمار شده با قارچ و نمونه شاهد، تفاوت معنی‌داری از نظر این صفات وجود دارد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بین تیمارها در فواصل زمانی مختلف و رطوبت‌های مختلف اختلاف معنی‌داری وجود دارد. با افزایش تیمار زمانی؛ کربن زیست‌توده (شکل ۵) و تنفس میکروبی (شکل ٦) به‌صورت معنی‌داری در سطح ۱ درصد افزایش نشان داد. تیمارهای خشک به‌صورت معنی‌داری دارای کربن زیست‌توده میکروبی و تنفس میکروبی بیش‌تر نسبت به تیمارهای مرطوب بودند. کربن زیست‌توده میکروبی (۳٤۲/۸٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک خشک) در تیمار ٤٥ روزه خشک با ۳٤ برابر افزایش نسبت به تیمار ۱۵ روزه بدون قارچ (۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک خشک) و مقدار تنفس ($mg\ CO_2/gr.24h$ ۱/۱۸) با افزایش ۱۱۸ برابری نسبت به تیمار ۱۵ روزه بدون قارچ ($mg\ CO_2/gr.24h$ ۰/۰۱) بالاترین مقدار را به خود اختصاص داد.



شکل ۵- اثر متقابل تیمارهای قارچ و رطوبت و زمان بر تنفس میکروبی خاک.

Figure 5. Interaction effect of fungus, moisture and time on soil microbial respiration.

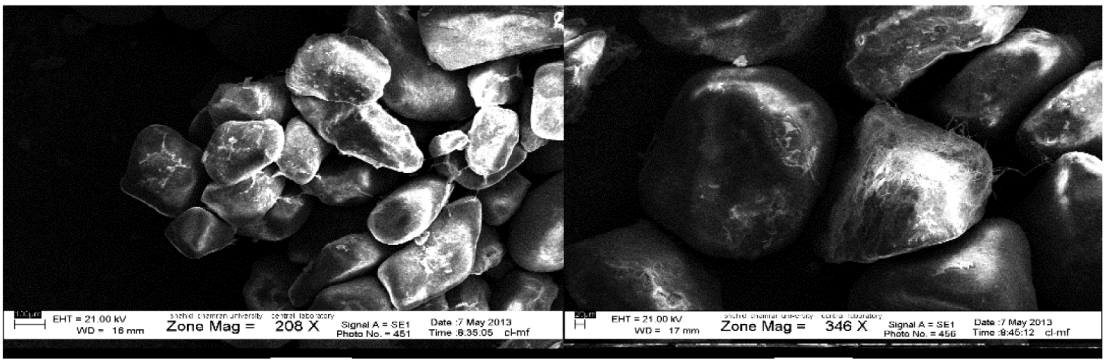


شکل ٦- اثر متقابل تیمارهای قارچ و رطوبت و زمان بر کربن زیست‌توده خاک.

Figure 6. Interaction effect of fungus, moisture and time on soil microbial biomass carbon.

مقدار بالای تنفس در خاک‌های دارای پوشش بیولوژیکی مربوط به مقدار زیادتر مواد آلی و حضور ریزموجودات در این خاک‌ها می‌باشد. در این پژوهش مقدار کربن آلی خاک در نمونه‌های حاوی قارچ از ۰/۰۵ به ۰/٤۲۲ درصد افزایش یافت. مطالعه تأثیر تلقیح قارچ بر میزان کربن آلی خاک نشان می‌دهد که ساختمان ضعیف در خاک‌های بیابانی اغلب به‌دلیل پایین بودن میزان کربن آلی در آن‌ها است و کاربرد قارچ در این گونه خاک‌ها نقش مهمی در بالا بردن آن دارد (۲۷). رطوبت خاک در یک محدوده معین و مناسب اثر کمی بر فعالیت ریزموجودات خاک دارد، اما مقدار رطوبت در خارج از این محدوده؛ کم‌تر و یا بیش‌تر؛ تأثیر به‌سزایی در فعالیت آن‌ها دارد. به‌علاوه میزان مطلوب رطوبت با افزایش دما کاهش می‌یابد، در واقع در دمای بالا پتانسیل رطوبت بیش‌تر از مقدار رطوبت اهمیت خواهد داشت. در رطوبت کم رشد و فعالیت ریزموجودات کم می‌شود که این اتفاق به سبب محدودیت پخش مواد غذایی است و از طرفی دیگر مقدار زیاد رطوبت می‌تواند تأمین اکسیژن مورد نیاز ریزموجودات را محدود کند (۱۰). نتایج این پژوهش نیز بر همین امر دلالت دارد و مشاهده شد تنفس و کربن زیست‌توده میکروبی در تیمارهای با رطوبت ۸۰ درصد گنجایش زراعی کم‌تر از تیمارهایی است که تنها رطوبت‌شان رطوبت اولیه و گلوکز مایعی بود که برای تغذیه قارچ‌ها به گلدان‌ها داده می‌شد. کم‌تر بودن میزان کربن زیست‌توده در تیمارهای با رطوبت بیش‌تر می‌تواند به این دلیل باشد که رطوبت ۸۰ درصد گنجایش زراعی گلوکزی را که به سطح خاک برای تغذیه قارچ اسپری می‌شده را با خود شسته و به عمق خاک انتقال داده و از دست‌رس قارچ خارج کرده است؛ در نتیجه رشد و فعالیت قارچ در سطح خاک به سبب کمبود مواد غذایی کاهش یافته است (۸). در نهایت نتایج مربوط به تونل باد نشان داد نمونه ٤٥ روزه تلقیح شده با قارچ کاملاً مقاوم به فرسایش بود و اصلاً دچار فرسایش نشد در حالی‌که میزان خاک فرسایش‌یافته از نمونه تیمار شده با آب ۳۸۰۰ گرم معادل ۷۵/۹ $kg/m^2/hr$ بود. قارچ مقاومت خاک در برابر فرسایش بادی را به‌وسیله توسعه رشته‌های هیف و در نتیجه اتصال ذرات خاک به یکدیگر و تشکیل خاکدانه‌های بزرگ‌تر افزایش می‌دهد. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (شکل ۷) نیز گسترش و توسعه ریسه‌های قارچ را در بین ذرات و سطح خاکدانه‌ها به خوبی نشان می‌دهد. مطالعات زائو و همکاران (۲۰۱۰) نیز بر روی ارتباط

قوی و مهم بین پوشش پوسته قارچی و فرسایش بادی تأکید دارند (۲۷). واندن آنکر و جانگروس (۱۹۸۵) با مطالعه بر روی تپه‌های ساحلی هلند و انجام آزمایش تونل باد بر روی سه نمونه: بدون پوسته، با پوسته یک ماهه و با پوسته شدیداً توسعه‌یافته نشان دادند که حتی پوسته‌های نخستین به‌صورت مؤثری آسیب شن را در برابر باد کم می‌کند. پوشش پوسته می‌تواند به‌عنوان یک شاخص مفید برای جلوگیری از فرسایش بادی مورد توجه قرار گیرد، به‌ویژه در بیابان‌هایی که پوشش گیاهی کم است و این پوسته‌ها تنها پوشاننده سطح خاک محسوب می‌شوند (۲٤).



A B

شکل ۷- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی قارچ بعد از ٤۵ روز با بزرگنمایی ۱۰۰ میکرومتر (A) و ۲۰ میکرومتر (B).

Figure 7. SEM micrograph of fungus after 45 days with magnification of A: 100µm and B: 20 µm.

نتیجه‌گیری کلی

این پژوهش نشان می‌دهد قارچ *تریکودرما هارزیانوم* مقاومت خاک در برابر فرسایش بادی را به‌وسیله توسعه رشته‌های هیف و در نتیجه اتصال ذرات خاک به یکدیگر و تشکیل خاکدانه‌های بزرگ‌تر افزایش می‌دهد. از آن‌جا که نتایج پژوهش‌های انجام شده بر روی برخی از گیاهان نشان می‌دهد که با حضور قارچ تریکودرما در خاک، رشد گیاه به‌نحو چشم‌گیری افزایش می‌یابد (۲۵). بنابراین استفاده از این قارچ به‌عنوان مایه تلقیح میکروبی می‌تواند ضمن داشتن اثرات مثبت در رشد گیاهان موجود در منطقه؛ باعث افزایش مقاومت خاک در برابر فرسایش بادی نیز شود.

سپاسگزاری

نویسندگان از معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه شهید چمران اهواز از نظر فراهم نمودن اعتبار پژوهشی این پژوهش در قالب پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد سپاسگزاری می‌نمایند.

منابع

1.Ahmadi, H., Ekhtessasi, M., Feiznia, S., and Ghanei Bafghi, M. 2003. Control methods of wind erosion for railroad protection (Case study: Bafgh Area). Iran. J. Natur. Sci. 3: 327-338. (In Persian)

2.Alef, K., and Nannipieri, P. 1995. Methods in applied soil microbiology and biochemistry. Academic Press. 565p.

3.Barajas Aceves, M. 2005. Comparison of different microbial biomass and activity measurement methods in metal- contaminated soil. J. Bioresour. Technol. 96: 1405-1414.
4.Breen, K., and Le´vesque, E. 2008. The Influence of biological soil crusts on soil characteristics along a high arctic glacier foreland, Nunavut, Canada. Arctic, Antarctic and Alpine Research. 40: 2. 287-297.
5.Caesar-Ton That, T. 2002. Soil binding properties of mucilage produced by a basidiomycete fungus in a model system. Mycological Research. 106: 8. 930-937.
6.De Gryze, S., Six, J., Brits, C., and Merckx, R. 2005. A quantification of short-term macroaggregate dynamics: influences of wheat residue input and texture. Soil Biology and Biochemical. 37: 1. 55-66.
7.Denef, K., Six, J., Bossuyt, H., Frey, S.D., Elliott, E.T., Merckx, R., and Paustian, K. 2001. Influence of dry–wet cycles on the interrelationship between aggregate, particulate organic matter and microbial community dynamics. Soil Biology and Biochemistry. 33: 1599-1611.
8.Eldridge, D.J., and Greene, R.S.B. 1994. Microbiotic soil crusts: a review of their roles in soil and ecological processes in the rangelands of Australia. Austr. J. Soil Res. 32: 3. 389-415.
9.Harper, K.T., and Belnap, J. 2001. The influence of biological soil crusts on mineral uptake by associated vascular plants. J. Arid Environ. 47: 3. 347-357.
10.Howard, D.M., and Howard, P.J.A. 1993. Relationship between CO_2 evolution, moisture content and temperature for a range of soil types. Soil Biology and Biochemical. 25: 11. 1537-1546.
11.Klute, A. 1986. Methods of soil analysis, Part 1: physical and mineralogical methods. Soil Science Society of America, Madison, WI.
12.Lal, R. 2003. Soil erosion and global carbon budget. Environ. Inter. J. 29: 4. 437-450.
13.Lian-You, L., Shang-Yu, G., Pei-Jun, S., Xiao-Yan, L., and Zhi-Bao, D. 2003. Wind tunnel measurements of adobe abrasion by blown sand: profile characteristics in relation to wind velocity and sand flux. J. Arid Environ. 53: 3. 351-363.
14.Mahdian, M. 2006. Assessment of land degradation in Iran. 3rd Erosion and Sediment National Conference, Soil conservation and watershed management research center of Iran, Tehran. (In Persian)
15.Modaresnia, A.R., Sadeghi, M., Abtahi, S.M., and Emtiazi, G. 2012. Evaluation of microbiological stabilization of sands by wind tunnel (Case study: Isfahan Sagzi). Natural Conference of sustainable development and urban construction, Isfahan. (In Persian)
16.Neuman, C.M., and Maxwell, C.A. 1999. Wind tunnel study of the resilience of three fungal crusts to particle abrasion during Aeolian sediment transport. Catena. 38: 2. 151-173.
17.Nordstrom, K.F., and Hotta, S. 2004. Wind erosion from cropland in the USA: a review of problems, solutions and prospects. Geoderma. 121: 3-4. 157-167.
18.Ouyang, Y., and Li, X. 2013. Recent research progress on soil microbial responses to drying–rewetting cycles. Acta Ecologica Sinica. 33: 1-6.
19.Pajor, R., Falconer, R., Hapca, S., and Otten, W. 2010. Modeling and quantifying the effect of heterogeneity in soil physical conditions on fungal growth. Biogeosciences Discussions. 7: 3477-3501.
20.Refahi, H.Gh. 2004. Soil erosion by wind and conservation. University of Tehran. 4th publication, 320p.
21.Sparks, D.L. 1996. Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. Soil Science Society of America.
22.Tang, J., Mo, Y., Zhang, J., and Zhang, R. 2011. Influence of biological aggregating agents associated with microbial population on soil aggregate stability. Applied Soil Ecology. 47: 3. 153-159.
23.Tisdall, M., Nelson, S., Wilkinson, K., Smith, S., and McKenzie, B. 2010. Stabilization of soil against wind erosion by six saprotrophic fungi. Soil Biology and Biochemistry. 50: 134-141.

24. Van Den Ancker, J.A.M., and Jungerius, P.D. 1985. The role of alga in the stabilization of coastal dune blowouts. Earth surface processes and landforms. 10: 2. 189-192.
25. Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E., Marra, R., Woo, S.L., and Lorito, M. 2008. Trichoderma–plant–pathogen interactions. Soil Biology and Biochemistry. 40: 1. 1-10.
26. William, J.D., Dobrowolski, J.P., West, N.E., and Gillette, D.A. 1995. Microphytic crust influence on wind erosion. American Society of Agriculture Engineers. 38: 1. 131-137.
27. Zhao, H.L., Zhou, R.L., Su, Y.Z., Zhang, H., Zhao, L.Y., and Drake, S. 2010. Biological soil crust and surface soil properties in different vegetation types of Horqin Sand Land, China. Catena. 82: 70-76.

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 5(2), 2015
http://ejsms.gau.ac.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

The effect of *Thrichoderma harzianum* on wind erosion control of Azadegan Plain sandy soil at laboratory and wind tunnel

F. Arzaghi[1], A. Farrokhian Firouzi[2], *N. Enayatizamir[2] and B. Khalil Moghaddam[3]

[1]M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science and Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz,
[2]Assistant Prof., Dept. of Soil Science and Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz,
[3]Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Khozestan Ramin Agriculture and Natural Resources University, Ahvaz
Received: 02/19/2014; Accepted: 09/30/2014

Abstract

Background and Objectives: Wind is an important erosive force in deserts, where limited cover of vascular plant material offers little soil-surface protection. Erosion and sediment from soil surfaces occurs when wind forces exceed soil threshold friction velocity. Soils with physical or biological crusts usually are more resistant against wind erosion. Filamentous morphology and physiological characteristics of fungal crust leading to soil particles bind to each other and form resistant aggregates causing wind erosion control.

Materials and Methods: This study was conducted by the aim of investigating the effect of *Trichoderma harzianum* on wind erosion control of a sterile sandy soil as factorial in a completely randomized design under two inoculation treatments (inoculated with *Trichoderma harzianum* and non inoculated), two moisture treatments (80% FC and dry) and three times treatments (15, 30 and 45 days). After passing each time treatment, penetration resistance, microbial biomass carbon, respiration and some physical properties of soil was measured. The development of fungal hyphae between the particles and the soil aggregates surface was determined using scanning electron microscopy. Finally after doing all measurements, the treatment with maximum penetration resistance were selected and the sample was prepared for wind tunnel testing.

Results: The results showed that by increasing the period of experiment from 15 to 45 days under 80% FC moisture, penetration resistance from 2.85 to 4.5 kg/cm^2, bulk density from 1.49 to 1.55 gr/cm^3 increased significantly. Electrical conductivity, microbial biomass carbon and respiration of soil demonstrated increasing trend. However soil pH decreased because of increasing fungus growth and also its acidic metabolites exudates. Scanning electron microscope images showed the well development of fungal hyphae between particles and aggregates surface. The samples with highest penetration resistance (45 days treatments under 80% FC moisture) were placed in wind tunnel and showed no erosion at speed of 12 meters per second.

Conclusion: The present study indicates *Trichoderma harzianum* can increase soil resistance against wind erosion by development of hyphae and thus bind soil particles together to form larger aggregates. Therefore soil crust can be considered as a useful agent to prevent wind erosion particularly in the deserts with low plants.

Keywords: Biological conservation, Penetration resistance, Soil physical properties, Windy erosion

* Corresponding Authors; Email: n.enayatzamir@scu.ac.ir