ساختار تنوع زیستی موجودات خاک‌زی در بوم‌سازگان‌های طبیعی مناطق خشک و نیمه خشک

علیرضا خداشناس*[۱]، علیرضا کوچکی[۲]، پرویز رضوانی مقدم[۲] و امیر لکزیان[۳]

[۱] مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، ایران

[۲] گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

[۳] گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۱/۴ ، تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۲/۱۲)

چکیده

تنوع زیستی موجودات خاک‌زی منشا خدمات قابل توجهی در حفظ و گسترش تنوع زیستی بالای خاک و سلامت محیط است. به‌منظور بررسی ساختار تنوع زیستی موجودات خاک‌زی در اکوسیستم‌های طبیعی مناطق خشک و نیمه‌خشک، مطالعه‌ای در شهرستان‌های مشهد، گناباد و شیروان به اجرا درآمد. در هر یک از اکوسیستم‌های مورد مطالعه، ۱۰ واحد انتخاب گردید و در مجموع ۵۰ مورد نمونه‌برداری با طول، عرض و عمق ۳۰ سانتی‌متر از خاک انجام شد. بافت، pH، درصد مواد آلی و همچنین تنوع و فراوانی بی‌مهرگان خاک‌زی، نماتدها، باکتری‌ها، پروتوزوآها و قارچ‌های مایکوریزا در نمونه‌های خاک ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که با افزایش میانگین درجه حرارت سالیانه و کاهش میانگین بارندگی سالیانه بافت خاک سبک‌تر، pH خاک افزایش و مقدار مواد آلی خاک از ۰/۳۸ به ۰/۰۵ درصد کاهش یافت. بی‌مهرگان خاک‌زی با فراوانی و تنوع پائین فقط در اکوسیستم طبیعی شیروان مشاهده شدند. فراوانی نماتدها و باکتری‌ها تحت تاثیر شرایط اقلیمی نبوده و در سه اکوسیستم طبیعی مشابه بود. اما تنوع باکتری‌ها، فراوانی پروتوزوآها و فراوانی اسپور قارچ‌های مایکوریزا با افزایش درجه حرارت سالیانه و کاهش میانگین بارندگی سالیانه کاهش یافت. میانگین غنای گونه‌ای در اکوسیستم‌های طبیعی شیروان، مشهد و گناباد برای باکتری‌ها به‌ترتیب ۵/۳، ۵/۸ و ۳/۸ و برای قارچ‌های مایکوریزا به‌ترتیب ۵، ۵ و ۴ بود. بر اساس نتایج این پژوهش، شرایط اقلیمی و خاکی در مناطق خشک باعث کاهش تنوع زیستی در این مناطق گردیده است. بر همین مبنا خدمات ناشی از تنوع زیستی در مناطق خشک نیز کم‌تر خواهد بود، با این وجود حفظ همین سطح از تنوع زیستی موجودات خاک‌زی و خدمات آنها اهمیت ویژه‌ای دارد.

واژه‌های کلیدی: خاک، تنوع زیستی، غنای گونه‌ای، اکوسیستم‌های طبیعی.

* نویسنده مسئول: تلفن: ۰۵۱۱-۳۸۲۲۳۰۱ فاکس: ۰۵۱۱-۳۸۲۲۳۹۰ E-mail: khodashenas48@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

خاک در زمره مهم‌ترین و متنوع‌ترین زیستگاه‌های دارای غنای گونه‌ای در زمین و حاوی یکی از بهترین ترکیب از متنوع ترین موجودات زنده است. تقریبا" هر شاخه از رده بندی موجودات زنده شناخته شده بالای خاک، در خاک نیز مشاهده می‌شود و غنائی از تنوع گونه‌ای دارد (Germida *et al.*, 1998; Hillel & Rosenzweig, 2005). به همین جهت خاک جایگاه تنوع گسترده‌ای از خدمات اکوسیستمی است که تحت عنوان امکانات و خدمات اکوسیستمی تعریف می‌شود و به‌وسیله تعداد زیادی از موجودات زنده، به‌ویژه گروه‌های کوچک ارائه می‌شود. این موجودات عامل حفظ خصوصیات فیزیکی خاک، چرخه کوتاه مدت عناصر غذائی، نگهداری طولانی مدت عناصر غذائی و مواد آلی در ساختار زیستی خاک هستند (Lavelle *et al.*, 2006; Sileshi & Mafongoya, 2006). موجودات خاک‌زی با توجه به اندازه و نوع به چند گروه تقسیم شده‌اند. گروه اول میکروفلورای خاک و در برگیرنده قارچ‌ها، باکتری‌ها و اکتینومایست‌هاست. تنوع این موجودات برای حفظ کیفیت خاک بحرانی است، زیرا درگیر بسیاری از کارکردهای مهم خاک نظیر چرخه کربن، چرخه نیتروژن، حفظ و تشکیل ساختمان خاک و تبدیل مواد آلی هستند (Crecchio, 2004; Ibekwe *et al.*, 2002). میکروفون‌ها به گروه دیگری از موجودات خاک‌زی اطلاق می‌شود که متوسط اندازه آنها کم‌تر از ۲۰۰ میکرومتر بوده و در منافذ پر آب خاک زندگی می‌کنند، پروتوزوآها در این گروه قرار می‌گیرند. مزوفون‌ها گروه دیگری هستند که اندازه آنها ۰/۲ تا ۲ میلی‌متر بوده و در منافذ پر از هوای خاک زندگی می‌کنند، بندپایان کوچک مثل کنه‌های خاک‌زی و نماتدها به این گروه تعلق دارند. ماکروفون‌ها در برگیرنده فون بزرگ خاک هستند. مورچه‌ها، موریانه‌ها، کرم‌های خاکی و سایر حشرات بزرگ که روی سطح خاک یا در لانه و حفراتی درون خاک زندگی می‌کنند، جزء ماکروفون‌های خاک به‌شمار می‌آیند (Ouedraogo *et al.*, 2006; Sileshi & Mafongoya, 2006). تشکیل خاک در مقیاس منطقه‌ای یکی از خدمات اکوسیستمی است که واکنش‌ها و ارتباطات سطوح مختلف تنوع زیستی را نشان می‌دهد. خاکدانه‌ها به عنوان کوچک‌ترین زیستگاه‌های خاک، از طریق کنار هم قرارگرفتن ذرات معدنی و آلی تشکیل می‌شوند. اما مواد آلی به تنهائی قادر به ایجاد خاکدانه نیستند بلکه تشکیل خاکدانه‌ها عمدتا در نتیجه استفاده بی‌مهرگان از مواد آلی و تبدیل آنها صورت می‌گیرد. اثر لایه‌های نازک میکروبی در تحریک دانه‌بندی ریز خاک و ایجاد لوله‌های بسیار باریک توسط هیف‌های قارچ، نمونه‌ای از فعالیت‌های موجودات خاک‌زی برای تشکیل خاک به‌شمار می‌آید. در مقیاس بزرگ‌تر، هیف‌های قارچی[1] می‌توانند شبکه‌های متراکمی را ایجاد کنند که ذرات خاک را به‌هم پیوند داده و دانه‌بندی‌های بزرگ و شکننده خاک را ایجاد می‌کنند (Davidson & Grieve, 2006; Giller *et al.*, 1997; Sileshi & Mafongoya, 2006). فون خاک‌زی نیز نقش مهم و شناخته شده‌ای در تشکیل و پایداری ساختمان خاک دارد. مورچه‌ها، موریانه‌ها و کرم‌های خاکی و سایر مهندسان اکوسیستمی به‌طور متوسط باعث رسوب ۱۰ تن خاک نرم در هکتار در سطح خاک می‌شوند که تقریبا منجر به ۱ میلی‌متر حرکت رو به پائین سنگ‌ها و سنگریزه‌های بستر می‌شود (Davidson & Grieve, 2006; Parisi *et al.*, 2005).

تامین آب به‌عنوان یک خدمت اکوسیستمی، از طریق نفوذ و ذخیره آب در منافذ خاک بر تولیدات گیاهی تاثیر دارد. بی‌مهرگان خاک‌زی در ساخت و حفظ تخلخل پایدار خاک، از طریق جابجائی زیستی و حفاری، نقش مهمی ایفا می‌کنند. تنوع و شکل منافذ و اندازه آنها اجازه می دهد که آب در دامنه زیادی از پتانسیل آب خاک ذخیره شود. مجموعه فعالیت‌های حلزون‌ها، کرم‌های خاکی و سایر موجودات خاک‌زی باعث افزایش نفوذ آب در خاک می‌شود (Pimentel *et al.*, 1997; Sileshi & Mafongoya, 2006). چرخه عناصر غذائی یکی دیگر از خدمات اکوسیستمی است که بوسیله موجودات زنده خاک ارائه می‌شود. مواد غذائی قابل دسترس برای رشد

[1] Fungal hyphae

Archive of SID

www.SID.ir

گیاه به بر همکنش‌های پیچیده بین ریشه‌های گیاه، میکروارگانیسم‌ها و فون خاک بستگی دارد و به‌ویژه نقش میکروفلورای خاک در این زمینه بخوبی مشخص شده‌است (Becker *et al.*, 2001). بی‌مهرگان خاک‌زی معمولا" باعث کاراتر شدن چرخه‌های مکانی عناصر غذائی بوده و مانع تضعیف اکوسیستم‌ها از طریق نشت مواد به جریان‌های آبی و اقیانوس‌ها نیز می‌شوند (Davidson & Grieve, 2006; Sileshi & Mafongoya, 2006).

تنظیم اقلیم خدمت دیگری است که توسط اکوسیستم خاک ارائه می‌شود. دانه‌بندی خاک و تسریع در تشکیل هوموس مهم‌ترین سازوکارهایی هستند که بر تنظیم اقلیم تاثیر دارند. تسریع در تشکیل هوموس نیز که توسط موجودات خاک‌زی صورت می‌گیرد، باعث تبدیل مقدار زیادی از کربن به اشکالی است که مقاومت بیش‌تری به تجزیه داشته و بنابراین باعث کندتر شدن آزادسازی گازهای گلخانه‌ای از خاک می‌شود (Sileshi & Mafongoya, 2006). با توجه به اهمیت خدمات ناشی از تنوع زیستی موجودات خاک‌زی، این مطالعه با هدف تعیین ویژگی‌های خاک و ساختار تنوع زیستی بی‌مهرگان خاک‌زی در اکوسیستم‌های طبیعی مناطق خشک و نیمه خشک انجام شد.

مواد و روش ها

این تحقیق طی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۸۳ در بخشی از مناطق طبیعی شهرستان‌های شیروان، مشهد و گناباد، سه منطقه از استان‌های خراسان رضوی و شمالی به اجرا درآمد. بر اساس طبقه‌بندی دومارتن اقلیم شهرستان‌های موصوف به‌ترتیب نیمه‌خشک، نیمه‌خشک و خشک است. میانگین دراز مدت بارندگی سالیانه شهرستان‌های شیروان، مشهد و گناباد به‌ترتیب ۲۶۷/۴، ۲۶۰/۶ و ۱۴۸ میلی‌متر و میانگین دراز مدت درجه حرارت سالیانه آنها به‌ترتیب ۱۲/۱، ۱۴/۵ و ۱۷/۱ درجه سانتی‌گراد است (Anonymous, 2001; Anonymous, 2005). علت انتخاب مناطق با شرایط اقلیمی متفاوت، مقایسه و ارزیابی اثر شرایط اقلیمی بر تنوع زیستی بود. برای انجام مطالعه، ۱۰ نمونه یا واحد از اکوسیستم طبیعی هر منطقه، با حرکت در مسیر و به فواصل حدود ۱۰۰ متر از یکدیگر انتخاب گردید و کلیه ارزیابی‌ها در این ۱۰ واحد انتخابی، به عنوان تکرارهای هر اکوسیستم طبیعی انجام شد.

نمونه‌برداری خاک

در انتهای فصل رشد گونه‌های یک‌ساله گیاهی از خاک واحدهای انتخابی از اکوسیستم طبیعی هر منطقه نمونه‌برداری صورت گرفت. از هر واحد انتخابی در هر منطقه، پنج نمونه خاک با ابعاد ۳۰ سانتی‌متر طول، ۳۰ سانتی‌متر عرض و ۳۰ سانتی‌متر عمق به‌طور تصادفی برداشت شد (De Carvalhoa *et al.*, 2012; Feijoo *et al.*, 2011) و ارزیابی‌های اولیه روی آنها صورت گرفت. سپس پنج نمونه خاک با هم مخلوط گردید و از این مخلوط نمونه واحدی تهیه و درون شیشه ریخته شد و پس از بستن درب آن به‌وسیله پنبه و علامت گذاری، درون یونولیت حاوی یخ قرار داده‌شد. نمونه‌های خاک واحدهای مورد بررسی با شرایط ذکر شده به آزمایشگاه منتقل و در یخچال نگهداری گردید و برای انجام آزمایشات مورد استفاده قرار گرفت (Adl & Gupta, 2006).

تعیین بافت، pH و مواد آلی خاک

بافت خاک برای ۳۰ نمونه مرکب از خاک اکوسیستم‌های طبیعی مورد مطالعه توسط هیدرومتر و پس از تصحیح حرارتی با استفاده از مثلث بافت خاک تعیین گردید. درصد مواد آلی این نمونه‌ها نیز با استفاده از تیتراسیون به‌وسیله فروسولفات آمونیوم ۵ درصد اندازه‌گیری شد (Mc Gonigle *et al.*, 2005). به‌منظور محاسبه درصد مواد آلی خاک و سایر خصوصیات مورد ارزیابی بر اساس وزن خشک خاک، درصد رطوبت خاک با استفاده از آون تعیین گردید. pH نمونه‌های خاک نیز با تهیه سوسپانسیون خاک با نسبت ۱ به ۱ از آب و خاک اندازه‌گیری شد (Mclean, 1982).

Archive of SID

www.SID.ir

تعیین تنوع و فراوانی بی‌مهرگان خاک‌زی

برای تعیین تنوع و فراوانی بی‌مهرگان خاک‌زی، ۱۵۰ نمونه خاک از اکوسیستم‌های طبیعی مورد مطالعه، به‌وسیله چشم مورد بررسی قرار گرفت و بی‌مهرگان موجود جمع‌آوری شد (Sileshi and Mafongoya, 2006).

تعیین فراوانی نماتدهای خاک‌زی

برای سنجش فراوانی نماتدهای خاک‌زی، ۱۰۰ گرم از هر نمونه خاک انتخاب گردیده و با استفاده از سری الک‌ها و سانتریفیوژ، نماتدهای خاک جداسازی و شمارش گردید (Neher *et al.*, 2005).

تعیین تنوع و فراوانی پروتوزآهای خاک‌زی

برای تعیین وجود، تنوع و فراوانی انواع چهارگانه پروتوزوآهای خاک‌زی، روش‌های مختلف ذکر شده در منابع (Adl *et al.*, 2006; Ekelund, 2002; Esteban *et al.*, 2006; Foissner, 1999) مورد آزمون قرار گرفت، اما همه آزمایشات منجر به نتیجه نگردید. تنها یک روش به تشخیص و شمارش یک نوع از پروتوزوآها (مژکداران) انجامید. طی این روش ابتدا ۰/۵ گرم خاک با ۵ میلی لیتر آب در پتری دیش مخلوط شده و سپس به‌وسیله پارافیلم درب نمونه‌ها بسته شد. به‌مدت ۲۴ ساعت نمونه‌ها در حرارت اتاق (تابستان) نگهداری شده و سپس با استفاده از میکروسمپلر از هر نمونه ۶ تکرار که هر تکرار حاوی ۲۰ میکرولیتر از محلول خاک بود برداشت شده و به‌وسیله میکروسکوپ با بزرگ‌نمائی ۵۰، تعداد پروتوزآهای زنده موجود در نمونه‌ها شمارش گردید (Adl *et al.*, 2006).

سنجش فراوانی و تنوع باکتری‌های خاک‌زی

برای اندازه‌گیری فراوانی باکتری‌های قابل کشت خاک‌زی و نیز تعیین غنای گونه‌ای آنها در خاک واحدهای مورد بررسی، از روش کشت در محیط‌های غذایی و از محیط کشت آگار (Nutrient agar) در پتری‌دیش‌های یک‌بار مصرف استفاده شد (Black *et al.*, 2003; Holt, 1994). محیط کشت بر اساس دستورالعمل کشت باکتریایی آگار تهیه شده و استریل گردید. ۱۰ گرم خاک از هر نمونه انتخاب شده و با استفاده از سری‌های ترقیق غلظت‌های متفاوتی از محلول خاک تهیه شده و کشت باکتری‌ها روی محیط استریل انجام شد. پس از ۷۲ ساعت در حرارت اتاق (شرایط تابستان) تعداد کلنی‌های تشکیل شده بر روی پتری‌دیش‌ها برای ۳۰ نمونه خاک با استفاده از کلنی‌کانتر تعیین گردید. برای تعیین نوع باکتری‌ها و شناسائی و طبقه بندی آنها، از هر نمونه باکتری رشد کرده در محیط کشت آگار، کشت خالص تهیه گردید و آزمون‌های لازم روی باکتری‌ها انجام شد. پس از رنگ آمیزی باکتری‌ها، تعیین گرم باکتری‌ها، تست تخمیر مانیتول، تست تخمیر گلوکز، تست تخمیر لاکتوز، تست احیای نیترات، تست قرمز متیل، تست سیترات، تست قدرت آنزیمی ژلاتیناز، تست لیتموس میلک، تست اوره آز، تست تخمیر قند گلوکز در محیط MRVP، تست رشد در محیط نمک، تست رشد در شرایط حرارتی و تست آمیلاز انجام گردیده و با استفاده از نتایج آزمایشات جنس و گونه باکتری‌ها مشخص گردید (Holt, 1994).

سنجش فراوانی و تشخیص اسپور گونه‌های مایکوریزا

نمونه‌های خاک از ۱۰ عدد در هر اکوسیستم به ۴ عدد تقلیل یافته و سپس آزمایشات شمارش اسپور قارچها و تعیین گونه آنها انجام گرفت. برای این منظور از روش جداسازی به‌وسیله سری الک‌ها استفاده گردید. ابتدا ۵۰ گرم خاک از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد و به آن ۲۵۰ میلی‌لیتر آب اضافه شده و حدود دو دقیقه مخلوط هم زده شد تا ذرات خاک جدا شوند. سوسپانسیون حاصل از سری الک‌های ۳۵، ۱۲۰ و۲۳۰ مش عبور داده شده و به تدریج با شستشو، ذرات درشت خاک و بقایای گیاهی جدا گردید. محتویات الک‌های ۱۲۰ و ۲۳۰ مش که حاوی اسپورهای قارچ بودند، توسط محلول شکر ۶۰ درصد شسته شده و مخلوط حاصل به لوله سانتریفیوژ منتقل و به مدت ۵ دقیقه و با سرعت ۳۳۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس مایع رویی به استوانه مدرج

Archive of SID

www.SID.ir

منتقل شده و حجم دقیق آن تعیین گردید. از مخلوط اخیر ۴ مرتبه و هر مرتبه نیم میلی‌لیتر برداشت شده و با استفاده از کاغذ صافی و زیر بینوکولار، تعداد اسپورها و نیز نوع آنها ثبت گردید. برای تعیین نوع اسپور موجود در خاک، از هر نمونه اسپور مشاهده شده زیر بینوکولار، چندین نمونه لام آزمایشگاهی تهیه شد. با استفاده از میکروسکوپ دوربین‌دار از اسپورها عکس گرفته شد و سپس با استفاده از نرم افزار کامپیوتری سنجش اندازه اسپورها انجام شده و با توجه به ویژگی‌های اسپورها و اندازه آنها و نیز بر اساس دستورالعمل تشخیص و رده بندی قارچها (http://invam.caf.wvu.edu) جنس و گونه قارچها مشخص گردید (Cardoso & Kuyper, 2006; Tao & Zhiwei, 2005).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای اندازه‌گیری تنوع از شاخص غنای گونه‌ای استفاده شد. داده‌های جمع‌آوری شده مورد تجزیه و تحلیل آماری نیز قرار گرفت. ۳ اکوسیستم طبیعی به عنوان تیمارهای آزمایش و ۱۰ نمونه‌برداری انجام شده در هر یک از این اکوسیستم‌ها تکرارهای آزمایش بودند. پس از انجام تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد. کلیه عملیات آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS (8.2) انجام گرفت.

نتایج

بافت و pH خاک

بافت خاک در اکوسیستم‌های طبیعی مورد مطالعه بر مبنای مقایسه با اطلاعات مثلث بافت خاک متفاوت بود (جدول ۱). همان‌گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، به‌طور کلی بافت خاک اکوسیستم طبیعی گناباد سبک‌تر از اکوسیستم‌های طبیعی مشهد و شیروان و بافت خاک اکوسیستم طبیعی مشهد سبک‌تر از بافت خاک اکوسیستم طبیعی شیروان بود. میانگین pH خاک نیز در اکوسیستم‌های مورد مطالعه تفاوت قابل ملاحظه‌ای نشان داد. اکوسیستم طبیعی گناباد با میانگین ۸/۲۷ بیش‌ترین و اکوسیستم طبیعی شیروان با میانگین ۷/۵۵ کم‌ترین مقدار pH خاک را نشان دادند (جدول ۱).

جدول ۱- بافت و pH نمونه‌های خاک در اکوسیستم‌های طبیعی مورد مطالعه

اکوسیستم‌های مورد مطالعه	بافت خاک	میانگین pH خاک
اکوسیستم طبیعی گناباد	۶۰ درصد لوم شنی ۴۰ درصد لوم رسی شنی	۸/۲۷(۰/۰۱)*
اکوسیستم طبیعی مشهد	۴۰ درصد لوم ۶۰ درصد لوم رسی	۷/۹۵(۰/۰۳)
اکوسیستم طبیعی شیروان	۱۰ درصد لوم شنی ۲۰ درصد لوم ۷۰ درصد لوم رسی	۷/۵۵(۰/۰۴)

* اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد است.

فراوانی بی‌مهرگان خاک‌زی

با وجود ۱۰۰ مورد نمونه‌برداری تا عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک در اکوسیستم‌های طبیعی مشهد و گناباد هیچ‌گونه بی‌مهره خاک‌زی قابل رویت به‌وسیله چشم مشاهده نگردید، اما در اکوسیستم طبیعی شیروان شش گونه بی‌مهره مشاهده شد. یک لارو سفید کوچک از راسته دوبالان (Diptera)، ۵ عدد موریانه، یک عدد حشره کوچک از راسته Psocoptera، یک عدد لارو صورتی رنگ کوچک، یک عدد حشره ناشناخته و یک لانه مورچه، کل حشرات جمع‌آوری شده طی ۵۰ مورد نمونه‌برداری از

Archive of SID

www.SID.ir

خاک اکوسیستم طبیعی شیروان بود. بنابراین به‌طور کلی فراوانی بی‌مهرگان خاک‌زی در اکوسیستم‌های مورد بررسی بسیار کم بود (Neher *et al.*, 2005; Sileshi & Mafongoya, 2006).

مواد آلی خاک

تفاوت اکوسیستم‌های طبیعی مورد مطالعه از نظر درصد مواد آلی خاک معنی‌دار بود. اکوسیستم طبیعی شیروان با میانگین ۰/۳۸ درصد بیش‌ترین و اکوسیستم طبیعی گناباد با میانگین ۰/۰۵ درصد کم‌ترین مقدار مواد آلی را در خاک نشان دادند (جدول۲). نتایج بررسی در دو منطقه مرتعی از آذربایجان نشان داد که درصد مواد آلی خاک در آن مناطق نیز پائین و حدود ۰/۳۹ درصد بود (Hajeeboland *et al.*, 2004).

جدول ۲– درصد مواد آلی خاک و فراوانی نماتدها در اکوسیستم‌های مورد مطالعه

اکوسیستم های مورد مطالعه	درصد مواد آلی	فراوانی نماتدها در ۱۰۰ گرم خاک خشک
اکوسیستم طبیعی شیروان	۰/۳۸ a *	۱۶۶ a
اکوسیستم طبیعی مشهد	۰/۲۱ b	۱۸۴ a
اکوسیستم طبیعی گناباد	۰/۰۵ c	۱۳۳ a

*میانگین‌های دارای یک حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

فراوانی نماتدهای خاک‌زی

فراوانی نماتدها در ۱۰۰ گرم خاک اکوسیستم‌های طبیعی مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری نشان نداد. فراوانی نماتدها در ۱۰۰ گرم خاک اکوسیستم‌های طبیعی شیروان، مشهد و گناباد به‌ترتیب ۱۶۶، ۱۸۴ و ۱۳۳ بود (جدول۲).

فراوانی پروتوزوآهای خاک‌زی

فراوانی پروتوزوآها در هر گرم خاک خشک در اکوسیستم طبیعی گناباد ۲۵ و در اکوسیستم طبیعی مشهد ۱۱۴ بود و در خاک اکوسیستم طبیعی شیروان هیچ‌گونه پروتوزوآیی مشاهده نگردید. با استفاده از میکروسکوپ مجهز به دوربین از پروتوزوآها عکس گرفته شده و برای یکی از محققین صاحب نظر در زمینه پروتوزوآهای خاک فرستاده شد. طبق نظر و تشخیص پروفسور فلمینگ اکلاند از کشور دانمارک، پروتوزوآهای مشاهده شده در نمونه‌های خاک اکوسیستم‌های طبیعی مورد مطالعه جزء مژکداران و از جنس Colpoda بود. جنس Colpoda، معمول‌ترین و شاخص‌ترین پروتوزآی مژکدار در خاک است. شبیه سایر موجودات، در مقابله با شرایط نامساعد محیطی مثل خشکی، به حالت مقاوم سیست می‌رود. این جنس، جزء گروه باکتری‌خواران طبقه‌بندی شده و چندین گونه دارد. مژکداران فعال معمولا طی دوره‌های مرطوب، زمانی‌که فراوانی باکتریایی حداکثر باشد یافت می‌شوند. با خشک شدن خاک و کاهش جمعیت باکتری‌ها، فراوانی پروتوزوآها نیز کاهش می‌یابد (Adl *et al.*, 2006; Diaz *et al.*, 2006; Foissner, 1999).

تنوع باکتری‌های خاک‌زی

غنای گونه‌ای باکتری‌ها

غنای گونه‌ای باکتری‌ها در اکوسیستم‌های طبیعی مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری داشت. اکوسیستم طبیعی مشهد با میانگین غنای گونه‌ای ۵/۸ بیش‌ترین و گناباد با میانگین غنای گونه‌ای ۳/۵ کم‌ترین غنای گونه‌ای باکتری‌های خاک‌زی را نشان دادند (جدول ۳).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- غنای گونه‌ای و فراوانی باکتری‌های خاک‌زی در اکوسیستم‌های مورد مطالعه

اکوسیستم‌های مورد مطالعه	غنای گونه‌ای	فراوانی (در یک گرم خاک خشک)
اکوسیستم طبیعی شیروان	۵/۳ a *	۱۱۹۶۵ a
اکوسیستم طبیعی مشهد	۵/۸ a	۱۱۴۳۳ a
اکوسیستم طبیعی گناباد	۳/۵ b	۱۱۱۰۰ a

*میانگین‌های دارای یک حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

فراوانی باکتری‌ها

فراوانی باکتری‌ها در هر گرم خاک خشک در اکوسیستم‌های طبیعی شیروان، مشهد و گناباد به‌ترتیب ۱۱۹۶۵، ۱۱۴۳۳ و ۱۱۱۰۰ بود و تفاوت آنها معنی‌دار نشد (جدول۳). نتایج مطالعه Uhlirova & Santruckova (2003) نشان داد که بالاترین تعداد باکتری‌ها ($۶/۳\times۱۰^{۹}$ عدد در هر گرم خاک خشک) متعلق به خاک جنگل و مرغزار با بافت لوم شنی و دارای بیش‌ترین مقدار کربن بود. Black *et al.* (2003) نیز طی مطالعه‌ای حداقل تعداد باکتری‌ها در هر گرم خاک خشک را $۱/۵\times۱۰^{۴}$ گزارش کرده‌اند. بنابراین تعداد باکتری‌ها در اکوسیستم‌های مورد بررسی نیز نسبت به گزارشات ارئه شده قابل توجه نبود.

باکتری‌های شناسایی شده در خاک

باکتری‌های شناسایی شده در هر سه اکوسیستم مورد مطالعه متعلق به ۴ جنس بودند، اما تعداد گونه شناسایی شده باکتری‌ها در اکوسیستم‌های مورد مطالعه متفاوت بود. در اکوسیستم طبیعی شیروان در مجموع ۱۱ گونه باکتری از خاک جداسازی و شناسایی شده در حالی‌که در اکوسیستم‌های طبیعی مشهد و گناباد به‌ترتیب ۱۲ و ۱۳ گونه باکتری از خاک جداسازی شده و شناسایی گردید (جدول ۴).

جدول ۴- نام علمی باکتری‌های خاک‌زی در اکوسیستم‌های مورد مطالعه

اکوسیستم طبیعی گناباد	اکوسیستم طبیعی مشهد	اکوسیستم طبیعی شیروان
Bacillus epiphytus	*Bacillus epiphytus*	*Bacillus epiphytus*
B. eneurinolyticus	*B. eneurinolyticus*	*B. eneurinolyticus*
B. azotoformans	*B. azotoformans*	*B. subtilis*
B. subtilis	*B. subtilis*	*B. polymyxa*
B. polymyxa	*B. polymyxa*	*B. marinus*
B. marinus	*B. marinus*	*B. pumilus*
B. mycoidess	*B. golbisporus*	*Bacillus sp.*
B. pumilus	*Bacillus sp.*	*Coccobacillus sp.*
Bacillus sp.	*Coccobacillus sp.*	*Coccobacillus sp.*
Coccobacillus sp.	*Coccobacillus sp.*	*Micrococcus cristina*
Coccobacillus sp.	*Micrococcus cristina*	*Staphylococcus hominis*
Micrococcus cristina	*Staphylococcus hominis*	
Staphylococcus hominis		

نکته قابل توجه این است که غنای گونه‌ای باکتری‌ها در این نقاط بیش‌تر به گونه‌های باسیلوس مربوط می‌شود، در حالی‌که مطالعات حاکی از وجود جنس‌های متعددی از باکتری‌ها در خاک است (Germida *et al.*, 1998; Grundmann, 2004; Toyota & Kuninaga, 2006). Siciliano & Germida (1999) در مطالعه‌ای ۲۰ جنس باکتری را در خاک شناسائی کردند. باکتری‌هایی مثل گروه‌های Azospirillum، Bacillus، Pseudomonas و

Archive of SID
www.SID.ir

Enterobacter به‌علت اثرات مفیدشان بر رشد گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرند. اثرات مفید آنها شامل متحرک سازی مواد غذائی، تحریک رشد ریشه با تولید هورمون‌های گیاهی و اثر آنتاگونیستی بر علیه پاتوژن‌های خاک زاد است (Egamberdiyeva & Hoflich, 2003). غیر از جنس کوکوباسیل که وجود آن گزارش نشده بود، سایر جنس‌های باکتری جمع‌آوری شده از خاک در منابع ذکر شده‌اند و در اکثر آنها جنس باسیلوس حضور و فراوانی قابل توجهی داشته است (Egamberdiyeva & Hoflich, 2003; Grundmann, 2004; Marasas et al., 2001; Siciliano & Germida, 1999; Toyota & Kuninaga, 2006). باکتری‌های جنس Bacillus عموما تجزیه کننده‌اند اما گونه‌هایی نظیر *B. subtilis*، *B. mycoides*، *B. marinus* و *B. pumilus* تولید کننده مواد آنتی بیوتیک و مواد ضد قارچ هستند. گونه‌های *B. azotoformans* و *B. pasteuri* در دنیتریفیکاسیون و تولید نیتروژن نقش دارند، گونه *B. polymyxa* نیز تثبیت کننده نیتروژن تحت شرایط بی‌هوازی است و گسترش جهانی دارد (Boer *et al.*, 2005; Das & Mukherjee, 2007; Holl *et al.*, 1988; Hevia *et al.*, 2003; Swain & Ray, 2007).

غالبیت گونه‌های باکتری در اکوسیستم‌های مورد مطالعه متفاوت بود. در منطقه طبیعی گناباد باکتری *Micrococcus cristina* با ۸۴ درصد، گونه *Bacillus sp.* با ۷/۱ درصد، گونه *B. epiphytus* با ۴/۲ درصد، گونه *Bacillus sp.* با ۱/۴ درصد و گونه *B. azotoformans* با ۴/۱ درصد به‌ترتیب حداکثر سهم از فراوانی باکتری‌های خاک‌زی را بخود اختصاص داده و سهم بقیه باکتری‌ها کم‌تر از ۱ درصد از فراوانی کل باکتری‌ها بود. در اکوسیستم طبیعی مشهد گونه *M. cristina* با ۸۴ درصد از کل فراوانی باکتری‌ها، گونه غالب بوده و گونه‌های *B. epiphytus* با ۵/۵ درصد، *B. polymyxa* با ۳/۲ درصد، *B. marinus* با ۲/۲ درصد، *B. eneurinolyticus* با ۱/۶ درصد و گونه *B. subtilis* با ۱/۲ درصد حداکثر سهم از جمعیت باکتریائی خاک را نشان دادند و بقیه گونه‌ها سهمی کم‌تر از یک درصد از فراوانی کل باکتری‌ها داشتند. در اکوسیستم طبیعی شیروان گونه *M. cristina* با ۷۷/۲ درصد، بیش‌ترین سهم از فراوانی باکتری‌ها را بخود اختصاص داده و گونه غالب بود. پس از آن گونه‌های *B. marinus* با ۸/۴ درصد، *B. epiphytus* با ۸/۱ درصد، *B. polymyxa* با ۲/۳ درصد، *Bacillus sp.* با۱/۳ درصد و گونه *B. eneurinolyticus* با ۱ درصد به‌ترتیب بیش‌ترین سهم را از فراوانی کل باکتری‌ها داشته و فراوانی بقیه باکتری‌ها هر کدام از یک درصد فراوانی کل کم‌تر بود. به نظر می رسد در اکوسیستم طبیعی شیروان غنای گونه‌ای و فراوانی باکتری‌ها توزیع مناسب تری نسبت به اکوسیستم‌های طبیعی مشهد و گناباد دارا بود و غالبیت گونه *M. cristina* کاهش یافته و سایر گونه‌های باکتری با کارکردهای متنوع حضور بیش‌تری داشتند.

تنوع قارچ‌های مایکوریزا

غنای گونه‌ای

در این مطالعه اسپور پنج گونه از قارچ‌های مایکوریزا شناسائی شد. اسپورها همه از جنس گلوموس (Glomus) و متعلق به گونه‌های coronatum، tortuosum، mosseae ، geosporum و caledonium بودند. غنای گونه‌ای اکوسیستم‌های طبیعی مشهد و شیروان مشابه بود و هر پنج گونه قارچ مایکوریزا را در برگرفت اما در اکوسیستم طبیعی منطقه گناباد اسپور گونه Caledonium مشاهده نگردید. تنوع قارچ‌های مایکوریزا در برقراری همزیستی و افزایش کارائی آن و نیز تولید گیاهان موثر است، به‌طوری‌که این تنوع عامل مهمی در حفظ تنوع زیستی گیاهی و کارکرد اکوسیستم به‌شمار می‌آید. احتمالا با افزایش تعداد گونه‌های مایکوریزایی، اثرات سودمند هر گونه از قارچ‌های مایکوریزا به اکوسیستم اضافه خواهد شد (Heijden *et al.*, 1998).

طبق نتایج مطالعه Shi *et al.*, (2006) در اکوسیستم صحرائی، قارچ‌های مایکوریزای متعلق به جنس گلوموس غالب بوده‌اند. غالبیت جنس گلوموس در شرایط خشک، ممکن است ناشی از این حقیقت باشد که آنها معمول‌ترین نوع مایکوریزا در جهان هستند و ممکن است

Archive of SID

www.SID.ir

سازگاری ویژه‌ای نیز به شرایط خشک داشته باشند. محقق دیگری نیز گزارش کرده‌است که جنس گلوموس در مناطق خشک غالب است که این امر ناشی از مقاومت گونه‌های این جنس به دمای بالا در خاک است (نقل از Shi *et al.*, 2006).

فراوانی اسپور قارچ‌های مایکوریزا

فراوانی کل اسپورها

فراوانی کل اسپور مایکوریزا در اکوسیستم‌های طبیعی مورد مطالعه متفاوت بود و این تفاوت معنی‌دار شد. اکوسیستم‌های طبیعی مشهد و شیروان به‌ترتیب با ۶۶ و ۶۵ عدد اسپور در هر گرم خاک خشک بر گناباد برتری داشتند (جدول ۵). طی مطالعه‌ای در یک منطقه از چین، تعداد اسپورها از ۲۴۰ تا ۶۴۳۰ عدد در ۱۰۰ گرم خاک خشک متغیر بوده و به‌طور متوسط ۲۰۹۶ عدد در ۱۰۰ گرم خاک خشک گزارش شده‌است (Tao & Zhiwei, 2005). مطالعه دیگری نشان می دهد که تراکم اسپور در هر گرم خاک خشک از ۵ تا ۶۴۰۰ عدد در هر ۱۰۰ گرم خاک خشک متغیر و به‌طور میانگین ۱۵۳۰ عدد در هر ۱۰۰ گرم خاک خشک بوده‌است (Tao *et al.*, 2004). در ناحیه‌ای صحرائی در چین با میانگین بارندگی سالیانه ۲۰۰ میلی‌متر، تراکم اسپور قارچ‌های مایکوریزا در خاک‌های همراه ریشه از ۱ تا ۱۲۰ عدد در هر گرم خاک متغیر بوده و میانگین آن ۲/۸ ± ۳۳ عدد در هر گرم خاک بوده است (Shi *et al.*, 2006). نتایج بدست آمده از این مطالعه با گزارشات سایر محققین در این زمینه مطابقت دارد.

جدول ۵- فراوانی اسپور قارچ‌های مایکوریزا در اکوسیستم‌های مورد مطالعه (در یک گرم خاک خشک)

اکوسیستم‌ها	کل اسپورها	اسپور گونه tortuosum	اسپور گونه caledonium	اسپور گونه coronatum	اسپور گونه mosseae	اسپور گونه geosporum
اکوسیستم طبیعی شیروان	a۶۵	a۲۴	a۲۲	a۱/۳	a۱۱/۳	b۶
اکوسیستم طبیعی مشهد	a۶۶	a۲۹	b۱۳/۳	a۱/۸	a۱۲/۶	a۸/۸
اکوسیستم طبیعی گناباد	b۲۴	b۱۰	c۰	a۱	b۶/۷	ab۶/۴

*میانگین‌های دارای یک حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن، برای گونه‌های geosporum و coronatum در سطح ۵ درصد و برای سایر گونه‌ها در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

فراوانی اسپور گونه *G. tortuosum*

اکوسیستم‌های مورد مطالعه از نظر فراوانی اسپور گونه tortusum تفاوت معنی‌داری نشان دادند. اکوسیستم‌های طبیعی مشهد و شیروان به‌ترتیب با فراوانی ۲۹ و ۲۴ عدد اسپور در هر گرم خاک خشک نسبت به اکوسیستم طبیعی گناباد برتری داشتند (جدول ۵). مقایسه میانگین فراوانی اسپور گونه tortuosum و درصد مواد آلی خاک نشان می دهد اکوسیستم‌هایی که بیش‌ترین مقدار مواد آلی را در خاک داشته‌اند، بیش‌ترین فراوانی اسپور این گونه را نیز بخود اختصاص داده‌اند. Balali Aliabadi (1998) حضور این گونه را در منطقه مشهد گزارش کرده‌است.

فراوانی اسپور گونه *G. caledonium*

تفاوت فراوانی اسپورهای این گونه در اکوسیستم‌های طبیعی مورد مطالعه معنی‌دار بود. اکوسیستم طبیعی شیروان با میانگین ۲۲ اسپور در هر گرم خاک خشک، بیش‌ترین فراوانی اسپور را نشان داد و در اکوسیستم طبیعی گناباد اسپور این گونه مشاهده نشد (جدول ۵). ظاهرا این گونه به شرایط حاصلخیز سازگاری بیش‌تری دارد و در شرایط تنش فعالیت کم‌تری داشته یا قادر به برقراری همزیستی و بقا نمی باشد. محققین اظهار داشته‌اند که تراکم اسپور قارچ‌های مایکوریزا در خاک‌های خشک تمایل به کاهش داشته و تعداد صفر نیز معمول است (نقل از Shi *et al.*, 2006). فراوانی اسپور این گونه

Archive of SID

www.SID.ir

در اکوسیستم‌های مورد مطالعه تابع درصد مواد آلی خاک بود.

فراوانی اسپور *G. coronatum*

فراوانی اسپور این گونه در اکوسیستم‌های طبیعی شیروان، مشهد و گناباد به‌ترتیب ۱/۳، ۱/۸ و ۱ عدد در هر گرم خاک خشک بود و تفاوت آنها معنی‌دار نشد (جدول ۵). این گونه کم‌ترین فراوانی اسپور را نسبت به سایر گونه‌های قارچ مایکوریزا نشان داد.

فراوانی اسپور گونه *G. mosseae*

اکوسیستم‌های طبیعی مورد مطالعه از نظر فراوانی اسپور گونه mosseae تفاوت معنی‌داری نشان دادند. اکوسیستم‌های طبیعی مشهد و شیروان به‌ترتیب با میانگین فراوانی ۱۲/۶ و ۱۱/۳ اسپور در هرگرم خاک خشک بیش‌ترین و گناباد با میانگین ۱۶/۷ اسپور در هر گرم خاک خشک، کم‌ترین فراوانی این اسپور را نشان دادند (جدول ۵). این گونه از معروف‌ترین گونه‌های قارچ مایکوریزا است که به‌علت اثرات مثبت مورد توجه بوده و اسپور آن به خاک اکوسیستم‌های کشاورزی افزوده می‌شود. حضور این گونه نیز در منطقه مشهد توسط Balali Aliabadi (1998) گزارش شده‌است.

فراوانی اسپور گونه *G. geosporum*

فراوانی اسپور این گونه نیز در اکوسیستم‌های طبیعی مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری داشت. مشهد با میانگین فراوانی ۸/۸ اسپور در هر گرم خاک خشک بیش‌ترین و شیروان با میانگین فراوانی ۶ اسپور در هر گرم خاک خشک کم‌ترین فراوانی اسپور این گونه را بخود اختصاص دادند و تفاوت گناباد با مشهد و شیروان معنی‌دار نبود (جدول ۵). بر خلاف سایر گونه‌ها فراوانی اسپور این گونه بر درصد مواد آلی خاک در اکوسیستم‌های طبیعی مورد مطالعه منطبق نبود.

بحث

از نظر اکولوژیکی، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تابع اقلیم است (Nassiri mahallati et al., 2001). آب و هوا (شرایط حرارتی) دو عامل مهم برای تشکیل خاک از سنگ‌های مادری به‌شمار می‌آیند. هوادیدگی نه تنها تحت تاثیر درجه حرارت است بلکه تحت تاثیر رطوبت قابل دسترس نیز بوده و علاوه بر درجه حرارت و بارندگی (رواناب) عوامل زیستی نیز در واکنش‌های هوادیدگی نقش دارند. گیاهان و میکروب‌های خاک نیز از طریق تغییر pH، تغییر خصوصیات فیزیکی خاک‌ها یا با تولید کلات‌های آلی، اسیدهای آلی و Co2 بر هوادیدگی کانی‌ها موثرند (Egli *et al.*, 2008). حضور رس و افق‌های سطحی غنی از کربنات بیان کننده افزایش درجه تکامل خاک و پایداری اکوسیستم‌های طبیعی است (Blecker *et al.*, 2009). گرچه سطح مورد بررسی در مقایسه با سطح کل مناطق مورد مطالعه قابل توجه نبود اما می‌توان تفاوت بافت خاک را در مناطق مختلف بر اساس روند تشکیل و تکامل خاک‌ها مورد توجه قرار داد. بارندگی سالیانه و درجه حرارت‌های یخبندان در منطقه شیروان نسبت به دو منطقه دیگر بیش‌تر است، بنابراین احتمالا سنگین‌تر بودن بافت خاک این منطقه را می توان به شدت هوازدگی سنگ‌های مادری و تاثیر بیش‌تر عوامل زیستی نسبت داد. اما در گناباد که بارندگی سالیانه، وقوع یخبندان و نقش عوامل زیستی کم‌تر از سایر مناطق است، بافت خاک نسبت به سایر مناطق سبک‌تر بود.

اجزاء مختلف بافت خاک بر رشد میکروبی و مصرف مواد زمینه‌ای در خاک موثر هستند. بخش شن خاک سطح ویژه کم‌تری دارد و بنابراین قادر به حمایت جوامع میکروبی کوچک‌تری در خاک است. اما بخش رس خاک سطح ویژه بیش‌تری دارد و در زمره مهم‌ترین عوامل موثر بر فعالیت میکروبی، زیست توده و تولید متابولیت‌های میکروبی است. مواد آلی متصل شده به ذرات سیلت نیز مهم هستند، بخش مهمی از مواد آلی می‌تواند به اندازه ذرات سیلت باشد (Nyamadzawo *et al.*, 2009). روند تغییر بافت خاک در اثر کاهش میانگین درجه حرارت

Archive of SID

www.SID.ir

سالیانه در مناطق مورد مطالعه حاکی از کاهش پتانسیل خاک‌های مناطق خشک برای حفظ و حمایت از تنوع زیستی است. به‌عبارت دیگر یکی از عوامل موثر در کاهش تنوع زیستی مناطق خشک وجود بافت خاک است که ترکیب مناسبی از اجزاء تشکیل دهنده نیست. این شرایط باعث ایجاد محدودیت برای گسترش سطوح ساختاری و کارکردی تنوع زیستی خواهد بود.

در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان تجمع نمک‌ها، چه به‌صورت محلول و چه نامحلول، معمول است. به‌علت کمبود بارندگی، نمک‌هایی که از سنگ‌های مادری آزاد می‌شوند، به‌وسیله شستشو از خاک خارج نمی‌شوند که این وضعیت باعث افزایش pH خاک می‌شود (Nassiri mahallati *et al.*, 2001). ظاهرا pH خاک در اکوسیستم‌های مورد مطالعه نیز با توجه به میانگین بارندگی سالیانه تغییر یافته است، به‌طوری که اکوسیستم طبیعی شیروان با حداکثر میانگین بارندگی سالیانه، کم‌ترین مقدار pH خاک را نشان داد. افزایش pH خاک باعث محدودیت رشد گیاهان و سایر موجودات خاک‌زی می‌شود. بنابراین یکی دیگر از عوامل موثر در کاهش تنوع زیستی مناطق خشک، افزایش pH خاک خواهد بود.

مواد آلی منبع انرژی برای میکروفلورا و فون خاک هستند، ظرفیت جذب عناصر غذایی و آب را در خاک افزایش می دهند و تشکیل خاکدانه‌ها و ساختمان خاک را نیز تقویت می‌کنند (Frouz *et al.*, 2006). شرایط اقلیمی نظیر درجه حرارت و بارندگی، تولید گیاهان، بافت خاک و همراه با آن زهکش داخلی، عوامل اولیه موثر بر مواد آلی و کل نیتروژن خاک هستند (Pan *et al.*, 2009). به‌طور طبیعی تجمع مواد آلی خاک در شرایط بارندگی بیش‌تر و دمای کم‌تر، بیش‌تر بوده و در شرایط گرم‌تر و خشک‌تر، تجزیه مواد آلی بیش‌تر است (Tisdal *et al.*, 1993). محققین دریافتند که کربن آلی با افزایش بارندگی و مقدار رس خاک افزایش و با درجه حرارت کاهش می یابد (نقل از Grundmann, 2004). رس نه تنها از نظر فیزیکی مواد آلی خاک را حفظ می‌کند، بلکه تشکیل خاکدانه‌های بزرگ بسیار پایدار را نیز بهبود می‌بخشد (Nyamadzawo *et al.*, 2009). مطالعه محقق دیگری نیز نشان داد که رس با بخش مهمی از مواد آلی ورودی به خاک همراه است، در مقابل خاک‌های شنی به‌طور طبیعی نمی توانند کربن آلی زیادی در خود نگهداری کنند (نقل از Nyamadzawo *et al.*, 2009). گناباد نسبت به سایر مناطق شرایط گرم‌تر و خشک‌تری دارد و بافت خاک آن نیز سبک‌تر است، به‌عبارت دیگر درصد ذرات شن در بافت خاک این منطقه بیش‌تر است. بنابراین کم‌تر بودن مواد آلی خاک در این منطقه طبیعی به‌نظر می‌رسد، زیرا در این منطقه ظرفیت نگهداری مواد آلی در خاک پائین‌تر است، همچنین با توجه به شرایط اقلیمی تجزیه مواد آلی بیش‌تر و به‌دلیل شرایط نامساعد اقلیمی میزان تولید مواد آلی پائین‌تر است. درصد مواد آلی خاک در اکوسیستم طبیعی شیروان بیش‌تر از مشهد است که با توجه به تفاوت بارندگی و درجه حرارت و بافت خاک و نیز اثر آنها بر مواد آلی خاک، این نتیجه قابل انتظار است. با توجه به نقش مواد آلی در افزایش کیفیت خاک (Sileshi & Mafongoya, 2006) و حفظ و گسترش تنوع زیستی، کمبود مواد آلی در خاک مناطق خشک نیز دلیل دیگری برای کاهش پتانسیل ساختاری تنوع زیستی خاک در مناطق خشک است.

ورود مواد آلی به خاک از طریق بقایای گیاهان (چه در سطح و چه در زیر خاک)، رطوبت و درجه حرارت، بی‌مهرگان خاک‌زی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. وجود بقایای گیاهی در سطح خاک علاوه بر تامین غذای بی‌مهرگان خاک‌زی باعث تغییرات میکروکلیمایی نیز می‌شود. زیرا باعث کاهش برخورد اشعه خورشید به سطح خاک شده و درجه حرارت خاک را کاهش داده و به‌طور غیر مستقیم مقدار آب خاک را افزایش خواهد داد که این شرایط برای رشد و نمو بی‌مهرگان خاک‌زی مناسب است. از طرف دیگر تجمع مواد آلی در خاک باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک شده و از این طریق نیز بر جمعیت بی‌مهرگان خاک‌زی، به‌ویژه کرم‌های خاکی تاثیر می‌گذارد (Sileshi & Mafongoya, 2006). در اکوسیستم‌های طبیعی مشهد و گناباد احتمالا به‌دلیل

Archive of SID

www.SID.ir

پایین بودن مواد آلی در خاک (به‌ترتیب ۰/۲۱ و ۰/۰۵ درصد) و نیز شرایط رطوبتی نامناسب، بی‌مهرگان خاک‌زی مشاهده نشدند. با مساعد شدن شرایط از جمله بارندگی بیش‌تر، درجه حرارت کم‌تر و نیز درصد مواد آلی بیش‌تر (۰/۳۸ درصد) در خاک اکوسیستم طبیعی شیروان، زمینه حضور این موجودات مفید فراهم شده‌است.

نکته قابل توجه این است که تنوع بی‌مهرگان خاک‌زی در اکوسیستم‌های طبیعی مورد مطالعه قابل ملاحظه نیست. این موجودات به‌عنوان مهندسین اکوسیستمی، نقش قابل توجهی در بهبود وضعیت خاک از نظر فیزیکی و شیمیائی داشته و نقش اساسی در حاصلخیزی و باروری خاک ایفا می‌کنند. بنابراین یکی دیگر از دلایل شکننده بودن اکوسیستم‌های مناطق خشک، عدم وجود یا حضور کمرنگ عوامل مفیدی نظیر بی‌مهرگان خاک‌زی است. نتایج تحقیق Yeates (1996) نشان داد که تعداد نماتد بسته به عمق نمونه‌برداری تفاوت قابل توجهی دارد، به‌طوری که تعداد کل نماتدها در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری خاک، $۲۳۰۰/۹\times۱۰^{۳}$ عدد در مترمربع اما در عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری، $۱۶۰/۶\times۱۰^{۳}$ عدد در مترمربع بود. در پژوهش حاضر نمونه‌برداری تا عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک انجام گرفت، بنابراین با توجه به اثر قابل توجه عمق نمونه‌برداری بر تعداد نماتدها، به نظر می‌رسد چنانچه عمق نمونه‌برداری کاهش یابد، تعداد کل نماتدهای موجود در ۱۰۰ گرم خاک، بیش‌تر از نتایج بدست آمده خواهد بود. با وجود گزارش‌های (Bongers & Bongers, 1998; Li *et al.*, 2006; Yeates, 1996) حاکی از تاثیر مثبت رطوبت و مواد آلی خاک بر تعداد نماتدها، چنین اثری در مقایسه مناطق مورد مطالعه مشاهده نشد. زیرا با وجود اینکه میانگین درصد مواد آلی خاک و بارندگی در گناباد کم‌تر از مشهد و شیروان بود، فراوانی نماتدها در خاک اکوسیستم طبیعی منطقه گناباد مشابه اکوسیستم‌های طبیعی مشهد و شیروان بود.

فراوانی پروتوزوآهای مژکدار در خاک‌های غنی از مواد آلی به ۱۰۰۰۰ عدد در هر گرم خاک می‌رسد. در۱۵۰ نمونه خاک، متوسط فراوانی در هر گرم خاک خشک، از ۲۰۰۰ مژکدار (بزرگ‌ترین نوع) تا ۴۳۰۰۰ تاژکدار (کوچک‌ترین نوع) متغیر بوده است. در شرایط خشک یا فقر مواد غذائی یا خاک فرسایش یافته، فراوانی پروتوزوآهای فعال به کم‌تر از چند صد عدد در هر گرم خاک خشک نیز می‌رسد (Adl *et al.*, 2006; Becker *et al.*, 2001; Esteban *et al.*, 2006; Foissner, 1999). بنابراین فراوانی پروتوزوآها در خاک مناطق و اکوسیستم‌های مورد مطالعه، نسبت به آنچه در منابع ذکر گردیده، بسیار کم است. از آنجا که وجود پروتوزوآها برای برقراری چرخه‌های عناصر غذائی در خاک ضروری است، احتمالا تعداد کم آنها، به‌عنوان یک حلقه از چرخه عناصر غذائی در خاک، نشانگر ضعف در چرخه عناصر غذائی خاک‌های مناطق خشک و حتی نیمه خشک است. به همین دلیل منافع ناشی از چرخه عناصر غذائی در این خاک‌ها کم‌تر از خاک‌های حاصلخیز مناطق مرطوب خواهد بود. به‌ویژه اینکه وجود پروتوزوآها با تسریع در آزاد سازی نیتروژن آلی، چرخه آزاد سازی این عنصر پر اهمیت را کوتاه نموده و بازیافت مواد غذائی از بافت گیاهی و استفاده مجدد آنها توسط گیاه را بهبود می‌بخشند. کمبود تعداد پروتوزوآ در خاک باعث کاهش اثر کارکردی آنها در حمایت از اکوسیستم زنده خاک‌های مناطق خشک بوده و دلیل دیگری است بر اینکه اکوسیستم‌های مناطق خشک شکننده هستند و مدیریت ویژه‌ای نیاز دارند. به دلیل شرایط نامساعد، تنوع موجودات زنده موثر بر کارکرد اکوسیستم‌ها کم‌تر است و این محیط‌ها قدرت بافر کم‌تری بر علیه تنش‌های اعمال شده خواهند داشت.

محققین بیان کرده‌اند که واکنش سریع جوامع میکروبی به مواد آلی اضافه شده به خاک فقط وقتی اتفاق می‌افتد که شرایط رطوبتی مساعد باشد، بنابراین افزایش آب ممکن است باعث تحریک رشد باکتری‌ها شود (نقل از Papatheodorou *et al.*, 2004). یکی از جهات تفاوت مناطق مورد مطالعه شرایط بارندگی است که در مشهد و شیروان این تفاوت اندک اما تفاوت دو منطقه با گناباد

Archive of SID

www.SID.ir

زیاد است. متوسط درجه حرارت سالیانه نیز در منطقه گناباد بیش‌تر از دو منطقه دیگر است. بنابراین به نظر می‌رسد همگامی این دو عامل باعث می‌شود تا خاک سریع‌تر خشک شده و شرایط رطوبتی مساعد برای رشد باکتری‌ها از بین برود. در چنین شرایطی باکتری‌های متحمل به‌طور طبیعی کم‌تر خواهند بود و غنای گونه‌ای کاهش می‌یابد. از توجه به درصد مود آلی خاک و تنوع گونه‌ای باکتری‌ها می توان دریافت که مواد آلی خاک تنوع باکتری‌ها را تحت تاثیر قرار داده است، به‌طوری که اکوسیستم طبیعی گناباد با حداقل درصد مواد آلی در خاک، حداقل تنوع باکتریایی را نیز نشان داد. بنابراین احتمالا غنای گونه‌ای پائین باکتری‌ها در اکوسیستم‌های طبیعی مورد مطالعه را می توان به روند کاهش رطوبت و مواد آلی خاک نسبت داد. زیرا درصد مواد آلی و بارندگی در اکوسیستم‌های مورد مطالعه بسیار کم‌تر از گزارشات ارائه شده در این زمینه است (Marasas *et al.*, 2001; Siciliano & Germida, 1999).

مروری بر نتایج تنوع و فراوانی گونه‌های باکتری در خاک اکوسیستم‌های طبیعی مورد مطالعه نشان می‌دهد که تحت شرایط افزایش تنش، غالبیت گونه *M. cristina* با کارکرد تجزیه مواد آلی بیش‌تر می‌شود. در حالی‌که کاهش غالبیت این گونه با افزایش حضور باکتری‌های مفیدی مثل *B. Polymyxa*، *B. Subtilis* و *B. marinus*همراه بود، که در تغذیه و سلامت گیاهان نقش موثری دارند. احتمالا در شرایط پرتنش فعالیت باکتریایی خاک به تجزیه مواد آلی محدود می‌شود و زمینه بروز سایر کارکردهای مفید باکتریایی کم‌تر است. با بهبود شرایط محیطی و کاهش تنش‌ها، زمینه مناسب برای حضور تعداد بیش‌تری از گونه‌های باکتریایی فراهم شده و کارکردهای متنوع ناشی از حضور باکتری‌ها یا به‌عبارت دیگر اثرات مفید ناشی از تنوع باکتری‌ها بروز می کند.

نتایج حاصله از این پژوهش حاکی از آن است که ظاهرا پتانسیل مناسبی از قارچ‌های مایکوریزا در اکوسیستم‌های طبیعی مناطق مورد مطالعه وجود دارد. مطالعه (Shi et al., 2006) نشان داد که گونه‌های گیاهی *Eremopyrum orientale*، *Gagea sacculifera*، *Plantago minuta*، *Trigonella arcuata*، *Tragopogon kasahstanicus*، پنج گونه غالب افمرال هستند که همزیستی مایکوریزائی دارند. پنج جنس افمرال ذکر شده توسط (Shi *et al.* 2006) در اکوسیستم‌های طبیعی مورد مطالعه در این پژوهش نیز مشاهده شدند، بنابراین احتمالا وجود اسپور در اکوسیستم‌های طبیعی مورد مطالعه، نشان دهنده همزیستی مایکوریزایی است. بقای همزیستی مایکوریزایی در اکوسیستم‌های طبیعی وابسته به پوشش گیاهی سازگار با شرایط این اکوسیستم‌ها است که در این رابطه حفاظت از پوشش گیاهی سازگار ضرورتی اجتناب ناپذیر است تا بتواند در شرایط محدود و پرتنش، همزیستی مناسب را برقرار نموده و بقای قارچ‌های مایکوریزا را تضمین کند. اما به‌نظر می‌رسد پتانسیل اکوسیستم‌های مورد مطالعه از نظر تنوع قارچ‌های مایکوریزا تحت تاثیر اقلیم قرار داشت. به‌عبارت دیگر در مناطق خشک‌تر فراوانی و تنوع اسپور گونه‌های مایکوریزا کاهش یافت. محققین بر اساس نتایج بررسی‌ها گزارش کرده‌اند که همه ۱۱ گونه درخت بومی جنگل‌های خشک اتیوپی ارتباط مایکوریزایی داشته اند در حالی‌که در جنگل‌های بارانی مرطوب گرمسیری، فقط ۵۶ درصد از گیاهان با مایکوریزا مرتبط بوده در جنگل‌های اندونزی ۷۷ درصد و در جنگل‌های بارانی جنوب کامرون ۷۹ درصد ارتباط مایکوریزائی ثبت شده‌است (Tao & Zhiwei, 2005). بنابراین گرچه گسترش و توسعه همزیستی مایکوریزایی در شرایط غیرحاصلخیز بیش‌تر از شرایط حاصلخیز است اما به‌نظر می‌رسد باید آستانه‌ای برای شرایط غیرحاصلخیز در نظر گرفت. این نتیجه نیز تایید دیگری است بر اینکه پتانسیل مناطق خشک از جهت حفظ و گسترش تنوع زیستی محدود است.

برآیند نتایج حاصل از آزمایش‌های متعدد در این پژوهش به‌طور قوی این نظریه را تقویت می کند که میانگین بارندگی و حرارت سالیانه، به عنوان شاخصه‌های اصلی اقلیم هر منطقه، تنوع زیستی را در سطوح مختلف تحت تاثیر قرار می‌دهد. با افزایش میانگین بارندگی سالیانه و

Archive of SID

www.SID.ir

کاهش میانگین حرارتی سالیانه در محدوده اقلیمی مورد مطالعه و بر اساس شاخص‌های مورد ارزیابی، تنوع زیستی در مجموع روند افزایشی نشان داد. علاوه بر پیش درآمد کلی، هر یک از بررسی‌ها به تنهایی حاکی از اطلاعاتی جدید در ساختار تنوع زیستی مناطق خشک است و تفاوت شرایط حاکم بر این مناطق را در مقایسه با سایر مناطق نشان می‌دهد. بر اساس یافته‌های حاصل از این پژوهش، به‌علت شرایط اقلیمی حاکم بر اکوسیستم‌های طبیعی مناطق خشک و حتی نیمه خشک، تنوع زیستی در این مناطق پائین است. بهر حال تنوع و پیچیدگی اشکال حیات که در خاک مشاهده می‌شود، نشان دهنده میلیون‌ها سال واکنش‌های تکاملی بوده و حفظ آنها ضروری است، اگرچه ما تنها بخش کوچکی از آنها را درک کنیم (Sileshi & Mafongoya, 2006).

References

- Adl, S.M., Acosta-Mercado, D., Anderson, T.R., Lynn, D.H., 2006. Protozoa, supplementary material. In: Soil Sampling and Methods of Analysis (M.Carter and E.Gregorich,eds), 2nd Edition, pp.455-470. Lewis Publishers.
- Adl, S.M., Gupta, B.V.S.R., 2006. Protists in soil ecology and forest nutrient cycling. Canadian Journal of Forest Research 36, 1805-1817
- Anonymous. 2001. Synthesis studies of Khorasan agriculture. Vol. 1, weather and climate. Tam-Visan consulting engineers. (In Persian)
- Anonymous. 2005. Yearly statistics of Khorasan provinces. Issues no. 28. (In Persian)
- Balali Aliabadi, M., 1998. Study and detection of Vesicular-Arbuscular-Mycorrhiza species (VAM) in some plants of Mashhad. M.Sc. thesis. Ferdowsi university of Mashhad.(In Persian)
- Becker, J., Makus, P., Schrader, S., 2001. Introduction between soil micro- and mesofauna and plants in an ecofarming system. European Journal of Soil Biology 37, 245-249
- Black, H.I.J., Parekh, N.R., Chaplow, J.S., Monson, F., Watkins, J., Creamer, R., Potter, E.D., Poskitt, J.M., Rowland, P., Ainsworth, G., Hornung, M., 2003. Assessing soil biodiversity across Great Britain: national trends in the occurrence of heterotrophic bacteria and invertebrates in soil. Journal of Environmental Management 67, 255-266
- Blecker, S.W., Connolly, S.C., Cardon, G.E., Kelly, E.F., 2009. The role of mining and agricultural activity in creating coexisting but divergent soils, San Luis Valley, Colorado, USA. Geoderma 148, 384-391
- Boer, de L.B. Folman, Summerbell, R.C., Boddy, L., 2005. Living in a fungal world: impact of fungi on soil bacterial niche development. FEMS Microbiology Reviews 29, 795-811
- Bongers, T., Bongers, M., 1998. Functional diversity of nematodes. Applied Soil Ecology 10, 239-251
- Cardoso, I.M., Kuyper, T.W., 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. Agriculture, Ecosystems and Environment 116,72-84
- Crecchio, C, Gelsomino, C.A., Ambrosoil, R., Minati, J.L., Ruggiero, P., 2004. Functional and molecular responses of soil microbial communities under differing soil management practices. Soil Biology and Biochemistry 36,1873-1883
- Das, K., Mukherjee, A.K., 2007. Crude petroleum-oil biodegradation efficiency of *Bacillus subtilis* and *pseudomonas aeruginosa* strains isolated from a petroleum-oil contaminated soil from North-East India. Bioresource Technology 98,1339-1345
- Davidson, D.A., Grieve, I.C., 2006. Relationships between biodiversity and structure and function: evidence from laboratory and field experiments. Applied Soil Ecology 33, 176-185
- De Carvalhoa, F., de Souzab, F.A., Carrenhoc, R., de Souza Moreirad, F.M., da Conceicao Jesuse E., Fernandesa, G.W., 2012. The mosaic of habitats in the high-altitude Brazilian rupestrian fields is a hotspot for arbuscular mycorrhizal fungi. Applied Soil Ecology 52, 9– 19
- Diaz, S., Martin-Gonzalez, A., Gutierrez, J.C., 2006. Evaluation of heavy metal acute toxicity and bioaccumulation in soil ciliated protozoa. Environmental International 32, 711-717
- Egamberdiyeva, D., Hoflich, G., 2003. Influence of growth –promoting bacteria on the growth of wheat in different soils and temperatures. Soil Biology and Biochemistry 35, 973-978
- Egli, M., Mirabella, A., Sartori, G., 2008. The role of climate and vegetation in weathering and clay mineral formation in late Quaternary soils of the Swiss and Italian Alps. Geomorphology 102, 307-324

Archive of SID

www.SID.ir

- Ekelund, F., 2002. Estimation of protozoan diversity in soil. European Journal of Protistology 37, 361-362
- Esteban, G.F., Clarke, K.J., Olmo, J.L., Finlay, B.J., 2006. Soil protozoa–an intensive study of population dynamics and community structure in an upland grassland. Applied Soil Ecology 33,137-151
- Feijoo, A., Carvajal, A.F., Zniga, M.C., Quintero, H., Fragoso, C., 2011. Diversity and abundance of earthworms in land use systems in central-western Colombia. Pedobiologia 54S, S69– S75
- Foissner, W., 1999. Soil protozoa as bioindicators: pros and cons, methods, diversity, representative example. Agriculture, Ecosystems and Environment 74, 95-112
- Frouz, J., Elhottova, D., Kuraz, V., Sourkova, M., 2006. Effects of soil macrofauna on other soil biota and soil formation in reclaimed and unreclaimed post mining sites: Results of a field microcosm experiment. Applied Soil Ecology 33, 308-320
- Germida, J.J., Siciliano, S.D., Renato de Freitas, J. Seib, A.M., 1998. Diversity of root-associated bacteria associated with field-grown canola (*Brassica napus* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.). FEMS Microbiology Ecology 26, 43-50
- Giller, K.E., Beare, M.H., Lavelle, P., Izac, A.-M.N., Swift, M.J., 1997. Agricultural intensification, Soil biodiversity and agroecosystem function. Applied Soil Ecology 6, 3-16
- Grundmann, G.L., 2004. Spatial scales of soil bacterial diversity-the size of a clone. FEMS Microbiology Ecology 48, 119-127
- Hajeeboland, R. , Asgharzadeh, N., Mehrfar, Z., 2004. Ecological Study of Azotobacter in Two pasture lands of the North-west Iran and its Inoculation Effect on Growth and Mineral Nutrition of Wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Omid) Plants. J. Agricultural and Natural Resources, Isfahan University 8, 75-90
- Heijden, M.G.A.V.D., Klironomos, J.N., Ursic, M., Moutoglis, P., Streitwolf-Engel, R., Boller, T., Wiemken, A., Sanders, I.R., 1998. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. Nature 369, 69-72
- Hevia G.G., Buschiazzo, D.E., Hepper, E.N., Urioste, A.M., Anton, E.L., 2003. Organic management matter in size fractions of soils of the semiarid Argentina. Effects of climate, soil texture and management. Geoderma 116, 265-277
- Hillel, D. Rosenzweig, C., 2005. The role of biodiversity in agronomy. Advances in Agronomy 88, 1-34
- Holl, F.B., Chanway, C.P., Turkington, R., Radley, R.A., 1988. Response of crested wheatgrass (*Agropyron cristatum*) perennial ryegrass (*Lolium perenne*) and white clover (*Trifolium repens* L.) to inoculation whit *Bacillus polymyxa*. Soil Biology and Biochemistry 20, 19-24
- Holt, J.G., 1994. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. 9th Edition. Williams & Wilkins, Baltimore
- Ibekwe, A.M., Kennedy, A.C., Frohne, P.S., Papiernik, S.K., Yang, C.-H., Crowley, D.E., 2002. Microbial diversity along a transect of agronomic zones. FEMS Microbiology Ecology 39, 183-191
- Lavelle, P., Decaens, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Bureau, F., Margerie, P., Mora, P., Rossi, J.P., 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. European Journal of soil Biology 42, 3-15
- Li, Q. , Liangy, W., Jiang, Y., Shi, Y., Zhu, J., Neher, D.A., 2006. Effect of elevated co_2 and N fertilization on soil nematode abundance and diversity in a wheat field. Applied soil Ecology 36, 63-69
- Marasas, M.E., Sarandon, S.J., Cicchino, A.C., 2001. Changes in soil arthropod functional group in a wheat crop under conventional and no tillage systems in Argentina. Applied Soil Ecology 18, 61-68
- Mc Gonigle, T.P., Chambers, M.L., White, G.J., 2005. Enrichment over time of organic carbon and available phosphorous in semiarid soil. Soil Science Society of America Journal 69, 1617-1626
- McLean, E.O., 1982. Soil pH and Lime Requirements, In Methods of Soil Analysis Part II-Chemical and Microbiological Properties (A.L., Miller, H.R., Keeney, R.D. eds). pp.200-223 American Society of Agronomy, Inc. Soil Science of America, Inc.: Madison, Wisconsin USA.
- Nassiri mahallati, M., Koocheki, A., Rezvani, P., Beheshti, A., 2001. Agroecology. 453 pp. Ferdowsi university of Mashhad Publishers. (In Persian)
- Neher, D.A., Wu, j., Barbercheck, M.E., Anas, O., 2005. Ecosystem type affects interpretation of soil nematode community measures. Applied Soil Ecology 30, 47-64
- Nyamadzawo, G., Nyamangara, J., Nyamugafata, P., Muzulu, A., 2009. Soil microbial biomass and mineralization of aggregate protected carbon in fallow-maize systems under conventional and no-tillage in Central Zimbabwe. Soil & Tillage Research 102, 151-157

Archive of SID

www.SID.ir

- Ouedraogo, E., Mando, A., Brussaard, L., 2006. Soil macrofauna affect crop nitrogen and water use efficiencies in Semi-arid West Africa. European Journal of Soil Biology 42, 275-277
- Pan, G., Smith, P., Pan, W., 2009. The role of soil organic matter in maintaining the productivity and yield stability of cereals in China. Agriculture, Ecosystems and Environment 129, 344-348
- Papatheodorou, E.M., Argyropoulou, M.D., Stamou, G.P., 2004. The effects of large- and small-scale differences in soil temperature and moisture on bacterial functional diversity and the community of bacterivorous nematodes. Applied Soil Ecology 25, 37-49
- Parisi, V., Menta, C., Gardi, C., Jacomini, C., Mozzanica, E., 2005. Microarthropod community as a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy. Agriculture, Ecosystems and Environment 105, 323-333
- Pimentel, D., Wilson, C., Mccullum, C., Huang, R., Dwen, P., Flack, J., Tran, Q., Saltman, T., Cliff, B., 1997. Economic and Environmental benefits of biodiversity. Bioscience 47, 747-757
- Shi, Z.Y., Zhang, L.Y., Li, X.L., Feng, G., Tian, C.Y., Christie, P., 2006. Diversity of arbascular mycorrhizal fungi associated with desert ephemerals in plant communities of Junggar Basin, North West China. Applied Soil Ecology 35, P.10-20
- Siciliano, S.D., Germida, J.J., 1999. Taxonomic diversity of bacteria associated with the roots of field-grown transgenic *Brassica napus* cv. Quest, compared to the non-transgenic *B. napus* cv. Excel and *B.rapa* cv. Parkland. FEMS Microbiology Ecology 19, 203-272
- Sileshi, G., Mafongoya, P.L., 2006. Long-term effect of improved legume fallows on soil invertebrate macrofauna and maize yield in eastern Zambia. Agriculture Ecosystems & Environment 115, 69-78
- Swain, M.R., Ray, R.C., 2009. Biocontrol and other beneficial activities of *Bacillus subtilis* isolated from cowdung microflora. Microbiological Research 164, 121-130
- Tao, L., Zhiwei, Z., 2005. Arbascular mycorrhizas in a hot and arid ecosystem in southwest china. Applied Soil Ecology 29: 135-141
- Tao, L., Jianping, L., Zhiwei, Z., 2004. Arbuscular mycorrhizas in a valley-type savanna in Southwest China. Mycorrhiza 14, 323-327
- Tisdal, S.L., Nelson, W.L., Beaton, J.D., Havlin, J.L., 1993. Soil fertility and fertilizers.5th edition, Mc Millan
- Tondoh, J.E., 2006. Seasonal changes in earthworm diversity and community structure in central Cote d'Ivoire. European Journal of Soil Biology 42, 334-340
- Toyota, K., Kuninaga, S., 2006. Comparison of soil microbial community between soils amended with or without farmyard manure. Applied Soil Ecology 33, 39-48
- Uhlirova, E., Santruckova, H., 2003. Growth rate of bacteria is affected by soil texture and extraction procedure. Soil Biology and Biochemistry 35, 217-224
- Yeates, G.W., 1996. Diversity of nematode fauna under three vegetation types on a pallic soil in otago, New Zealand. New Zealand Journal of Zoology 23, 401-407
- Zhiping, C., Yuhui, Q., Baoqing, W., Qin, X., 2006. Influence of agricultural intensification on the earthworm community in arable farmland in the North China plain. European Journal of Soil Biology 42, 362-366

Archive of SID

www.SID.ir

Evaluation of Structural Biodiversity in Natural Systems of Arid and Semiarid Regions: 1- Soil Characteristic and Biodiversity

A. Khodashenas*[1], A. Koocheki[2], P. Rezvani Moghaddam[2] and A. Lakzian[3]
[1] Agricultural and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi, I.R. Iran
[2] Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, I.R. Iran
[3] Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, I.R. Iran
(Received: 23/01/2011 , Accepted: 01/04/2012)

Abstract
Soil biodiversity is the origin of considerable goods for maintenance and extension of above ground biodiversity and environmental soundness. This study was carried out in Shirvan, Mashhad and Gonabad, three regions of Razavi and Northern Khorasan provinces, to determine soil characteristics and biodiversity in natural systems of arid and semi-arid regions. In each studied system, 10 locations were selected for sampling and 50 soil samples were taken from each system with 0.3m length, 0.3m width and 0.3m depth.Texture, pH, organic matter, diversity and abundance of soil invertebrates, nematodes, bacteria, protozoa and mycorrhiza were measured in soil samples. Results showed with increasing of mean annual temperature and decreasing the mean annual precipitation, soil texture became coarser, pH increased and organic matter decreased from 0.38 to 0.05 percent. Soil invertebrates were found only in natural system of Shirvan, with low diversity and abundance. Abundance of soil nematodes and bacteria was similar in three regions. But diversity of soil bacteria, abundance of protozoa and diversity of mycorrhizal fungi reduced with increasing of mean annual precipitation and decreasing of mean annual temperature. Mean species richness of soil bacteria in natural systems of Shirvan, Mashhad and Gonabad was 5.3, 5.8 and 3.5, respectively. Species richness of mycorrhizal fungi in these systems was 5, 5 and 4 respectively. Based on results, climate and edaphic conditions were caused to restriction of biodiversity in arid regions. But conservation of this level of soil biodiversity and its goods has the special importance.

Keywords: soil, biodiversity, species richness, natural systems.

*Corresponding author: Tel: +985113822301 Fax: +985113822390 E-mail: khodashenas48@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir