Archive of SID
DOI: 10.22059/ijswr.2018.261542.667959 تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۰، شماره ۴، شهریور ۱۳۹۸ (ص ۱۰۲۱-۱۰۰۹)

The Dynamics of Soil Biochemistry and Microbiology in Various Land Management of the Western Hyrcanian Region

NEGAR MOGHIMIAN[1], SEYED MOHSEN HOSSEINI[2*], YAHYA KOOCH[3], BEHROUZ ZAREI DARKI[4]

1. Ph. D. Student, Faculty of Natural Resources & Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, Iran.
2. Professor, Faculty of Natural Resources & Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, Iran.
3. Assistant Professor, Faculty of Natural Resources & Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, Iran.
4. Assistant Professor, Faculty of Natural Resources & Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, Iran.

(Received: July. 6, 2018- Revised: Aug. 9, 2018- Accepted: Sep. 2, 2018)

ABSTRACT

Land use change is one of the major human interactions in natural ecosystems that affect ecosystem processes, especially soils. In the present study, the effect of land use change on the dynamics of microbial and enzymatic activities in the Gerdkooh-Safak area of Mazandaran province was investigated. For this purpose, soil sampling was carried out by systematic-random method from two depths of 0-5 and 5-10 cm. Totally, 240 soil samples were collected from six land uses (i.e. natural forests of hornbeam-ironwood, degraded natural forest, alder plantation, sequia plantation, improved follow and home garden), in four seasons of spring, summer, autumn and winter. According to the results, alder plantation and natural forest had the highest basal (0.49 and 0.44 mg CO_2-C g^{-1} day^{-1}) and substrate induced respirations (1.40 and 1.40 mg CO_2-C g^{-1} day^{-1}); in contrast, the sequia plantaion and improved follow had the least basal (0.21 and 0.24 mg CO_2-C g^{-1} day^{-1}) and substrate induced respirations (1.02 and 1.07 mg CO_2-C g^{-1} day^{-1}). Alder plantation and natural forest had the highest amount of nitrogen microbial biomass (70.20 and 67.38 mg kg^{-1}), nitrate (32.92 and 30.49 mg kg^{-1}) and ammonium (30.04 and 27.95 mg kg^{-1}). The highest levels of enzymes activity of urease, phosphatase, arylsulphatase and invertase were found in alder plantation and natural forest (145.8, 144.8 µg NH^{4+}–N g^{-1} 2 h^{-1}, 651.2, 629.6 µg PNP g^{-1} h^{-1}, 142.4, 141.4 µg PNP g^{-1} h^{-1} and 217, 214.8 µg Glucose g^{-1} 3 h^{-1}) respectively and the least activity was detected under improved follow, degraded sites and sequia planation (127.22, 128.86, 128.08 µg NH^{4+}–N g^{-1} 2 h^{-1}, 273.2, 261.2, 272.8 µg PNP g^{-1} h^{-1}, 107.2, 109.6, 108/8 µg PNP g^{-1} h^{-1} and 151.4, 155.4, 158.8 µg Glucose g^{-1} 3 h^{-1}). Due to the variability of soil microbial and enzymatic characteristics in different seasons of the year and the proposed depths, the highest values of these characteristics were allocated to the seasons of summer and spring and the upper layer of soil. According to the evaluation of land uses and following the natural forest, the establishment of the alder species in the degraded forest areas of the northern Iran can be considered as the selected species for land uses with similar conditions to improve the soil quality and health.

Keyword: Degradation and reclamation, basal and induced respiration, microbial biomass, seasonal dynamics, soil depth.

* Corresponding Author's Email: hosseini@modares.ac.ir
www.SID.ir

Archive of SID

پویایی مشخصه‌های بیوشیمی و میکروبیولوژی خاک در مدیریت‌های مختلف اراضی ناحیه هیرکانی غربی

نگار مقیمیان[۱]، سید محسن حسینی[۲*]، یحیی کوچ[۳]، بهروز زارعی‌دارکی[۴]

۱. دانشجو دکتری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران، ایران.

۲. استاد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، ، نور، مازندران، ایران.

۳. استادیار، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، ، نور، مازندران، ایران.

۴. استادیار، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، ، نور، مازندران، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۴/۱۵- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۵/۱۸- تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۶/۱۱)

چکیده

تغییرکاربری اراضی یکی از دخالت‌های مهم بشر در اکوسیستم‌های طبیعی است که بر روی فرآیندهای اکوسیستم به ویژه خاک اثرگذار است. در پژوهش حاضر، اثر تغییر کاربری اراضی بر پویایی فعالیت‌های میکروبی و آنزیمی خاک منطقه گردکوه صافک استان مازندران مورد مطالعه قرار گرفت. بدین منظور، نمونه‌برداری خاک به روش سیستماتیک-تصادفی و از دو عمق ۵-۰ و ۱۰- ۵ سانتی‌متری انجام شد. در مجموع ۲۴۰ نمونه خاک از شش کاربری (جنگل طبیعی ممرز - انجیلی، جنگل مخروبه ممرز- انجیلی، جنگل‌کاری توسکا، جنگل‌کاری سکویا، آیش رها شده و اگروفارستری بارده) در چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان جمع‌آوری شد. مطابق با نتایج، کاربری‌های توسکا و جنگل طبیعی بیشترین مقادیر تنفس پایه (۰/۴۹ و ۰/۴۴ میلی‌گرم دی اکسید کربن برگرم در یک روز) و برانگیخته (۱/۴۰ و ۱/۴۰ میلی‌گرم دی اکسید کربن برگرم در یک روز) و در مقابل، جنگل‌کاری سکویا و کاربری آیش کمترین مقادیر تنفس پایه (۰/۲۱ و ۰/۲۴ میلی‌گرم دی اکسید کربن برگرم در یک روز) و برانگیخته (۱/۰۲ و ۱/۰۷ میلی‌گرم دی اکسید کربن برگرم در یک روز) را به خود اختصاص دادند. کاربری‌های توسکا و جنگل طبیعی بیشترین مقادیر زی‌توده میکروبی نیتروژن (۷۰/۲۰ و ۶۷/۳۸ میلی‌گرم برکیلوگرم)، نیترات (۳۲/۹۲ و ۳۰/۴۹ میلی‌گرم برکیلوگرم) و آمونیوم (۳۰/۰۴ و ۲۷/۹۵ میلی‌گرم برکیلوگرم) را به خود اختصاص داد. بالاترین میزان فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز، فسفاتاز، آریل‌سولفاتاز و اینورتاز به ترتیب در کاربری‌های توسکا و جنگل طبیعی (۱۴۵/۸، ۱۴۴/۸ $\mu g\ NH^{4+}\text{–}N\ g^{-1}\ 2\ h^{-1}$، ۶۵۱/۲، ۶۲۹/۶ $\mu g\ PNP\ g^{-1}\ h^{-1}$، ۱۴۲/۴، ۱۴۱/۴ $\mu g\ PNP\ g^{-1}\ h^{-1}$ و ۲۱۷، ۲۱۴/۸ $\mu g\ Glucose\ g^{-1}\ 3\ h^{-1}$) و کمترین میزان فعالیت به ترتیب در کاربری‌های آیش، مخروبه و سکویا (۱۲۷/۲۲، ۱۲۸/۸۶، ۱۲۸/۰۸ $\mu g\ NH^{4+}\text{–}N\ g^{-1}\ 2\ h^{-1}$، ۲۷۳/۲، ۲۶۱/۲، ۲۷۲/۸ $\mu g\ PNP\ g^{-1}\ h^{-1}$، ۱۰۷/۲، ۱۰۹/۶، ۱۰۸/۸ $\mu g\ PNP\ g^{-1}\ h^{-1}$ و ۱۵۱/۴، ۱۵۵/۴، ۱۵۸/۸ $\mu g\ Glucose\ g^{-1}\ 3\ h^{-1}$) مشاهده شد. با توجه به تغییرپذیری مشخصه‌های میکروبی و آنزیمی خاک در فصول مختلف سال و عمق‌های مورد بررسی، بیشترین مقادیر این مشخصه‌ها به فصول تابستان و بهار و لایه بالایی خاک اختصاص داشته است. با توجه به ارزیابی صورت گرفته در بین کاربری‌ها، بعد از جنگل طبیعی، در مناطق جنگلی تخریب‌یافته شمال کشور، استقرار گونه درختی توسکا می‌تواند به عنوان گونه منتخب در کاربری‌هایی با شرایط مشابه جهت بهبود کیفیت و سلامت خاک مد نظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: تخریب و احیاء رویشگاه، تنفس پایه و برانگیخته، زی‌توده میکروبی، پویایی فصلی، عمق خاک.

مقدمه

مشخصه‌های میکروبی، به‌عنوان یکی از شاخص‌های بسیار حساس کیفیت خاک بوده که پاسخ قطعی به تغییرات مدیریت اراضی در کوتاه‌مدت ارائه می‌دهد (Raiesi, 2007). تغییرات در ویژگی‌های میکروبی خاک ممکن است منجر به تغییرات مهم در کیفیت خاک شود و بر چرخه مواد غذایی و توسعه گیاه اثر بگذارد. نوع پوشش موجود در کاربری یکی از عوامل اصلی تأثیرگذار بر جامعه میکروبی خاک‌های مناطق جنگلی است. جامعه میکروبی خاک می‌تواند باعث تفاوت‌هایی در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های سطحی تحت کاربری‌های مختلف شود (Hagen-Thorn *et al.*, 2004). پژوهش‌ها حاکی از آن است که گونه‌های سوزنی‌برگ و پهن‌برگ تأثیر متفاوتی بر شیمی خاک و چرخه‌های بیوشیمیایی اکوسیستم دارند. تغییر کاربری سریع‌ترین و برجسته‌ترین روش تغییر ساختار میکروبی و عملکرد آن است (Deng *et al.*, 2016). برخی شاخص‌های میکروبی خاک وجود دارند که به تغییرات ایجاد شده در خاک حساس می‌باشند، از

* نویسنده مسئول: hosseini@modares.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

جمله این شاخص‌ها می‌توان به تنفس پایه و برانگیخته اشاره کرد (Marohn *et al.*, 2005). تنفس پایه یکی از شاخص‌های بسیار پویا بوده و کمیت و کیفیت تغییرات آن در خاک‌های مختلف متفاوت می‌باشد. تنفس برانگیخته، شاخص بسیار مهمی از جمعیت فعال میکروبی خاک می‌باشد. این مشخصه، میزان کربن معدنی متصاعد شده از تنفس میکروبی پس از اضافه کردن گلوکز را نشان می‌دهد (Weand *et al.*, 2010).

از جمله شاخص‌های میکروبی کیفیت خاک که ارزیابی می‌شوند، می‌توان به مقدار زی‌توده میکروبی کربن و نیتروژن اشاره کرد. این شاخص‌ها بسیار پویا بوده و نسبت به تغییر پوشش اراضی بسیار حساس‌اند. میزان زی‌توده میکروبی کربن تابعی از میزان کربن آلی خاک است (Yadava, 2012). کربن آلی خاک به آرامی تغییر می‌کند و اندازه‌گیری دقیق آن مشکل است اما زی-توده میکروبی کربن سریعتر از مواد آلی کل به تغییرات کاربری واکنش نشان می‌دهد (Gamboa and Galicia, 2012). زی‌توده میکروبی نیتروژن، علاوه بر اینکه شاخص مهم و نشان‌دهنده جمعیت میکروبی زنده خاک می‌باشد، ذخیره ارزشمندی از نیتروژن آلی است که به سهولت به نیتروژن معدنی تبدیل می-شود. تغییر نوع پوشش گیاهی اثر قابل توجهی بر روی زی‌توده میکربی کربن و نیتروژن خاک دارد (Nunes *et al.*, 2012). نیتروژن قابل استفاده تا حد زیادی وابسته به نیتروژن معدنی است که طی فرآیندی زیستی از تبدیل نیتروژن آلی به شکل‌های معدنی قابل دسترسی گیاه (آمونیوم و نیترات) حاصل می‌شود. تغییر کمیت و کیفیت مواد آلی، ترکیب و تنوع جوامع میکروبی و شرایط محیطی، تحت تأثیر پوشش‌های متفاوت کاربری موجب تحول فرآیند معدنی‌سازی نیتروژن می‌شود (Liu *et al.*, 2010).

آنزیم‌های خاک شاخص مناسبی برای سنجش حاصل-خیزی و کیفیت خاک به حساب می‌آیند. تحقیقات متعددی نشان داده‌اند تغییرات کاربری اراضی بر روی فعالیت آنزیم‌ها به شدت تاثیرگذار است (Chaer *et al.*, 2009; Lagomarsino *et al.*, 2011; Wang *et al.*, 2012). اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم‌های خاک به عنوان شاخصی برای پایش و سنجش تغییرات ساختار جوامع میکروبی، پویایی چرخه کربن آلی خاک در پاسخ به تغییرات ایجاد شده توسط انسان ضروری به نظر می‌رسد (Trasar-Cepeda *et al.*, 2008). بطور کلی دوام، پایداری و فعالیت آنزیم‌ها تحت تاثیر پوشش‌های مختلف، مدیریت منطقه، pH خاک، زی-توده میکروبی، مقدار ماده آلی، رطوبت و درجه حرارت خاک، تخلخل، میزان کوبیدگی و فشردگی خاک به شدت تغییر می‌کند (Song *et al.*, 2012). آنزیم اوره‌آز با هیدرولیز اوره، آمونیاک تولید می‌کند و منشأ آن میکروبی است که مقاوم به تجزیه است و به همین علت در سلول‌های آزاد انباشته می‌شود. بنابراین اهمیت آنزیم اوره‌آز در تعیین میزان کیفیت خاک از نقطه‌نظر چرخه ازت در خاک است (Lasota and Błońska, 2014). آنزیم فسفاتاز بوسیله ریزجانداران، ریشه‌های گیاهی و کرم‌های خاکی تولید می‌شود و ارتباط این آنزیم با مقدار ماده آلی خاک، رطوبت خاک و حجم خاک در محیط ریشه، به اثبات رسیده است، همچنین یکی از آنزیم‌های مهم در چرخه فسفر خاک به شمار می‌آید و معمولاً در خاک‌هایی با اسیدیته بالا، فراوان و فعال‌تر است. افزایش مواد آلی نه تنها از طریق افزایش فعالیت میکروبی بلکه از طریق پایدارسازی آنزیم فسفاتاز در خاک باعث افزایش فعالیت این آنزیم می‌شود (Khademi *et al.*, 2006). آریل‌سولفاتاز آنزیمی است که مسئولیت تبدیل فسفر آروماتیک به فسفر معدنی مورد نیاز گیاهان و میکروفلور خاک را بر عهده دارد (Moscatelli *et al.*, 2005). آنزیم اینورتاز ساکارز را به گلوکز و فروکتوز تبدیل می‌کند و با زی‌توده میکروبی خاک در ارتباط است. آنزیم اینورتاز اغلب بیشتر از سایر آنزیم‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد زیرا قابلیت بالایی در انعکاس فعالیت بیولوژیکی و حاصل‌خیزی خاک دارد (Wei *et al.*, 2008).

پژوهش Niklińska and Chodak (2010) با عنوان اثر بافت و کاربری بر خصوصیات میکروبی خاک، نشان داد که خاک‌های لومی‌شنی در مقایسه با خاک‌های شنی میزان pH، کربن آلی، نیتروژن کل، کربن زی‌توده میکروبی، تنفس پایه و فعالیت آنزیمی بیشتری دارد. همچنین زی‌توده میکروبی کربن و فعالیت آنزیم‌ها در کاربری‌های پهن‌برگ بیشتر از سوزنی‌برگ نشان داده شد. مطالعه Da Silva *et al.* (2012) تغییرات زی‌توده میکروبی و فعالیت آنزیمی در چهار کاربری را مورد ارزیابی قرار داد. نتایج نشان داد که میزان زی‌توده میکروبی و فعالیت آنزیمی در جنگل طبیعی بیشتر از مناطق جنگل‌کاری می‌باشد. تحقیق Beheshti *et al.* (2012) با هدف بررسی اثر آشفتگی ناشی از تبدیل اراضی جنگلی به کشاورزی بر برخی شاخص‌های بیولوژیک انجام شد. نتیجه تحقیق نشان داد تغییر کاربری سبب کاهش دسترسی ریزجانداران خاک به اکسیژن و کاهش تحریک فعالیت-های میکروبی، تجزیه ماده آلی و کیفیت خاک شده است. بررسی Wang et al. (2013) با هدف ارزیابی اثر تغییر کاربری بر کربن آلی، تنفس و فعالیت آنزیمی خاک انجام شد. نتایج حاکی از آن است که میزان فعالیت آنزیم در کاربری پهن‌برگ بیشتر از کاربری سوزنی‌برگ بوده است. مطالعه Kooch and Parsapor (2016) با هدف بررسی اثر گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ بر وضعیت تغییرپذیری شاخص‌های میکروبی خاک انجام شد. نتایج، بیشترین مقادیر تنفس میکروبی و زی‌توده میکروبی کربن را در

www.SID.ir

Archive of SID

پوشش جنگلی کاج سیاه و بیش‌ترین مقدار زی‌توده میکروبی نیتروژن را در کاربری توسکا ییلاقی نشان داد.

تاکنون بیشتر تحقیقات انجام شده به تأثیر کاربری‌ها بر مشخصه‌های خاک در یک فصل، عموماً تابستان، اشاره داشته‌اند در حالی که با توجه به تغییرپذیری و حساسیت بالای فعالیت‌های میکروبی و بیوشیمی خاک در فصول مختلف سال تحت کاربری‌های مختلف، پویایی این مشخصه‌ها چندان مورد توجه قرار نگرفته است. همچنین بیشتر پژوهش‌های داخل کشور نیز به تغییرات مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی خاک در پوشش‌های مختلف اراضی اشاره داشته‌اند و فعالیت‌های میکروبی خاک کمتر مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. علی‌رغم تخریب رویشگاه‌های جنگلی و تغییرات گسترده‌ای که در کاربری‌های شمال کشور صورت گرفته است تاکنون ارزیابی درستی از پیامدهای آن بویژه اثر تغییر فصل و عمق بر مشخصه‌های میکروبی و آنزیمی خاک در کاربری‌های جنگلی و غیر جنگلی انجام نشده است. بنابراین در این تحقیق به دو سوال مهم پرداخته شد: ۱- فعالیت‌های میکروبی خاک در فصول سال تحت کاربری‌های مختلف چگونه تغییر می‌کنند؟ ۲- پویایی فعالیت‌های آنزیمی خاک در پوشش‌های مختلف اراضی در چه وضعیتی می‌باشند؟

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

جنگل‌های سری یک گردکوه صافک در شمال‌غربی حوزه ۳۸ سردآبرود پایین درحوزه استحفاظی اداره منابع طبیعی شهرستان کلارآباد و اداره کل منابع طبیعی استان مازندارن- نوشهر قرار گرفته است. منطقه مورد مطالعه بین عرض″۳۰ ′۳۷ °۳۶ تا ″۵۲ ′۴ °۳۶ و طول جغرافیایی″۵۰ ′۷ °۵۱ تا″۵۱ ′۱۲ °۵۱ قرار دارد. حداقل ارتفاع از سطح دریا ۵۰ متر و حداکثر ۱۴۴ متر و شیب منطقه بین (۰-۵٪) می‌باشد. بر اساس ایستگاه هواشناسی مستقر در منطقه خشکه‌داران، که نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به منطقه مورد مطالعه می‌باشد، متوسط دمای سالیانه ۱۷ درجه سانتی‌گراد، متوسط بارندگی سالیانه ۱۳۰۰ میلی‌متر و فصل خشک از خرداد تا مردادماه می‌باشد (بر مبنای دوره دهساله ۱۳۹۴- ۱۳۸۴). بافت خاک لومی- سیلتی- شنی است. گونه‌های طبیعی غالب در منطقه شامل بلوط بلندمازو، آزاد، انجیلی، ممرز، خرمندی و شمشاد است که در طول ۲۷ سال گذشته قسمتی از سطح جنگل‌های طبیعی از بین رفتند و بعد از قطع یکسره جنگل‌کاری (۳×۳ متر) با بعضی گونه‌های بومی مثل توسکا ییلاقی (۲/۱۰ هکتار) ، افرا (۱/۷۲هکتار) ، گونه غیر بومی سوزنی برگ سکویا(۵/۸۹ هکتار) و توده‌ی آمیخته افرا و سکویا (۴/۸۷ هکتار) انجام شد. در بعضی از قسمت‌های منطقه جنگل‌کاری صورت نگرفته و پوشش جنگل‌های مخروبه انجیلی- ممرز (۵/۶۳ هکتار)، آیش رها شده (۴/۶۹ هکتار) و اگروفارستری بارده (۳/۴۹ هکتار) دیده می‌شود. اطلاعات کامل مربوط به کاربری‌ها (مشخصات پوشش‌های مختلف اراضی و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک) در جدول‌های (۱ و ۲) ارائه شده است (Moghimian, 2018).

روش نمونه‌برداری و تجزیه آزمایشگاهی

پس از بازدید و شناسایی دقیق کاربری‌ها مساحت ۱/۵ هکتار (۱۵۰×۱۰۰ متر) با شرایط فیزیوگرافی (شیب، جهت جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا) و مواد مادری مشابه از شش کاربری انتخاب شد. نمونه‌های خاک از سطح ۲۵× ۲۵ سانتی‌متر (ابتدا، میانه و انتها) مستقر بر پنج ترانسکت موازی به مرکزیت کاربری‌ها جمع‌آوری شد. لازم به ذکر است که طول هر ترانسکت صد متر در نظر گرفته شده است. ابتدا پانزده نمونه از هر کاربری از دو عمق ۵-۰ و ۱۰- ۵ سانتی‌متری برداشت و در نهایت سه نمونه در هر ترانسکت با هم مخلوط شدند و از هر کاربری پنج نمونه ترکیبی حاصل شد. نمونه‌برداری چهار نوبت در طول یک سال، ماههای میانی هر فصل، انجام شد (Worku *et al.*, 2014). در مجموع ۲۴۰ نمونه خاک (۶ کاربری× دو عمق × ۴ فصل × ۵ تکرار) از کاربری‌ها برداشت و به آزمایشگاه انتقال داده شد. بطور کلی سعی شد که به منظور کاهش اثرات مرزی، حاشیه کاربری‌ها برای نمونه‌برداری در نظر گرفته نشود و نمونه‌برداری‌ها متمایل به بخش مرکزی هر کاربری باشد. بخشی از نمونه‌های خاک به منظور اندازه‌گیری مشخصه‌های میکروبی تا زمان انجام آزمایش در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و بخشی دیگر برای اندازه‌گیری فعالیت‌های آنزیمی، در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

مقادیر نیترات و آمونیوم به ترتیب به روش احیای کادمیوم و روش رنگ‌سنجی اندازه‌گیری شد. بدین منظور، عصاره‌گیری خاک با کلرور پتاسیم دو مول انجام، سپس با استفاده از MgO به عنوان ماده قلیایی در اندازه‌گیری آمونیوم و از دواردا آلوی به عنوان ماده احیاءکننده در اندازه‌گیری نیترات استفاده گردید (Ghazan Shahi, 2006). برای اندازه‌گیری تنفس میکروبی خاک از روش بطری بسته استفاده شد. بدین منظور، ۲۱ میلی‌لیتر محلول هیدروکساید سدیم درون ظروف شیشه‌ای دارای درپوش ریخته شد و ۲۵- ۲۰ گرم خاک مرطوب، داخل کیسه‌های نایلونی، در درون ظروف شیشه‌ای قرار داده شد. در قسمت بالای کیسه، منافذ ریز ایجاد شد و در کنار محلول هیدروکساید ۰/۱ مولار سدیم به مدت۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجۀ انکوباسیون شد. برای تهیه نمونه شاهد، همان روش بدون خاک اجرا شد. پس از پایان

www.SID.ir

Archive of SID

انکوباسیون، ۲ سی‌سی کلرید باریم نیم مولار به نمونه‌ها اضافه و ۳-۴ قطره محلول شناساگر افزوده شد و با اسید کلریدریک ۰/۱ مولار تیتر شدند. در نهایت میزان تنفس میکروبی خاک بر مبنای میلی‌گرم بر کیلوگرم محاسبه شد (Alef, 1995). تنفس برانگیخته (SIR) خاک، همانند روش تنفس پایه اندازه‌گیری شد. با این تفاوت که برای هر نمونه خاک ۱۰ گرمی میزان ۱ میلی‌لیتر گلوکز ۱ درصد افزوده شد و پس از ۲۴ ساعت، سود درون جارها با اسید کلریدریک ۰/۲ نرمال تیتر گردید (Anderson and Domsch, 1989). به‌منظور اندازه‌گیری زیست توده میکربی کربن، به روش تدخین استخراج، ابتدا خاک مرطوب با کلروفرم به مدت ۲۴ ساعت در درون دسیکاتور تدخین شد. سپس خاک تدخین شده با محلول عصاره‌گیر سولفات پتاسیم نیم مولار (۲۰ میلی‌لیتر) به مدت ۳۰ دقیقه تکان داده و عصاره‌گیری شد. همین کار با خاک شاهد (تدخین نشده) هم انجام گرفت. ۴ میلی‌لیتر از عصاره استخراج شده برداشته و به درون لوله‌های هضم انتقال داده شد. سپس ۲ میلی‌لیتر پتاسیم دی‌کرومات و ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ به این محلول اضافه شد. پس از آن ۳ قطره (۰/۳ میلی‌لیتر) از محلول شناساگر اضافه شد و در نهایت با استفاده از فرو آمونیوم سولفات، تیتراسیون نمونه‌ها صورت گرفت. با توجه به تفاوت کربن آلی استخراج شده از خاک نمونه‌ها (تدخین شده) و خاک شاهد (تدخین نشده) مقدار کربن زیست-توده میکروبی خاک بر مبنای میلی‌گرم محاسبه شد (Brookes *et al*., 1985; Sparling *et al*., 1990). برای اندازه‌گیری زیست توده میکروبی نیتروژن خاک، به روش تدخین- استخراج، نمونه-های خاک پس از تدخین با کلروفرم، با محلول سولفات پتاسیم عصاره‌گیری شده و عصاره‌ها تا موقع اندازه‌گیری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. در نهایت مقدار نیتروژن زیست‌توده میکروبی به روش ایندوفنل بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم اندازه-گیری شد (Brookes *et al*., 1985; Sparling *et al*., 1990).

جدول ۱- اطلاعات مربوط به کاربری‌های مورد مطالعه در سری یک گردکوه صافک

کاربری‌ها	توضیحات کاربری-ها	گونه‌های غالب	گونه‌های همراه	نوع کود	حجم لاشبرگ (کیلوگرم/ متر مربع)	بافت خاک
جنگل طبیعی	جنگل طبیعی (جنگل بدون تخریب)	ممرز (۱۴۳ تعداد/ هکتار) انجیلی (۹۱ تعداد/ هکتار)	پودیوم جنگلی جگن پیر بهار	-	۱۴- ۷	سیلتی رسی لومی (رس= ۳۵/۲۰، سیلت= ۴۷/۸۰، شن= ۱۷/۸۰٪)
جنگل مخروبه	جنگل طبیعی مخروب شده (جنگل تخریب شده با درختان تنک)	ممرز (۱۸ تعداد/ هکتار) انجیلی (۱۰تعداد/ هکتار)	ترشک شبدری ارزن جنگلی پیچک جنگلی نگون سار برگ گرد جنگلی	-	۷- ۲/۸	رسی لومی (رس= ۳۲/۲۰، سیلت= ۴۳/۸۰، شن= ۲۴/۶۰٪)
جنگل‌کاری توسکا	جنگل‌کاری توسکا (توده خالص توسکا)	توسکا قشلاقی (۵۳۸تعداد/ هکتار)	پامچال گوش موش سرخس دو پایه	-	۱۱/۲- ۵/۶	سیلتی رسی لومی (رس= ۳۵/۲۰، سیلت= ۴۶/۸۰، شن= ۱۸/۴۰٪)
جنگل‌کاری سکویا	جنگل‌کاری سکویا (توده خالص سکویا)	سکویا (۵۰۲تعداد/ هکتار)		-	۲۸- ۱۶/۸	رسی لومی (رس= ۳۲/۸۰، سیلت= ۴۷/۲۰، شن= ۲۰/۶۰٪)
آیش	زمین بدون کشت	یونجه (۳۰٪>) درمنه کوهی (۲۰٪>) گون (۲۰٪>) فرفیون (۱۰٪>) گزنه سفید (۵٪>)		نیتروژن، فسفر، پتاسیم (فقط در زمان کشت)	۷- ۲/۸	رسی لومی (رس= ۳۱/۴۰، سیلت= ۴۲/۴۰، شن= ۲۷/۰۰٪)
اگروفارستری	تلفیق کشاورزی، دامپروری و جنگل	پرتقال (۹۷ تعداد/ هکتار) نارنگی (۸۵ تعداد/ هکتار)	خیار لوبیا	نیتروژن، فسفر، پتاسیم (هر سال)	۱/۵>	رسی لومی (رس= ۳۵/۰۰، سیلت= ۴۱/۴۰، شن= ۲۴/۴۰٪)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۲- میانگین (اشتباه معیار) مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در ارتباط با کاربری‌های مختلف

مشخصه خاک	جنگل طبیعی	جنگل مخروبه	جنگل‌کاری توسکا	جنگل‌کاری سکویا	آیش	اگروفارستری بارده
جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	۱/۲۵ (۰/۰۰^{b})	۱/۲۷ (۰/۰۰^{b})	۱/۲۸ (۰/۰۰^{b})	۱/۲۲ (۰/۰۰^{a})	۱/۵۱ (۰/۰۰^{a})	۱/۴۷ (۰/۰۰^{a})
رطوبت (درصد)	۲۴/۴۷ (۰/۹۶^{c})	۲۳/۰۰ (۱/۲۷^{c})	۲۶/۶۵ (۱/۶۱^{a})	۲۵/۴۲ (۰/۳۵^{b})	۲۱/۲۵ (۱/۲۹^{c})	۲۱/۲۷ (۰/۲۱^{c})
pH	۶/۸۶ (۰/۰۲^{b})	۶/۷۸ (۰/۰۰^{c})	۷/۰۴ (۰/۰۱^{a})	۶/۱۳ (۰/۰۲^{d})	۶/۱۵ (۰/۰۱^{d})	۶/۱۹ (۰/۰۰^{d})
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	۰/۷۳ (۰/۰۲^{c})	۰/۷۱ (۰/۰۲^{c})	۱/۰۵ (۰/۰۲^{a})	۰/۵۸ (۰/۰۲^{c})	۰/۹۴ (۰/۰۲^{b})	۰/۷۰ (۰/۰۲^{c})
کربن آلی (درصد)	۲/۱۵ (۰/۰۱ ^{b})	۱/۸۳ (۰/۰۱^{c})	۱/۴۹ (۰/۰۱ ^{d})	۲/۷۶ (۰/۰۱ ^{a})	۰/۵۰ (۰/۰۱ ^{f})	۰/۹۲ (۰/۰۰ ^{e})
نیتروژن کل (درصد)	۰/۲۲ (۰/۰۰^{b})	۰/۱۸ (۰/۰۰ ^{c})	۰/۳۲ (۰/ ۰۰^{a})	۰/۱۱ (۰/۰۰ ^{d})	۰/۱۱ (۰/۰۰ ^{d})	۰/۲۰ (۰/۰۰ ^{c})
نسبت کربن به نیتروژن	۹/۷۵ (۰/۰۰ ^{b})	۹/۶۸ (۰/ ۰۲^{c})	۴/۵۶ (۰/۰۴ ^{d})	۲۳/۴۴ (۰/۰۰ ^{a})	۴/۴۹ (۰/۰۰ ^{e})	۴/۴۹ (۰/۰۰ ^{e})
فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۱۲/۴۲ (۰/۰۰ ^{b})	۶/۴۱ (۰/۰۱ ^{d})	۱۲/۷۰ (۰/۲۵ ^{a})	۶/۱۴ (۰/۰۱ ^{d})	۶/۰۸ (۰/۰۱ ^{d})	۸/۴۵ (۰/۰۲ ^{c})
پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۲۷۲/۸۰ (۸/۸۹ ^{a})	۱۸۵/۲۲ (۸/۲۴ ^{b})	۲۷۸/۷۲ (۸/۰۱ ^{a})	۲۰۴/۲۲ (۸/۶۲^{b})	۲۰۰/۰۲ (۸/۱۷ ^{b})	۲۱۹/۴۲ (۸/۶۷ ^{b})

حروف متفاوت در داخل پرانتز بیانگر وجود تفاوت‌های آماری معنی‌دار (p <۰/۰۵) در بین کاربری‌ها (در هر سطر) می‌باشد.

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم اوره‌آز ابتدا ۵ گرم خاک با ۰/۲ میلی لیتر تولوئن تیمار و پس از افزودن ۹ میلی‌لیتر بافر تریس (تریس هیدروکسی متیل آمینومتان،۹ =pH) و یک میلی‌لیتر محلول ۰/۲ مولار اوره، به مدت ۲ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوباسیون گردید، در نهایت با کم کردن مقدار نیتروژن آمونیومی تیمار شاهد از تیمار اصلی، فعالیت آنزیم اوره‌آز محاسبه گردید. اندازه‌گیری فعالیت آنزیم اسید فسفاتاز بر اساس سوبسترای پارانیتروفنیل فسفات تعیین گردید. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آریل سولفاتاز مقدار مشخصی از خاک با فسفات- نیتروفنیل و اسیدسولفوریک (۲۵ میلی‌لیتر) ترکیب و تحت شرایط استاندارد (۲ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفتند و مقدار نیتروفنول تجزیه شده از هیدرولیز آنزیم به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر بدست آمد. برای مشخص کردن فعالیت آنزیم اینورتاز نمونه مشخص از خاک در دمای ۵۰ درجه سانتی- گراد قرار داده شد و محلول ساکاروز ۱/۲ درصد به آن اضافه شد، میزان ساکاروز کاهش یافته پس از مدت زمان استاندارد، اندازه- گیری شد (Alef and Nannipieri, 1995).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در اولین مرحله، نرمال بودن داده‌ها بوسیله آزمون کولموگروف- اسمیرنوف و همگن بودن واریانس داده‌ها با استفاده از آزمون لون در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با تیمارهای کاربری، فصل و دو عمق مختلف خاک همراه پنج تکرار مورد بررسی قرار گرفت. به منظور بررسی تفاوت یا عدم تفاوت مقادیر مشخصه‌های مختلف مورد بررسی در شش کاربری و چهار فصل از تجزیه واریانس دوطرفه استفاده شد. آزمون دانکن در سطح احتمال پنج (p <۰/۰۵) و یک (p <۰/۰۱) درصد نیز به منظور مقایسه چندگانه میانگین بکار گرفته شد. تجزیه و تحلیل آماری کلیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ صورت پذیرفت. کلیه نمودارها در نرم- افزار Excel ترسیم شدند.

نتایج

مشخصه‌های بیوشیمی و میکروبی خاک

تجزیه واریانس مشخصه‌های بیوشیمی و میکروبی خاک حاکی از آن است که بیشترین میزان نیترات، آمونیوم و زی‌توده میکروبی نیتروژن در هر دو عمق، به ترتیب در کاربری‌های توسکا و جنگل طبیعی ممرز- انجیلی مشاهده شد که تفاوت‌های آماری معنی- داری (p <۰/۰۱) را با کاربری‌های دیگر نشان دادند. حداقل میزان این مشخصه‌ها به کاربری‌های آیش و جنگل‌کاری سکویا تعلق داشت (جدول ۳). همچنین، بیشترین میزان تنفس پایه در هر دو عمق به کاربری‌های توسکا و جنگل طبیعی ممرز- انجیلی و کمترین میزان این مشخصه به کاربری‌های مخروبه، جنگل‌کاری سکویا و آیش اختصاص داشت و تفاوت‌های آماری معنی‌داری (p <۰/۰۱) حاصل شد (جدول ۳). مقادیر تنفس برانگیخته تفاوت‌های آماری معنی‌داری (p <۰/۰۵) در عمق‌های مختلف خاک کاربری‌های مورد مطالعه در فصل تابستان نشان نداده است، اما در سایر فصول روند تغییرات مشابه با تنفس میکروبی بوده است (جدول ۳). بیشترین میزان زی‌توده میکروبی کربن (p <۰/۰۱) به کاربری‌های سکویا و جنگل طبیعی در فصل تابستان و

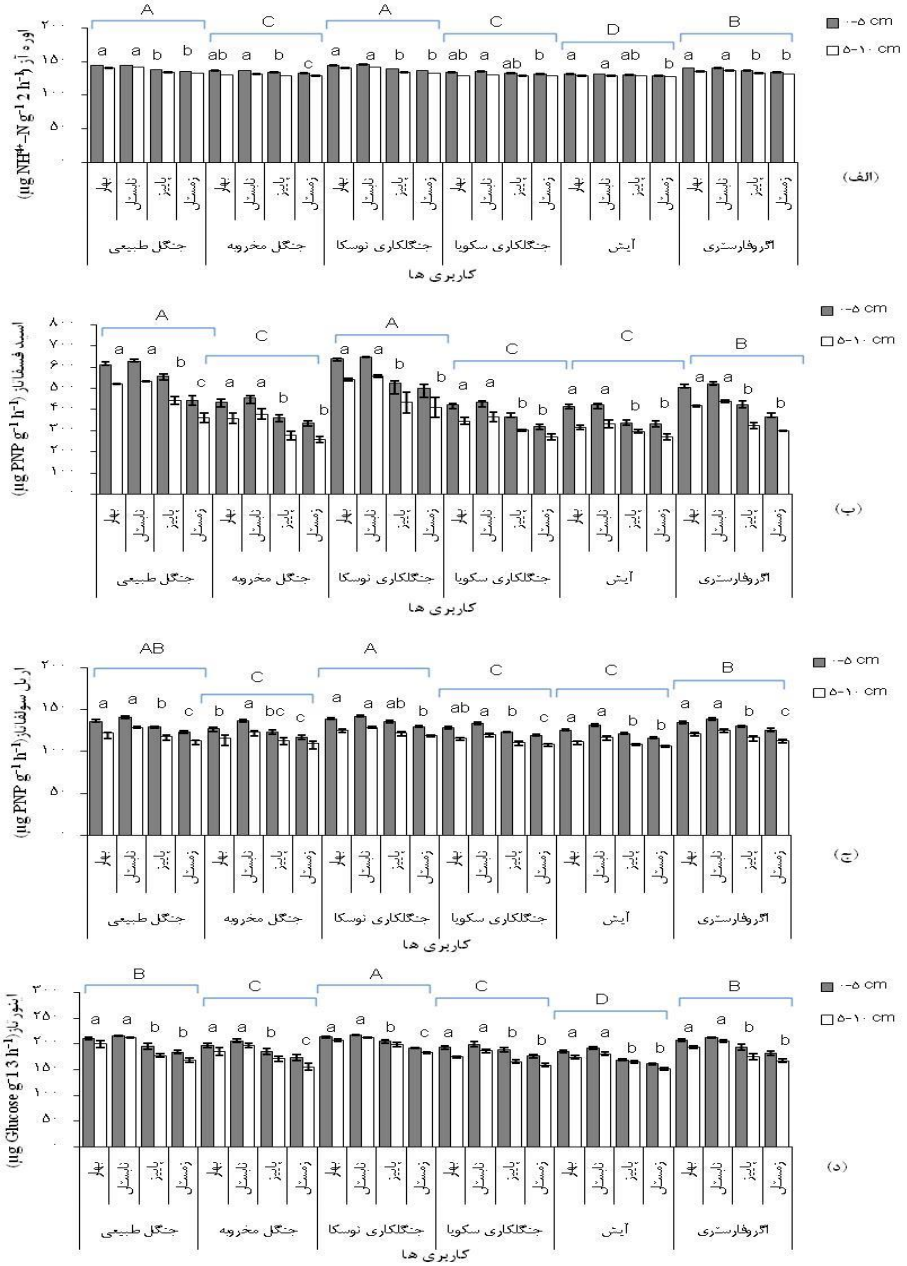
www.SID.ir

Archive of SID

کمترین میزان این مشخصه به کاربری‌های آیش و اگروفارستری در فصل زمستان تعلق داشت (جدول ۳).

فعالیت آنزیمی خاک

تجزیه واریانس مقادیر آنزیم‌های خاک بیانگر وجود تفاوت‌های آماری معنی‌دار (p <۰/۰۵) در ارتباط با کاربری، فصل و عمق‌های مختلف خاک می‌باشد. بیشترین میزان فعالیت آنزیم اوره‌آز در کاربری‌های توسکا و جنگل طبیعی ممرز- انجیلی، فصول تابستان و بهار و عمق اول مشاهده گردید، در حالی‌که کمترین میزان این مشخصه به کاربری آیش، فصول پاییز و زمستان و عمق دوم تعلق داشت (شکل ۱- الف). کاربری‌های توسکا و جنگل طبیعی ممرز- انجیلی، فصول تابستان و بهار و عمق اول بالاترین میزان فعالیت آنزیم اسید فسفاتاز را به خود اختصاص داد، همچنین کمترین میزان این مشخصه متعلق به کاربری‌های سکویا، مخروبه و آیش، فصول پاییز و زمستان و عمق دوم است (شکل ۱- ب). بیشترین میزان فعالیت آنزیم آریل سولفاتاز در کاربری توسکا، فصول تابستان و بهار و عمق اول و کمترین مقدار آن در کاربری‌های سکویا، مخروبه و آیش مشاهده گردید (شکل ۱- ج). در بین کاربری‌های مورد بررسی، حداکثر میزان فعالیت آنزیم اینورتاز متعلق به کاربری توسکا است، در حالی‌که حداقل میزان این مشخصه را کاربری آیش، فصول پاییز و زمستان و عمق دوم به خود اختصاص داد (شکل ۱- د).



شکل ۱- میانگین ± اشتباه معیار فعالیت آنزیم‌های خاک در ارتباط با کاربری‌ها، فصول و عمق‌های مختلف. اوره‌آز (الف)، اسیدفسفاتاز (ب)، آریل سولفاتاز (ج) و اینورتاز (د)، حروف انگلیسی بزرگ مقایسه کاربری‌ها و حروف انگلیسی کوچک مقایسه فصل‌ها در هر کاربری را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- میانگین (اشتباه معیار) مشخصه‌های بیوشیمی و میکروبی خاک در ارتباط با کاربری‌ها، فصول و عمق‌های مختلف

فصل	پارامتر	عمق	کاربری						مقدار F	مقدار معنی‌داری
			طبیعی	مخروبه	توسکا	سکویا	آیش	اگرو		
	نیترات									
بهار	(میلی‌گرم بر کیلو گرم)	۵- ۰	a۲۹/۱۱ (۱/۱۰)	bc۲۴/۸۲ (۰/۶۷)	a۲۸/۳۸ (۰/۵۲)	cd۲۲/۹۲ (۰/۳۷)	d۲۰/۹۸ (۰/۳۴)	b۲۶/۲۰ (۰/۸۰)	۲۰/۶۲۹	۰/۰۰۰
		۱۰-۵	a۲۷/۵۶ (۱/۱۶)	b۲۳/۶۲ (۰/۷۶)	a۲۷/۲۰ (۰/۶۶)	c۲/۳۸ (۰/۲۴)	c۱۹/۶۳ (۰/۳۶)	b۲۴/۹۳ (۰/۹۵)	۱۷/۰۸۵	۰/۰۰۰
تابستان		۵- ۰	ab۳۰/۴۹ (۱/۱۱)	cd۲۵/۷۳ (۰/۷۵)	a۳۲/۹۲ (۰/۳۸)	de۲۳/۳۹ (۰/۵۰)	e۲۱/۶۳ (۰/۳۹)	bc۲۸/۴۰ (۱/۹۸)	۱۷/۶۴۷	۰/۰۰۰
		۱۰-۵	ab۲۸/۷۱ (۱/۱۸)	cd۲۴/۵۴ (۰/۷۷)	a۳۱/۴۹ (۰/۴۷)	de۲۱/۸۳ (۰/۴۸)	e۲۰/۴۴ (۰/۳۷)	bc۲۷/۰۸ (۱/۹۹)	۱۶/۰۹۲	۰/۰۰۰
پاییز		۵- ۰	ab۲۰/۵۹ (۰/۴۰)	c۱۶/۴۵ (۱/۰۱)	a۲۱/۷۹ (۰/۱۹)	c۱۴/۶۱ (۰/۷۴)	c۱۵/۲۵ (۰/۷۶)	b۱۹/۰۳ (۰/۴۰)	۲۰/۵۷۳	۰/۰۰۰
		۱۰-۵	a۱۹/۷۰ (۰/۴۴)	c۱۵/۰۰ (۰/۹۳)	a۱۹/۹۸ (۰/۳۹)	c۱۳/۲۵ (۰/۵۸)	c۱۳/۹۱ (۰/۸۳)	b۱۷/۷۵ (۰/۴۱)	۲۱/۲۲۲	۰/۰۰۰
زمستان		۵- ۰	ab۱۶/۰۵ (۰/۶۳)	c۱۲/۸۷ (۰/۴۸)	a۱۶/۸۸ (۰/۷۷)	cd۱۱/۶۱ (۰/۱۹)	d۱۰/۱۲ (۰/۱۱)	b۱۴/۸۳ (۰/۹۸)	۱۸/۶۴۸	۰/۰۰۰
		۱۰-۵	a۱۴/۹۰ (۰/۷۳)	b۱۱/۴۳ (۰/۵۶)	a۱۵/۵۸ (۰/۹۰)	bc۹/۹۶ (۰/۲۲)	c۸/۹۱ (۰/۳۰)	a۱۳/۸۵ (۱/۱۴)	۱۴/۳۷۶	۰/۰۰۰
	آمونیوم									
بهار	(میلی‌گرم بر کیلو گرم)	۵- ۰	b۲۵/۹۳ (۰/۶۹)	cd۲۲/۴۰ (۱/۰۵)	a۲۸/۰۱ (۰/۸۰)	cd۲۲/۰۴ (۰/۰۵)	d۲۰/۷۸ (۰/۲۶)	c۲۲/۹۶ (۰/۵۵)	۱۶/۸۹۷	۰/۰۰۰
		۱۰-۵	a۲۴/۷۲ (۰/۸۵)	b۲۰/۹۱ (۰/۹۱)	a۲۶/۰۵ (۰/۶۸)	bc۱۹/۳۱ (۰/۲۳)	c۱۷/۹۳ (۰/۸۴)	b۲۱/۴۶ (۰/۴۲)	۱۹/۴۷۵	۰/۰۰۰
تابستان		۵- ۰	ab۲۷/۹۵ (۰/۸۶)	cd۲۳/۷۹ (۰/۹۵)	a۳۰/۰۴ (۰/۹۹)	cd۲۲/۸۱ (۰/۲۸)	d۲۲/۱۳ (۰/۶۲)	bc۲۵/۸۲ (۰/۹۷)	۱۴/۲۴۹	۰/۰۰۰
		۱۰-۵	a۲۷/۳۴ (۰/۹۵)	bc۲۲/۸۷ (۱/۰۲)	a۲۹/۲۹ (۱/۰۳)	c۲۱/۵۰ (۰/۲۶)	c۲۰/۷۲ (۰/۶۱)	b۲۴/۴۵ (۱/۰۱)	۱۵/۱۲۲	۰/۰۰۰
پاییز		۵- ۰	a۲۰/۴۶ (۰/۴۸)	b۱۶/۴۳ (۰/۳۰)	a۲۰/۷۰ (۰/۵۰)	b۱۷/۰۴ (۰/۱۶)	c۱۴/۵۴ (۰/۶۸)	b۱۷/۴۸ (۰/۴۵)	۲۶/۹۵۰	۰/۰۰۰
		۱۰-۵	a۱۸/۴۸ (۰/۴۲)	b۱۴/۴۷ (۰/۴۹)	a۱۸/۶۳ (۰/۴۸)	b۱۴/۳۵ (۰/۵۶)	c۱۱/۸۵ (۰/۶۵)	b۱۵/۲۶ (۰/۵۵)	۲۴/۱۲۳	۰/۰۰۰
زمستان		۵- ۰	a۱۹/۴۲ (۰/۳۱)	c۱۵/۱۸ (۰/۵۸)	a۱۹/۶۱ (۰/۳۲)	bc۱۵/۹۸ (۰/۳۶)	d۱۳/۷۰ (۰/۵۰)	b۱۷/۱۵ (۰/۲۶)	۳۵/۵۵۱	۰/۰۰۰
		۱۰-۵	a۱۷/۳۹ (۰/۲۰)	c۱۳/۴۶ (۰/۵۴)	a۱۷/۴۴ (۰/۲۴)	c۱۲/۶۱ (۰/۱۵)	d۱۰/۶۳ (۰/۷۰)	b۱۵/۰۸ (۰/۲۸)	۴۴/۶۱۳	۰/۰۰۰
	تنفس پایه									
بهار	(میلی‌گرم دی اکسید کربن برگرم در یک روز)	۵- ۰	a۰/۴۱ (۰/۰۰)	c۰/۳۴ (۰/۰۰)	a۰/۴۷ (۰/۰۱)	c۰/۲۸ (۰/۰۰)	c۰/۲۹ (۰/۰۱)	b۰/۳۷ (۰/۰۰)	۵۶/۱۳۴	۰/۰۰۰
		۱۰-۵	a۰/۴۰ (۰/۰۰)	c۰/۳۳ (۰/۰۰)	a۰/۴۴ (۰/۰۱)	c۰/۲۴ (۰/۰۱)	c۰/۲۶ (۰/۰۱)	b۰/۳۵ (۰/۰۱)	۴۸/۹۷۸	۰/۰۰۰
تابستان		۵- ۰	a۰/۴۴ (۰/۰۰)	c۰/۳۵ (۰/۰۰)	a۰/۴۹ (۰/۰۱)	c۰/۳۰ (۰/۰۰)	c۰/۳۱ (۰/۰۰)	b۰/۳۸ (۰/۰۰)	۶۵/۵۴۹	۰/۰۰۰
		۱۰-۵	a۰/۴۲ (۰/۰۰)	c۰/۳۴ (۰/۰۰)	a۰/۴۵ (۰/۰۱)	c۰/۲۷ (۰/۰۰)	c۰/۲۹ (۰/۰۰)	b۰/۳۷ (۰/۰۰)	۸۷/۶۸۵	۰/۰۰۰
پاییز		۵- ۰	a۰/۳۹ (۰/۰۰)	c۰/۳۳ (۰/۰۰)	a۰/۴۵ (۰/۰۱)	c۰/۲۵ (۰/۰۱)	c۰/۲۷ (۰/۰۱)	b۰/۳۵ (۰/۰۰)	۵۰/۷۲۶	۰/۰۰۰
		۱۰-۵	a۰/۳۷ (۰/۰۰)	c۰/۳۲ (۰/۰۰)	a۰/۴۳ (۰/۰۱)	c۰/۲۲ (۰/۰۱)	c۰/۲۵ (۰/۰۱)	b۰/۳۳ (۰/۰۰)	۴۷/۵۷۹	۰/۰۰۰
زمستان		۵- ۰	a۰/۳۵ (۰/۰۰)	c۰/۳۲ (۰/۰۰)	a۰/۴۴ (۰/۰۱)	c۰/۲۴ (۰/۰۱)	c۰/۲۶ (۰/۰۱)	b۰/۳۳ (۰/۰۰)	۵۰/۸۵۶	۰/۰۰۰
		۱۰-۵	a۰/۳۴ (۰/۰۰)	c۰/۳۱ (۰/۰۰)	a۰/۴۱ (۰/۰۱)	c۰/۲۱ (۰/۰۱)	c۰/۲۴ (۰/۰۱)	b۰/۳۱ (۰/۰۰)	۵۲/۱۹۴	۰/۰۰۰
بهار	(میلی‌گرم دی اکسید کربن برگرم در یک روز)	۵- ۰	ab۱/۳۲ (۰/۰۵)	bc۱/۲۱ (۰/۰۳)	a۱/۳۲ (۰/۰۵)	c۱/۱۲ (۰/۰۲)	ab۱/۱۸ (۰/۰۳)	ab۱/۲۶ (۰/۰۵)	۳/۲۶۲	۰/۰۲۲
		۱۰-۵	a۱/۲۹ (۰/۰۵)	bc۱/۱۷ (۰/۰۳)	a۱/۲۹ (۰/۰۵)	bc۱/۰۱ (۰/۰۲)	bc۱/۱۴ (۰/۰۲)	ab۱/۲۳ (۰/۰۵)	۳/۹۸۹	۰/۰۰۹
تابستان	(میلی‌گرم دی اکسید کربن برگرم در یک روز)	۵- ۰	a۱/۴۰ (۰/۰۵)	ab۱/۲۹ (۰/۰۴)	a۱/۴۰ (۰/۰۶)	b۱/۱۷ (۰/۰۵)	ab۱/۲۷ (۰/۰۴)	ab۱/۳۱ (۰/۰۸)	۲/۲۳۳	۰/۰۰۸
		۱۰-۵	a۱/۳۶ (۰/۰۵)	b۱/۲۴ (۰/۰۴)	a۱/۳۶ (۰/۰۶)	b۱/۱۳ (۰/۰۴)	ab۱/۲۴ (۰/۰۳)	ab۱/۲۷ (۰/۰۸)	۲/۱۸۱	۰/۰۰۹
پاییز		۵- ۰	a۱/۲۸ (۰/۰۴)	bc۱/۱۷ (۰/۰۲)	a۱/۲۹ (۰/۰۳)	c۱/۱۰ (۰/۰۰)	bc۱/۱۷ (۰/۰۲)	ab۱/۲۱ (۰/۰۴)	۵/۰۲۳	۰/۰۰۳
		۱۰-۵	a۱/۲۳ (۰/۰۳)	b۱/۱۳ (۰/۰۲)	a۱/۲۴ (۰/۰۲)	b۱/۰۸ (۰/۰۱)	b۱/۱۳ (۰/۰۲)	ab۱/۱۶ (۰/۰۴)	۴/۲۵۵	۰/۰۰۷
زمستان		۵- ۰	a۱/۱۹ (۰/۰۳)	b۱/۱۱ (۰/۰۰)	a۱/۲۱ (۰/۰۱)	c۱/۰۴ (۰/۰۰)	bc۱/۱۰ (۰/۰۰)	b۱/۱۱ (۰/۰۳)	۸/۱۲۵	۰/۰۰۰
		۱۰-۵	a۱/۱۵ (۰/۰۲)	b۱/۰۸ (۰/۰۱)	a۱/۱۷ (۰/۰۱)	b۱/۰۲ (۰/۰۰)	b۱/۰۷ (۰/۰۱)	b۱/۰۸ (۰/۰۴)	۶/۰۴۳	۰/۰۰۱
	زی‌توده میکروبی کربن									
بهار	(میلی‌گرم برکیلو گرم)	۵- ۰	a۶۱۶/۲۰ (۷/۴۵)	b۵۷۵/۰۰ (۹/۵۲)	c۴۶۴/۲۰ (۱۰/۴۹)	a۶۱۶/۲۰ (۷/۴۵)	d۳۲۲/۸۰ (۱۳/۸۶)	d۳۳۵/۰۰ (۹/۲۸)	۱۸۶/۳۷۵	۰/۰۰۰
		۱۰-۵	a۵۶۵/۸۰ (۱۴/۷۰)	b۵۲۰/۸۰ (۴/۴۵)	a۴۲۱/۰۰ (۲/۰۴)	a۵۶۵/۸۰ (۱۴/۷۰)	c۲۸۸/۰۰ (۲۰/۱۸)	c۲۹۰/۸۰ (۲۱/۳۱)	۷۶/۳۳۹	۰/۰۰۰
تابستان	(میلی‌گرم برکیلو گرم)	۵- ۰	a۶۲۷/۴۰ (۶/۸۳)	b۵۸۱/۸۰ (۸/۲۵)	c۴۷۴/۸۰ (۷/۶۹)	a۶۳۱/۰۰ (۱۰/۶۶)	d۳۴۵/۰۰ (۱۲/۰۰)	d۳۴۹/۲۰ (۲۸/۰۶)	۸۶/۰۶۵	۰/۰۰۰
		۱۰-۵	a۵۷۵/۴۰ (۱۳/۰۱)	b۵۲۳/۸۰ (۲/۲۰)	c۴۲۴/۲۰ (۲/۸۱)	a۵۸۲/۰۰ (۱۲/۹۰)	d۲۹۵/۲۰ (۲۲/۷۸)	d۲۸۴/۴۰ (۲۲/۹۶)	۷۷/۹۴۸	۰/۰۰۰
پاییز		۵- ۰	a۶۱۳/۲۰ (۷/۴۵)	b۵۷۳/۰۰ (۹/۵۲)	c۴۶۲/۲۰ (۱۰/۴۹)	a۶۱۳/۸۰ (۷/۵۹)	d۳۲۱/۸۰ (۱۳/۸۶)	d۳۳۳/۰۰ (۹/۲۸)	۱۸۴/۲۹۲	۰/۰۰۰
		۱۰-۵	a۵۶۲/۸۰ (۱۴/۷۰)	b۵۱۸/۸۰ (۴/۴۵)	a۴۱۹/۰۰ (۲/۰۴)	a۵۶۲/۲۰ (۱۴/۳۸)	c۲۸۷/۰۰ (۲۰/۱۸)	c۲۸۸/۸۰ (۲۱/۳۱)	۷۶/۰۱۲	۰/۰۰۰
زمستان		۵- ۰	a۵۴۶/۲۰ (۲۲/۷۱)	b۴۸۶/۶۰ (۱۹/۴۹)	c۳۹۷/۲۰ (۱۰/۵۴)	a۵۴۸/۴۰ (۲۲/۸۸)	d۲۹۵/۸۰ (۱۲/۰۴)	d۳۰۰/۰۰ (۱۳/۱۰)	۴۳/۳۲۱	۰/۰۰۰
		۱۰-۵	a۴۷۰/۶۰ (۲۰/۶۷)	a۴۴۱/۲۰ (۲۱/۱۵)	b۳۲۳/۸۰ (۷/۰۹)	a۴۷۰/۶۰ (۲۰/۶۷)	c۲۳۹/۶۰ (۲۲/۹۳)	c۲۵۹/۴۰ (۱۶/۰۳)	۳۱/۸۱۵	۰/۰۰۰
	زی‌توده میکروبی نیتروژن									
بهار	(میلی‌گرم برکیلو گرم)	۵- ۰	b۶۶/۵۸ (۰/۸۲)	c۵۸/۷۳ (۰/۵۵)	a۶۹/۹۴ (۰/۳۲)	d۳۷/۰۹ (۰/۷۶)	e۳۳/۸۵ (۰/۲۴)	b۶۴/۷۸ (۱/۲۹)	۴۳۲/۳۴۸	۰/۰۰۰
		۱۰-۵	a۵۸/۰۹ (۱/۲۵)	b۵۰/۶۹ (۰/۳۳)	a۵۸/۵۶ (۱/۳۶)	c۳۲/۴۴ (۱/۲۶)	d۲۸/۰۷ (۰/۴۳)	b۵۳/۷۲ (۱/۴۰)	۱۴۵/۶۲۴	۰/۰۰۰
تابستان	(میلی‌گرم برکیلو گرم)	۵- ۰	b۶۷/۳۸ (۰/۸۶)	c۵۸/۹۶ (۰/۶۰)	a۷۰/۲۰ (۰/۳۳)	d۳۸/۳۹ (۰/۷۵)	e۳۵/۱۴ (۰/۲۹)	b۶۵/۶۰ (۱/۲۷)	۴۰۲/۱۳۷	۰/۰۰۰
		۱۰-۵	a۵۸/۹۰ (۱/۱۳)	c۵۱/۰۸ (۰/۵۲)	a۵۸/۹۲ (۱/۲۸)	d۳۲/۲۹ (۱/۱۴)	e۲۸/۶۹ (۰/۵۲)	b۵۴/۷۵ (۱/۴۰)	۱۶۱/۴۷۷	۰/۰۰۰
پاییز		۵- ۰	b۶۵/۹۰ (۰/۶۴)	c۵۷/۶۲ (۰/۸۱)	a۶۹/۶۰ (۰/۳۶)	d۳۵/۱۵ (۱/۱۲)	e۳۱/۷۹ (۰/۶۱)	b۶۳/۶۰ (۱/۲۵)	۳۶۴/۵۹۱	۰/۰۰۰
		۱۰-۵	a۵۷/۴۳ (۱/۳۴)	c۴۹/۷۵ (۰/۳۹)	a۵۸/۲۳ (۱/۲۴)	d۳۰/۵۷ (۱/۱۷)	e۲۶/۶۷ (۰/۴۸)	b۵۳/۰۳ (۱/۲۹)	۱۶۷/۹۸۴	۰/۰۰۰
زمستان		۵- ۰	b۶۴/۹۷ (۰/۷۳)	a۵۶/۲۱ (۰/۷۰)	a۶۷/۷۱ (۰/۵۰)	e۳۴/۲۴ (۱/۲۴)	f۳۰/۵۱ (۰/۶۳)	b۶۲/۳۷ (۱/۱۲)	۳۵۰/۶۹۶	۰/۰۰۰
		۱۰-۵	a۵۷/۰۲ (۱/۱۵)	c۴۸/۷۹ (۰/۶۰)	a۵۶/۵۴ (۱/۱۰)	d۲۸/۲۷ (۰/۹۶)	e۲۵/۱۴ (۰/۴۶)	b۵۲/۰۲ (۰/۹۹)	۲۴۰/۶۲۶	۰/۰۰۰

حروف متفاوت در داخل پرانتز بیانگر وجود تفاوت‌های آماری معنی‌دار (p <۰/۰۱) در بین کاربری‌ها (در هر سطر) می‌باشد.

حروف متفاوت در داخل پرانتز بیانگر وجود تفاوت‌های آماری معنی‌دار (p <۰/۰۱ و یا p <۰/۰۵) در بین کاربری‌ها (در هر سطر) می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

مشخصه‌های بیوشیمی و میکروبی خاک

پژوهش‌های پیشین (Yang *et al.*, 2010; Li *et al.*, 2014) اشاره داشتند که میزان نیترات و آمونیوم خاک با تغییرات در پوشش زمین مرتبط هستند. غلظت نیترات و آمونیوم به ترتیب در تابستان، بهار، پاییز و زمستان بالا بوده است. غلظت نیترات و آمونیوم در کاربری توسکا و جنگل طبیعی بیشترین و در کاربری آیش و سکویا کمترین مقدار بوده است. به طور کلی آبشویی آمونیوم تحت کاربری‌های آیش و سکویا بالاست چرا که نسبت به کاربری‌های توسکا و جنگل طبیعی فرآیند تثبیت غیرزیستی یا رقابت‌های میکروبی تحت این کاربری‌ها ضعیف عمل می‌کند (Frey *et al.*, 2004). مطابق با نتایج این تحقیق، Li *et al.* (2014) در پژوهش خود بیان کردند غلظت بیشتر نیترات در خاک جنگل طبیعی و جنگل‌کاری‌های پهن‌برگ به دلیل حضور گونه‌های توسکا و ممرز می‌باشد که دارای برگ‌هایی با C/N پایین، pH و کلسیم بالا می‌باشد. تبدیل کاربری‌های طبیعی پهن‌برگ به جنگل‌کاری سوزنی‌برگ و زراعی باعث کاهش فرایندهای بیوشیمیایی آمونیوم می‌شود (Wang and Dalal, 2006). در مقایسه با انواع جنگل‌کاری و کاربری، آبشویی بیشتر آمونیوم از جنگل‌کاری سوزنی‌برگ و آیش، ممکن است به عنوان یک نتیجه از تثبیت بیشتر یا رقابت میکروبی در کاربری‌های پهن‌برگ و جنگل طبیعی باشد (Frey *et al.*, 2004). پاسخ تنفس پایه خاک به کاربری‌ها و فصول در مناطق معتدله ثابت نیست و نتایج متفاوت بدست آمده نشان می‌دهد که اثر این دو پارامتر بر روی تنفس خاک پیچیده است (Yang *et al.*, 2010). میزان تنفس خاک در کاربری‌های جنگلی توسط عوامل متعددی از جمله میزان رطوبت، دما، محتوای نیتروژن خاک، کیفیت لاشبرگ، محتوای ماده آلی خاک، توسعه کاربری و شیوه‌های مدیریت آن تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Yang *et al.*, 2010). مقادیر متفاوت تنفس خاک در این مطالعه نشان می‌دهد که کیفیت سوبسترا و مواد هومیکی تحت پوشش‌های مختلف، متفاوت است (Sing *et al.*, 2007). تنفس پایه خاک در کاربری‌های توسکا، جنگل طبیعی و فصول تابستان و بهار بیشترین و در کاربری‌های مخروبه، سکویا، آیش و فصول پاییز و زمستان کمترین مقدار بوده است. کیفیت لاشبرگ از عوامل مهم تأثیرگذار بر میزان تنفس خاک است. در همین راستا Ayres *et al.* (2009) در مطالعه خود نشان دادند که نرخ تجزیه و تنفس خاک با کیفیت لاشبرگ همبستگی مثبت دارد، بنابراین کیفیت بالاتر لاشبرگ در کاربری‌های توسکا و جنگل طبیعی ممرز- انجیلی موجب بهبود نرخ تنفس خاک می‌گردد. در تأیید نتایج پژوهش حاضر Sing *et al.* (2007) در مطالعه خود دریافتند که در یک جنگل آمیخته در شمال هند تنفس خاک در زیر درختان پهن‌برگ بیشتر از سوزنی‌برگان می‌باشد. میزان بالاتر تنفس خاک در کاربری‌های توسکا، جنگل طبیعی ممرز- انجیلی و فصول تابستان و بهار به دلیل افزایش محتوای مواد غذایی خاک (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم) است که این عوامل باعث تحریک فعالیت میکروبی می‌شوند که به نوبه خود موجب افزایش تنفس خاک می‌گردد (Grandy and Robertson, 2007). تنفس برانگیخته به ترتیب در کاربری‌های توسکا، طبیعی و اگروفارستری در فصل تابستان و بهار بیشترین مقدار بوده است. مرور منابع حاکی از آن است که pH خاک و تغییرات آن از عوامل موثر بر میزان تنفس برانگیخته است (Gutiérrez-Girón *et al.*, 2015; Wang *et al.*, 2008). به طوری‌که Anderson and Baath (2003) در مطالعه خود در اکوسیستم جنگلی گزارش کردند که pH خاک با میزان تنفس برانگیخته همبستگی مثبت دارد. میزان pH و مواد غذایی بیشتر (به ویژه فسفر) در خاک باعث می‌شود که تنفس برانگیخته آن بیشتر باشد. خصوصیات عملکردی جامعه میکروبی مانند تنفس میکروبی و برانگیخته قابل پیش بینی‌تر از خصوصیات ساختاری هستند و به طور مستقیم با ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مانند دما، آب و سوبسترای در دسترس مرتبط هستند (Wang and Dalal, 2006). جنگل‌کاری سوزنی‌برگ به دلیل دارا بودن لاشبرگ‌هایی با میزان لیگنین و C/N بالا و در نتیجه میزان کمتر ماده آلی قابل تجزیه، میزان تنفس برانگیخته کمتری دارد (Neher *et al.*, 2005).

نتایج این تحقیق نشان داد که نوع کاربری تاثیر عمیقی بر روی زی‌توده میکروبی کربن و نیتروژن دارد. میزان زی‌توده میکروبی کربن بر طبق نتایج این تحقیق در کاربری‌های جنگل طبیعی و سکویا و فصل تابستان و بهار بیشترین مقدار و در کاربری‌های آیش و اگروفارستری مرتع کمترین مقدار است. نتایج تحقیق Frazao *et al.* (2010) نشان داده است که درصد شن در تعیین زی‌توده خاک و میزان فعالیت میکروبی نقش دارد. میزان شن در کاربری آیش به طور معنی‌دار از سایر کاربری‌ها بیش‌تر بوده است (جدول ۱). از آنجایی که خاک‌های شنی به شستشو حساس هستند، احتمالا در اثر شستشوی سریع مواد آلی زی‌توده میکروبی کاهش یافته است. بنابراین یکی از دلایل کاهش زی‌توده میکروبی کربن در کاربری آیش می‌تواند خاک‌های با میزان شن بیشتر و کربن آلی کمتر باشد. از طرفی تفاوت در زی‌توده میکروبی کربن در کاربری‌های اراضی را می‌توان به عوامل مختلف

www.SID.ir

Archive of SID

از جمله متغیر بودن منابع قابل دسترس برای ریزجانداران و کاهش تعداد و جمعیت آنها در درازمدت تحت تأثیر کاهش ورود بقایای آلی بر اثر برداشت محصول، آشفتگی خاک و نامساعد شدن شرایط زیستی برای ریزجانداران بوسیله اعمال خاکورزی و تردد ماشین‌آلات و تغییر شرایط غیرزنده و کیفیت سوبسترا در خاک به دلیل تغییر کاربری و پوشش اراضی نسبت داد (Grandy and Robertson, 2007). در این رابطه Cross and Perakis (2010) نیز مشاهده نمودند، توده زنده میکروبی در جنگل طبیعی بیشتر از آیش بود. یکی از دلایل افزایش کربن توده زنده میکروبی وجود کربن آلی خاک می‌باشد (Karami *et al.*, 2014). هم‌چنین Yang *et al.* (2010) دما را بعنوان یک عامل اثرگذار در میزان زی‌توده میکروبی عنوان کردند. در این تحقیق فعالیت میکروارگانیزم‌ها در فصول پاییز و زمستان کاهش یافته است که بیانگر این موضوع است که میزان زی‌توده میکروبی در فصول مختلف به دلیل اختلاف دما، رطوبت، پوشش و فعالیت ریشه گیاهان تغییرپذیر است. میزان زی‌توده میکروبی نیتروژن بالاتر در کاربری توسکا در مقایسه با سایر کاربری‌ها، بیانگر این است که پوشش‌های مختلف بر روی جامعه میکروبی خاک اثر می‌گذارند. این به دلیل مقدار بیشتر منابع نیتروژن‌دار از طریق تولید لاشبرگ و محصولات زیرزمینی در کاربری توسکا و سپس جنگل طبیعی است (Sing *et al.*, 2007). هم‌چنین زی‌توده میکروبی کربن و نیتروژن در عمق اول همه کاربری‌ها بطور معنی‌دار بیشتر از عمق دوم بود. کاهش زی‌توده میکروبی کربن و نیتروژن با افزایش عمق به دلیل فعالیت و جمعیت بیشتر ریزجانداران در لایه سطحی خاک دور از انتظار نیست (Sing *et al.*, 2007).

فعالیت آنزیمی خاک

بطور کلی به دلیل اینکه فعالیت آنزیم‌ها نقش مهم در واکنش‌های بیوشیمیایی کلیدی و تغییر شکل عناصر در خاک‌ها دارند، بنابراین می‌توان چنین استنباط نمود که کاهش فعالیت آنزیمی بر اثر تخریب و تغییر کاربری باعث کاهش کیفیت خاک گردد. (Tabatabai *et al.*, 2003). تبدیل زمین‌های جنگلی به زراعی و زیرکشت، فعالیت آنزیم‌ها را در هر دو لایه خاک کاهش می‌دهد. کاهش فعالیت اوره‌آز در این مناطق را می‌توان به کاهش ترشحات ریشه ناشی از برداشت یا نبود محصول و کم شدن فعالیت ریز جانداران خاکزی ناشی از کاهش بقایای آلی اضافه شده به خاک نسبت داد. بر اثر کاهش بقایای آلی، آزاد شدن این آنزیم از منابع گیاهی از یک طرف و از طرف دیگر جمعیت و فعالیت ریزجانداران خاکزی نیز بر اثر کاهش بقایای آلی و در نتیجه تولید و ترشح این آنزیم کاهش می‌یابد (Wang *et al.*, 2013). در همین راستا Xiong *et al.* (2014) در مطالعه خود گزارش کردند که فعالیت آنزیم اوره‌آز در خاک تحت توده‌های جنگلی پهن‌برگ بیشتر از توده‌های جنگلی سوزنی‌برگ است. الگوهای متفاوت فعالیت آنزیم‌ها در کاربری‌ها، حاکی از آن است که آنزیم‌های خاک پاسخ‌های متفاوتی نسبت به پوشش‌های مختلف نشان می‌دهند (Wang *et al.*, 2013). فعالیت آنزیم اوره‌آز در جنگل پهن‌برگ آمیخته به طور معنی‌داری بیشتر از جنگل‌کاری‌های خالص بود. این نتیجه نشان می‌دهد که جنگل طبیعی پهن‌برگ در مقایسه با دیگر جنگل‌کاری‌های خالص، اثر بیشتری درتسریع فعالیت آنزیم اوره‌آز و بهبود شرایط نیتروژن در خاک دارد (Page and Cameron, 2006). مقادیر بالاتر pH، هدایت الکتریکی، نیتروژن کل، مواد غذایی در دسترس، میزان کمتر کربن آلی و نسبت C/N خاک (Wang *et al.*, 2013)، باعث بهبود فعالیت آنزیم اوره‌آز در کاربری‌های توسکا و جنگل طبیعی در مقایسه با سایر کاربری‌ها بوده است که هم‌راستا با پژوهش Wang *et al.*, 2013 و Wei *et al.*, 2008 می‌باشد. فعالیت آنزیم فسفاتاز در بین کاربری‌های مختلف به طور معنی‌داری متفاوت می‌باشد و همچنین به تبدیل جنگل همراه با تغییر گونه‌های درختی پاسخ متفاوتی نشان دادند که مطابق با یافته‌های Wang *et al.* (2013) است. در تایید نتایج حاصل از این پژوهش، Wei *et al.* (2008) اشاره کردند که فعالیت آنزیم فسفاتاز به ترتیب در جنگل طبیعی پهن‌برگ > جنگل‌کاری پهن‌برگ > جنگل‌کاری سوزنی‌برگ می‌باشد. تفاوت فعالیت آنزیم فسفاتاز در بین کاربری‌های مختلف، به دلیل متفاوت بودن موادغذایی در دسترس خاک ناشی از گونه‌های درختی مختلف و همچنین شرایط بهتر کاربری طبیعی و جنگل‌کاری توسکا در مقایسه با سایر کاربری‌ها می‌باشد (Chase and Singh, 2014). فعالیت پایین آنزیم سولفاتاز در کاربری‌های سوزنی‌برگ به pH پایین خاک مربوط می‌شود (Wang *et al.*, 2013). در همین راستا Xiong *et al.* (2014) در مطالعه خود دریافتند که اسیدی شدن خاک عامل اصلی کاهش فعالیت آنزیم آریل سولفاتاز در اکوسیستم‌های جنگلی است. فعالیت بیشتر آنزیم اینورتاز در کاربری پهن‌برگ با گونه توسکا، به دلیل تجزیه سریع و آسان لاشبرگ این گونه و تسریع چرخه نیتروژن است (Acosta-Martínez *et al.*, 2003). در تایید نتایج حاصل از این پژوهش، Zeng *et al.* (2009) دریافتند که فعالیت آنزیم اینورتاز در جنگل‌کاری کاج کمتر از جنگل‌کاری‌های پهن‌برگ می‌باشد. مقادیر بالای pH خاک و حاصل‌خیزی (Grant *et al.*, 2007) در کاربری توسکا موجب بهبود فعالیت آنزیم اینورتاز می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که کاربری‌های مختلف شامل جنگل طبیعی ممرز- انجیلی، جنگل مخروبه، جنگل‌کاری توسکا، جنگل‌کاری سکویا، آیش و اگروفارستری اثرات متفاوتی بر فعالیت میکروبی و آنزیمی خاک دارد. همچنین نتایج تأثیر فصل‌های مختلف بر میزان فعالیت‌های زیستی، میکروبی و بیوشیمی خاک نشان داد که بیشترین میزان فعالیت آنزیم‌ها و تنفس میکروبی در فصول تابستان، بهار و لایه سطحی خاک بوده است. حفظ و نگهداری جنگل‌های طبیعی جهت افزایش حاصل‌خیزی خاک و مدیریت طرح‌های جنگلداری به منظور احیاء کاربری‌های تخریب شده ضروری می‌باشد. در خصوص اولویت‌بندی انتخاب گونه جهت احیای مناطق تخریب یافته بخش جلگه‌ای شمال کشور، با توجه به ارزیابی صورت گرفته در بین کاربری‌ها بعد از جنگل طبیعی، گونه درختی توسکا می‌تواند به عنوان گونه مناسب جهت جنگل‌کاری در کاربری‌هایی با شرایط مشابه مورد توجه باشد.

REFERENCES

Acosta-Martínez, V., Klose, S., and Zobeck, T. M. (2003). Enzyme activities in semiarid soils under conservation reserve program, native rangeland, and cropland. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 166 (4), 699-707.

Alef, K., 1995. Estimating of soil respiration. In: Alef, K., Nannipieri, P. (Eds.), Methods in Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press, New York, pp. 464–470.

Alef, K., Nannipieri, P. (1995). Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press, London.

Anderson, T.-H. and Baath, E. (2003). Comparison of soil fungal/bacterial ratios in a pH gradient using physiological and PLFA-based techniques. *Soil Biology and Biochemistry*, 35(1), 955–963.

Anderson, T.-H. and Domsch, K.H. (1989). Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. Soil Biology & Biochemistry 21, 471e479.

Ayres, E., Steltzer, H., Berg, S., Wallenstein, M. D., Simmons, B. L., and Wall, D. H. (2009). Tree species traits influence soil physical, chemical, and biological properties in High Elevation forests. *Plos One*, 4(6): e5964.

Beheshti A., Raiesi F. and Golchin A. (2012). Soil properties, C fractions and their dynam-ics in land use conversion from native forests to croplands in northern Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 148(1), 121–133.

Brookes, P.C., Landman, A., Pruden, G., and Jenkinson, D.S. (1985). Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 17(1), 837–842.

Chaer, G., Fernandes, M., Myrold, D., and Bottomley, P. (2009). Comparative resistance and resilience of soil microbial communities and enzyme activities in adjacent native forest and agricultural soils. *Microbial Ecology*, 58(2), 414–424.

Chase P., and Singh O. P (2014). Soil nutrients and fertility in three traditional land use systems of Khonoma. Nagaland. *Resources and Environment*, 4 (2), 181-189.

Chodak M., and Niklinska M. (2010). effect of different tree species on the chemical and microbial properties of reclaimed mine soils. *Biology and fertility of soils*, 46(1), 555–566.

Cross, A., and Perakis, S. (2010). Tree species and soil nutrient profiles in old-growth forests of the Oregon Coast Range. *Canadian Journal of Forest Research*, 41 (1), 195-210.

Da Silva, D. K. A., de Oliveira Freitas, N., de Souza, R. G., da Silva, F. S. B., de Araujo, A. S. F. and Maia, L. C. (2012). Soil Microbial Biomass and Activity under Natural and Regenerated Forests and Conventional Sugarcane Plantations in Brazil. *Geoderma*, 189(1), 257-261.

Deng, Q., Cheng, X., Hui, D., Zhang, Q., Li, M., and Zhang, Q. (2016). Soil microbial community and its interaction with soil carbon and nitrogen dynamics following afforestation in Central China. *Science of the Total Environment*, 541(9), 230-237.

Frazao, L.A., Piccolo, M.C. and Feigl, B.J. (2010). Inorganic nitrogen, microbial biomass and microbial activity of a sandy brazilian cerrado soil under different land uses. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 135(1), 161-167.

Frey, S. D., Knorr, M., Parrent, J. L., and Simpson, R. T. (2004). Chronic nitrogen enrichment affects the structure and function of the microbial community in temperate hardwood and pine forests. *Forest Ecology and Management*, 196 (2), 159–171.

Gamboa, A., and Galicia L. (2012). Land-use/cover change effects and carbon controls on volcanic soil profiles in highland temperate Forests. *Geoderma*, 170 (4), 390-402.

Ghazan Shahy, C. (2006). Analysis of soil and plants. Homa Publication, 272 p.

Grandy, A. S. and Robertson, G. P. (2007). Land-use intensity effects on soil organic carbon accumulation rates and mechanisms. *Ecosystems*, 10 (1), 59-74.

Grant C.D., Ward S.C. and Morley S.C. (2007). Return of ecosystem function to restored bauxite mines in Western Australia. *Restoration Ecology*, 15 (3), 94–103.

Gutiérrez-Girón A., Díaz-Pinés, E., Rubio, A. and Gavilán, R. (2015). Both altitude and vegetation affect temperature sensitivity of soil organic matter decomposition in Mediterranean high

www.SID.ir

Archive of SID

mountain soils. *Geoderma*, 8(1), 237-247.

Hagen-Thorn, A., Callesen, I., Armolaitis, K. and Nihlgård, B. (2004). The impact of six European tree species on the chemistry of mineral topsoil in forest plantations on former agricultural land. *Forest Ecology and Management*, 195 (3), 373-384.

Karami, P., Hosseini, S. M., Rahmani, A., Kooch, Y. and Mokhtari, J. (2014). The effects of pure and mixed plantations of Alder (*Alnus subcordata* C.A. Mey) and Poplar (*Populus deltoides* Marsh.) on earthworm abundance and biomass. *Environmental Engineering Research*, 3(1),7-14.

Khademi, H., mohammadi, J. and Nael, M. (2006). Comparison of Selected Soil Quality Indicators in Different Land Use Management Systems in Boroojen, Chaharmahal Bakhtiari province. *The Scientific Journal of Agriculture*, 29 (3), 111-124.

Kooch, Y. and Parsapoor, M.K. (2016). The effects of broad and needle-leaved forest covers on soil microbial indices. *Journal of Soil and Water Conservation Research*,23(2),195-210.

Lagomarsino A., Benedetti A., Marinari S., Pompili L., Moscatelli M. C., Roggero P. P., Lai R., Ledda L., and Grego S. (2011). Soil organic C variability and microbial functionsin a Mediterranean agro-forest ecosystem. *Biology and Fertility Soils*, 47(3), 283–291.

Lasota, E and Błońska, J. (2014). Biological and biochemical properties in evaluation of forest soil quality. *Folia Forestalia Polonica*, 56(1), 23-29.

Li, M., Zhou, X., Zhang, Q. and Cheng, X., 2014. Consequences of Afforestation for Soil Nitrogen Dynamics in Central China. Agriculture, Ecosystems and Environment, 183 (4),40–46.

Liu, X. R., Dong, Y. S., Ren, J. Q. and Li, S. G. (2010). Drivers of soil net nitrogen mineralization in the temperate grasslands in inner Mongolia, China. *Nutrient Cycling in Agroecosystem*, 87 (1), 59-69.

Marohn, C., Jahn, R., Martin, K. and Sauerborn, J. (2005). Assessment of soil microbial activity measurements to distinguish land uses in Leyte, PHilippines. Stuttgart-Hohenheim, 11-13.

Moghimian, N., 2018. Ecological Potential Assessment of Forest and non-Forest Land Using Soil Ecochemical Indices and Cyanobacter Diversity. Phd thesis of Forestry, Tarbiat Modares University, 175 p.

Moscatelli, M. C., Lagomarsino, A., De Angelis, P. and Grego, S. (2005). Seasonality of Soil Biological Properties in a Poplar Plantation Growing under Elevated AtmospHeric CO_2. *Applied Soil Ecology*, 30(3), 162-173.

Neher, D. A., Wu, J., Barbercheck, M. E. and Anas, O. (2005). Ecosystem type affects interpretation of soil nematode community measures. *Applied Soil Ecology*, 30(1), 47-64.

Nunes, A., Figueiredo, A. and Almeida A. C. (2012). The effects of farmland abandonment and plant succession on soil properties and erosion processes (a Study Case in Central of Portugal). *Revista de Geografia e Ordenamento do Território*, 2 (2), 165-190.

Page, L. M. and Cameron, A. D. (2006). Regeneration dynamics of Sitka spruce in artificially created forest gaps. *Forest Ecology and Management*, 221(1), 260-266.

Raiesi, F. (2007). The conversion of overgrazed pastures to almond orchards and alfalfa cropping systems may favor microbial indicators of soil quality in Central Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 121 (4), 309–318.

Sing, R. S., Tripathi, N. and Singh, S. K. (2007). Impact of degradation on nitrogen transformation in a forest Ecosystem of India. *Environment Monitoring Assessment*, 125 (1), 165-173.

Song Y., Song C., Yang G., Miao Y., Wang J. and Guo, Y. (2012). Changes in labile organic carbon fractions and soil enzyme activities after marshland reclamation and restoration in the Sanjiang Plain in Northeast China. *Environment Management*, 50(3), 418–426.

Sparling, G.P., Feltman, C.W., Reynolds, J., West, A.W. and Singleton, P., (1990). Estimation of soil microbial C by fumigation – extraction method: use on soils of high organic matter content, and reassessment of the kEC factor. *Soil Biology and Biochemistry*, 22(1), 301–307.

Tabatabai, M. A. (2003). Enzymes: past, present and future. Second international conference on enzyme in the environment: Activity, Ecology and Application. Prague, Czech Republic 14-17.

Trasar-Cepeda, C., Leiros, M. C., and Gil-Stores, F. (2008). Hydrolytic enzyme activities inagricultural and forest soils. Some implications for their use as indicators of soil quality. *Soil Biology and Biochemistry*, 40(9), 2146–2155.

Wang, B., Xue, S., Liu, G. B., Zhang, G. H., Li, G., and Ren, Z. P. (2012). Changes in soil nutrient and enzyme activities under different vegetations in the Loess Plateau area, Northwest China. *Catena*, 92(3), 186–195.

Wang, Q., Xiao, F., He, T. and Wang, S. (2013). Responses of labile soil organic carbon and enzyme activity in mineral soils to forest conversion in the Subtropics. *Annals of Forest Science*, 70 (6), 579-587.

Wang, W. J. and Dalal, R. C. (2006).Carbon inventory for a cereal cropping system under contrasting tillage. Nitrogen fertilization and stubble management practices. *Soil and Tillage Research*, 91 (1), 68–74.

Weand, M. P., Arthur, M. A., Lovett, G. M., McCulley, R. L. and Weathers, K.C. (2010). Effects of tree species and N additions on forest floor microbial communities and extracellular enzyme activities. *Soil Biology and Biochemistry*, 42 (12),2161–2173.

Wei, G., Tingxing, H., Jingyan, W., Yuanbo, G. and Hua, R. (2008). Soil carbon pool and fertility under natural evergreen broadleaved forest and its artificial regeneration forests in Southern Sichuan Province, China. *Acta Ecologica Sinica*, 28(6), 2536-2545.

www.SID.ir

Archive of SID

Worku G., Bantider A., and Temesgen H. (2014). Effects of land use/land cover change on some soil physical and chemical properties in Ameleke micro-Watershed, Gedeo and Borena Zones, South Ethiopia. *Journal of Environment and Earth Science*, 4(11), 78-89.

Xiong, Y., Zeng, H., Xia, H. and Guo, D. (2014). Interactions between leaf litter and soil organic matter on carbon and nitrogen mineralization in six forest litter-soil systems. *Plant and Soil*, 379 (1-2), 217–229.

Yadava, R. (2012). Soil organic carbon and soil microbial biomass as affected by restoration measures after 26 years of restoration in mined areas of Doon Valley. *International Journal of Environmental Sciences*, 2 (3), 1380-1385.

Yang, K., Zhu, J. J., Yan, Q. L. and Sun, O. J. (2010). Changes in soil P chemistry as affected by conversion of natural secondary forests to Larch Plantations. *Forest Ecology and Management*, 260 (3), 422-428.

Zeng, D. H., Hu, Y. L., Chang, S. X. and Fan, Z. P. (2009). Land cover change effects on soil chemical and biological properties after planting mongolian pine (*Pinus sylvestris* var. mongolica) in Sandy Lands in Keerqin, Northeastern China. *Plant and Soil*, 317 (1-2), 121-133.

www.SID.ir