Archive of SID

مجلهٔ جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران
سال یازدهم، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۸
ص ۱۷۹-۱۹۴

مقاله پژوهشی

تأثیر اقلیم و کاربری‌های مختلف اراضی بر زیست‌توده و فعالیت‌های میکروبی خاک

معصومه مظاهری[۱] و مسعود بازگیر[۲*]

[۱] کارشناس ارشد علوم خاک، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه آزاد واحد ایلام، ایلام
[۲] استادیار گروه مهندسی آب و خاک، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۵ /۲؛ تاریخ پذیرش:۱۳۹۷/۹/۶)

چکیده

امروزه یکی از نگرانی‌های مهم جهان، تغییر جنگل‌ها و مراتع به اراضی کشاورزی است که نتیجهٔ آن کاهش کیفیت خاک و تغییر آب‌وهوای جهانی است. یکی از شاخص‌های کیفیت و سلامت خاک، ارزیابی فعالیت و برآورد زیست‌تودهٔ میکروبی خاک است که این ویژگی در مدت زمان کوتاه به اعمال مدیریت در اکوسیستم‌های مختلف واکنش نشان می‌دهد. پژوهش حاضر به‌منظور بررسی تأثیر اقلیم و کاربری‌های جنگل، مرتع و کشاورزی بر زیست‌توده و فعالیت‌های میکروبی خاک در سال ۱۳۹۵ در استان ایلام انجام گرفت. تأثیر اقلیم با انتخاب دو منطقهٔ ایوان با اقلیمی نیمه‌مرطوب و گنجوان با اقلیمی نیمه‌خشک اعمال شد. در هر منطقه، سه کاربری شامل جنگل، مرتع و کشاورزی در نظر گرفته شد. پس از بررسی‌های میدانی در کاربری‌های مختلف، پنج نمونه خاک از عمق‌های ۱۰-۰ و ۳۰-۱۰ سانتی‌متری به‌صورت تصادفی برداشت شد. در آزمایشگاه مقدار کربن آلی و نیز خصوصیات میکروبی خاک نظیر کربن و نیتروژن زیست‌تودهٔ میکروبی، تنفس پایه و برانگیخته اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار کربن آلی و تنفس پایه در ایوان با کاربری جنگل به‌دست آمد که به‌ترتیب ۴۲/۵۴ و ۲۰/۷۲ درصد بیشتر از گنجوان بود. کاربری کشاورزی در هر دو اقلیم، کمترین مقدار این صفات را به خود اختصاص داد. با افزایش عمق خاک، مقدار کربن آلی، تنفس پایه و تنفس برانگیخته در کاربری‌های مختلف کاهش یافت. مقدار نیتروژن و کربن زیست‌تودهٔ میکروبی در کاربری جنگل و مرتع در اقلیم ایوان بیشتر از اقلیم گنجوان بود. بیشترین زیست‌تودهٔ میکروبی کربن (۸۱۳ میلی‌گرم در گرم خاک) در کاربری جنگل در عمق سطحی (۱۰-۰ سانتی‌متری) به‌دست آمد و با افزایش عمق خاک، مقدار کربن زیست‌تودهٔ میکروبی کاهش یافت. مقدار بهرهٔ متابولیکی در عمق تحتانی (۳۰-۱۰ سانتی‌متری) بیشتر از عمق سطحی (۱۰-۰ سانتی‌متری) بود، به‌طوری که بیشترین بهرهٔ متابولیکی (۰/۱۷۹ درصد) در عمق تحتانی (۳۰-۱۰ سانتی‌متری) با کاربری زراعی مشاهده شد و کمترین مقدار آن (۰/۰۸۷ درصد) در عمق سطحی (۱۰-۰ سانتی‌متری) خاک با کاربری جنگل به‌دست آمد. به‌طور کلی براساس نتایج، با تغییر کاربری از جنگل به اراضی زراعی در اقلیم‌های خشک، کربن آلی، زیست‌توده و فعالیت میکروبی خاک کاهش می‌یابد. بنابراین، مدیریت صحیح کاربری اراضی که مهم‌ترین آن جلوگیری از تغییر کاربری در مناطق نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب است می‌تواند تأثیر مهمی در بهبود کیفیت و سلامت خاک داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: آب و هوا، استان ایلام، جنگل، شاخص‌های میکروبی، مرتع.

مقدمه

خاک یکی از عوامل اساسی تشکیل‌دهندهٔ هر اکوسیستم طبیعی است که به‌عنوان یک منبع حیاتی، تأثیر مهمی در انجام وظایف اقتصادی، اجتماعی و محیطی دارد (Jing et al., 2011). کیفیت خاک در نواحی مختلف جغرافیایی به‌دلیل تفاوت در اقلیم،

* نویسندهٔ مسئول
شمارهٔ تماس: ۰۹۱۸۸۳۰۸۶۶۴
ایمیل: m.bazgir@ilam.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

توپوگرافی، مواد مادری، پوشش گیاهی و کاربری اراضی متفاوت است. کاربری اراضی شامل انواع بهره‌برداری از زمین به‌منظور رفع نیازهای گوناگون انسان است (Khormali et al., 2009). از مهم‌ترین شاخص‌های کیفیت و سلامت خاک، ویژگی‌های زیستی خاک نظیر فعالیت‌های میکروبی و جمعیت میکروبی هستند که تأثیر بسیار مهمی در چرخهٔ عناصر غذایی دارند (Moscatteli et al., 2007). نوع کاربری اراضی، تأثیر زیادی در تغییرات زمانی و مکانی ویژگی‌های کیفیت خاک دارد و جمعیت میکروبی خاک به‌سرعت به این تغییرات پاسخ می‌دهد (Zhao et al., 2013). بنابراین ارزیابی جمعیت و فعالیت میکروبی به‌عنوان شاخصی مناسب، می‌تواند تغییرات کیفیت خاک را در اثر اعمال مدیریت نشان دهد.

اقلیم مؤلفهٔ اساسی در تشکیل و تکامل خاک است. اقلیم بر ذخیرهٔ کربن آلی خاک (Jacobs & Masom, 2005) و در نتیجه فعالیت‌های میکروبی خاک (Nael et al., 2004) و نیز تشکیل و تکامل خاک، تأثیر مستقیم و غیرمستقیم دارد. اثر مستقیم اقلیم، توسط دما و رطوبت اعمال می‌شود. با افزایش بارندگی، درجهٔ تکامل خاک‌ها بیشتر می‌شود (Khormali & Ghorbani, 2009). همچنین اقلیم، به‌طور غیرمستقیم و از طریق تأثیر بر پوشش گیاهی در تشکیل خاک مؤثر است (Navidi & Abtahi, 2000).

خصوصیات زیستی کیفیت خاک به کاربری‌ها و مدیریت‌های متفاوت نسبت به متغیرهای دیگر به‌سرعت واکنش نشان می‌دهد. مادهٔ آلی خاک اغلب به‌صورت کربن آلی و نیتروژن کل خاک بیان می‌شود و مقدار آن با تغییر کاربری اراضی تغییر می‌کند (Moscatteli et al., 2007). تنفس خاک یا چرخهٔ کربن که شامل جذب و آزادسازی کربن در خاک است، از مهم‌ترین و متداول‌ترین شاخص‌هایی است که به شرایط اقلیمی خاک و هوا، نوع کاربری اراضی و همچنین خصوصیات خاک بستگی دارد (Munoz-Rojas et al., 2016).

کربن زیست‌تودهٔ میکروبی در خاک‌ها یکی از منابع در دسترس برای عناصر غذایی گیاهان و عاملی برای انتقال و چرخهٔ کربن و عناصر غذایی است. افزون‌بر این، کربن زیست‌تودهٔ میکروبی به‌علت پاسخ سریع به مدیریت‌های مختلف اراضی می‌تواند شاخص مناسبی برای ارزیابی اثر مدیریت‌ها و کاربری‌های مختلف اراضی باشد (Aletta et al., 2010). تفاوت در محتوای کربن کاربری‌های مختلف، تا حدود زیادی به عوامل خاک و اقلیم وابسته است. کربن آلی با افزایش محتوای رس خاک و بارندگی سالانه، افزایش (Jandl et al., 2007) و با افزایش دمای سالانه، کاهش می‌یابد (Johnson et al., 2006). Wang et al. (2013) تأثیر اقلیم و بافت خاک بر مقدار کربن آلی خاک را در بخشی از کشور چین بررسی کردند. یافته‌های آنان نشان داد که مقدار کربن آلی خاک در مناطق سردسیر شمالی این کشور بیشتر از مناطق گرمسیر بوده است. همچنین در همهٔ اعماق خاک، همبستگی منفی و معنی‌داری بین مقدار کربن آلی خاک و دمای خاک مشاهده کردند، درحالی که ارتباط کربن آلی با میانگین بارش سالانه فقط در خاک سطحی مشاهده شد. Chibsa & Ta (2009) به بررسی تغییرات درصد مادهٔ آلی خاک در چهار عمق ۵-۰، ۱۵-۵، ۳۰-۱۵ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری تحت چهار کاربری اراضی جنگل، گندم‌زار، آیش و کشت‌شده پرداختند. نتایج نشان داد که مقدار مادهٔ آلی خاک در همهٔ کاربری‌های تحت مطالعه با افزایش عمق کاهش یافته و نیز بیان کردند که بیشترین و کمترین مقدار مادهٔ آلی خاک به‌ترتیب در عمق ۵-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متر در اراضی جنگل مشاهده شده است. Khormali & Shamsi (2009) در پژوهشی در اراضی شیبدار لسی شرق استان گلستان به مطالعهٔ کیفیت خاک در کاربری‌های مختلف پرداختند. آنها بیان داشتند که کمترین ظرفیت تبادل کاتیونی، تنفس میکروبی و کربن آلی در کاربری زراعی بود.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدار مواد آلی در منطقهٔ جنگلی تا حد چشم‌گیری بیشتر از زمین‌های زراعی گزارش شده است. Volkan Oral et al. (2013) نیز به این نتیجه رسیدند که در خاک‌های زراعی تنفس میکروبی نسبت به خاک‌های جنگلی کمتر است. Beheshti et al. (2011) اثر تغییر کاربری اراضی از مرتع به زراعی بر برخی شاخص‌های میکروبیولوژیکی و بیوشیمیایی خاک را در دو عمق ۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ سانتی‌متری در سه منطقهٔ کنگاور، دهنو و سلطانیه بررسی کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که تغییر کاربری اراضی سبب کاهش تنفس میکروبی در هر سه منطقه شد. تنفس برانگیخته نیز بر اثر تغییر کاربری در مناطق بررسی‌شده کاهش یافت. Rasouli-Sadaghiani et al. (2016) گزارش دادند که تغییر کاربری جنگل به زراعت و باغ سبب کاهش ۱۸ تا ۳۸ درصد تنفس پایه شد. تنفس برانگیختهٔ خاک‌های کاربری جنگلی ۱/۷۲ برابر نسبت به کاربری زراعی و باغی افزایش معنی‌دار داشت. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تغییر کاربری جنگل‌ها به اراضی زراعی و اجرای عملیات خاک‌ورزی در درازمدت موجب کاهش کیفیت خاک می‌شود. همچنین براساس تحقیقات Khademi et al. (2006) در شهرستان سمیرم با آب‌وهوای نیمه‌خشک، مدیریت‌های یونجه (*Medicago sativa* L.) و گندم (*Triticum arstivum* L.) مادهٔ آلی بیشتری نسبت به مدیریت دیم رهاشده و مرتع داشته‌اند. آنها عنوان کردند که کشت‌وکار مداوم در منطقه‌های خشک و نیمه‌خشک، اغلب به‌علت زیاد بودن تولید بیولوژیکی، مقدار کربن آلی خاک را نسبت به اراضی غیر کشاورزی افزایش می‌دهد.

برخی محققان تأثیر اکوسیستم‌های مختلف گیاهی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در منطقهٔ زاگرس را بررسی کرده‌اند، اما پژوهش دقیقی در زمینهٔ نقش کاربری اراضی و آب‌وهوا بر خصوصیات زیستی خاک در اکوسیستم‌های مختلف، در حوزهٔ زاگرس انجام نگرفته است. از سوی دیگر استان ایلام علی‌رغم مساحت کم (۲۰۱۵۰ کیلومتر مربع) از تنوع اقلیمی و اکوسیستم‌های طبیعی (جنگل و مرتع) و مدیریت‌شده (کشاورزی) برخوردار است. این استان به دو قسمت شمالی و جنوبی تقسیم می‌شود که در شمال استان به دلیل رشته‌کوه‌های بلند و مناطق جنگلی وسیع دارای آب‌وهوای معتدل و برعکس در جنوب استان به‌دلیل بیابانی بودن و اقلیم گرم و خشک دارای پوشش گیاهی پراکنده است. از سوی دیگر در استان تغییر کاربری در موارد متعدد مشاهده شده است. بنابراین هدف این تحقیق، بررسی ویژگی‌های زیستی خاک در سه کاربری جنگل، مرتع و کشاورزی در دو اقلیم متفاوت، یکی منطقهٔ گنجوان با اقلیم نیمه‌خشک و دیگری منطقهٔ ایوان با اقلیم نیمه‌مرطوب است.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ پژوهش

این تحقیق در سال ۱۳۹۵ در دو منطقهٔ گنجوان و ایوان در استان ایلام انجام گرفت (شکل ۱). با توجه به اینکه یکی از اهداف تحقیق، بررسی تأثیر اقلیم بر ویژگی‌های میکروبی خاک بود، دو منطقه در استان با اقلیمی متفاوت شامل شهرستان ایوان در شمال استان و روستای گنجوان در جنوب بخش چوار انتخاب شد. منطقهٔ گنجوان در ۷۶ کیلومتری شهرستان ایلام در محدودهٔ ۳۳ درجه و ۴۵ دقیقهٔ عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۵۸ دقیقهٔ طول شرقی با ارتفاع ۵۴۰ متر از سطح دریا واقع شده است. میانگین سالانهٔ بارندگی و دما در گنجوان به‌ترتیب ۳۲۹/۷ میلی‌متر و ۲۱/۵ درجهٔ سانتی‌گراد بوده و منطقه، براساس طبقه‌بندی دومارتن نیمه‌خشک است. شهرستان ایوان در ۴۰ کیلومتری شمال استان و در محدودهٔ ۴۶ درجه و ۱۹ دقیقهٔ طول شرقی و ۳۳ درجه و ۵۰ دقیقهٔ عرض شمالی قرار گرفته است. ارتفاع منطقه از سطح دریا حدود ۱۱۷۰ متر است. این منطقه براساس طبقه‌بندی دومارتن دارای اقلیم نیمه‌مرطوب بوده و میانگین بارندگی سالانهٔ

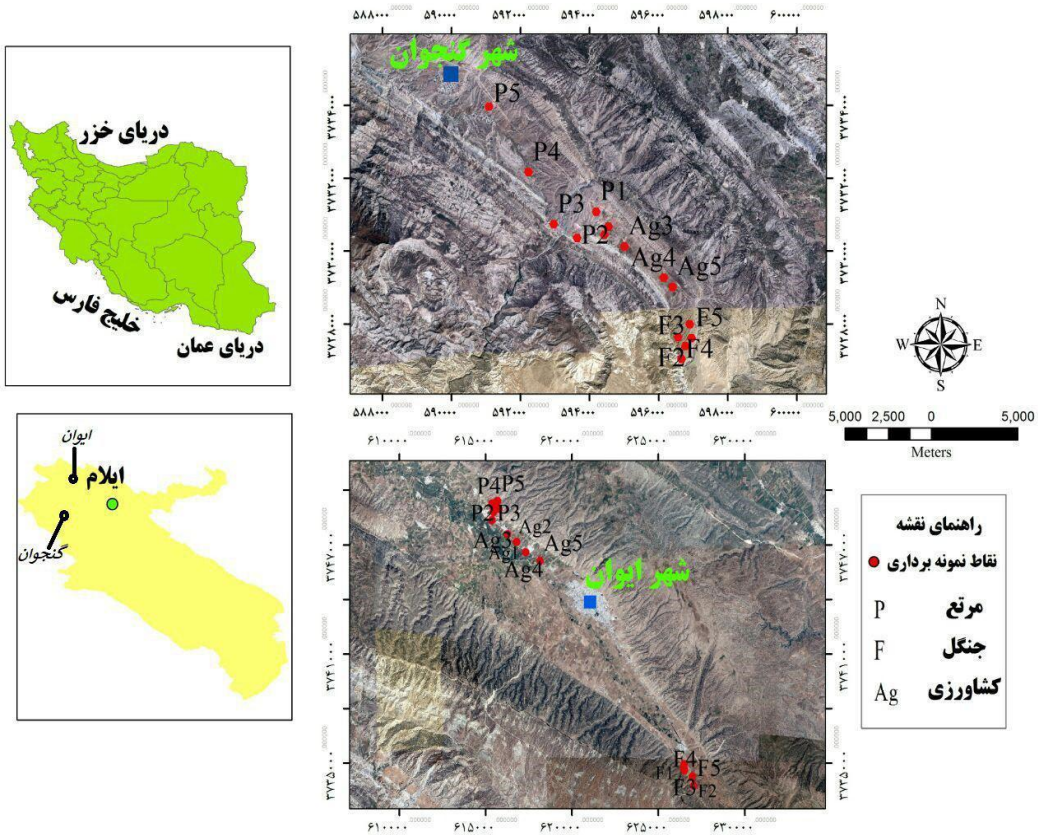
www.SID.ir

Archive of SID

آن ۶۷۵ میلی‌متر و دمای متوسط سالانهٔ آن ۱۷ درجهٔ سانتی‌گراد است (IRIMO, 2015)

جدول ۱- مشخصات مناطق بررسی‌شده

منطقه	آب‌وهوا (اقلیم)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	متوسط ارتفاع از سطح دریا (متر)	متوسط دمای سالانه (درجهٔ سانتی‌گراد)	متوسط بارش سالانه (میلی‌متر)
ایلام	نیمه‌مرطوب	۴۵° ۴۰′	۳۴° ۰۳′	۱۶۱۷	۱۷	۵۷۰
ایوان	نیمه‌مرطوب	۴۶° ۱۹′	۳۳° ۵۰′	۱۱۷۰	۱۷	۶۷۵
گنجوان	نیمه‌خشک	۴۵° ۵۸′	۳۳° ۴۵′	۵۴۰	۲۱/۵	۳۳۰



شکل ۱- موقعیت مناطق بررسی‌شده در استان ایلام

به‌منظور بررسی روند تغییر فعالیت میکروبی خاک، سه نوع کاربری اراضی شامل جنگل، مرتع و زراعی انتخاب شدند. در هر دو منطقهٔ ایوان و گنجوان، بخش‌هایی از این کاربری‌ها انتخاب شدند که به‌صورت پیوسته با هم بودند و حداقل اختلاف ارتفاع از سطح دریا و جهت شیب در آنها مشاهده شده بود.

پوشش غالب بخش‌های جنگلی این مناطق بیشتر شامل درختان بلوط (*Quercus persica* L.) و همچنین درختان و درختچه‌های بنه (*Pistacia atlantica*)، زالزالک (*Crataegus azarolus*) و کیکم (*Acer monspessulanum* L.) است. در اراضی زراعی در هر دو منطقه به‌طور عمده گندم دیم

www.SID.ir

Archive of SID

(*Triticum aestivum* L.) کشت شده است. پوشش گیاهی کاربری مرتع شامل علفزار و بوته‌زار است که گیاهان غالب آن را خارشتر (*Alhagi camelorum* Fisch.)، علف باغ (*Dactylic glomerata*)، گون (*Astragalus sp*)، فرفیون (*Euphorbia helioscopia* L.)، جو وحشی (*Hordeum murinum* L.) و خار زرد (*Cardus pycnocephalus* L.) تشکیل می‌دهد.

روش پژوهش

پس از بازدید و شناسایی دقیق هر منطقه، با استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب جهانی[1] در هر کاربری یک پلات ۵۰ ×۵۰ متر طراحی شد. این پروژه به‌صورت فاکتوریل با سه فاکتور منطقه (دو سطح)، کاربری (سه سطح) و عمق خاک (دو سطح) در قالب طرح پایهٔ کاملاً تصادفی (CRD) با پنج تکرار انجام گرفت که ۱۲ تیمار آزمایشی مختلف را شامل می‌شود (۲×۳×۲). به‌منظور نمونه‌برداری از خاک، از نقاط مختلف هر پلات به‌صورت تصادفی، نمونه‌های مرکب از خاک سطحی (۱۰-۰ سانتی‌متری) و تحتانی (۳۰-۱۰ سانتی‌متری) برداشت شدند. هر نمونهٔ مرکب، ترکیبی از سه نمونهٔ ساده بود و تعداد نمونه‌های مرکب در هر کاربری ۱۰ عدد (پنج نمونهٔ سطحی و پنج نمونهٔ عمقی) بود. در کل تعداد نمونه‌های مرکب هر منطقه ۳۰ عدد بود. نمونه‌های جمع‌آوری‌شده در یخچال و در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شدند و پس از یک هفته تجزیه‌های زیستی روی نمونه‌های خاک انجام گرفت.

تجزیه‌های بیولوژیکی نمونه‌های خاک

فعالیت میکروبی خاک

برای اندازه‌گیری تنفس پایه، ۱۰۰ گرم خاک در مجاورت ۲۵ میلی‌لیتر سود هیدروکسید سدیم ۰/۵ نرمال در دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد در ظروف کاملاً بسته (جار) در انکوباتور نگهداری شد. پس از ۲۴ ساعت، نمونه‌ها توسط اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال تیتر شدند. همین مراحل روی نمونهٔ شاهد (بدون خاک) صورت گرفت. با محاسبهٔ اختلاف حجم اسید مصرفی برای نمونهٔ شاهد و خاک، مقدار دی‌اکسید کربن تولیدشده تعیین و برحسب میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در گرم خاک محاسبه شد (Ali Asgharzad, 2010). برای اندازه‌گیری تنفس برانگیخته با بهره‌گیری از روش آلف و نانی‌پیری (Alef & Nannipieri, 1995)، ۰/۵ گرم گلوکز به ۱۰۰ گرم خاک افزوده شده و نمونه‌ها هشت ساعت در درون ظروف سربسته همانند اندازه‌گیری تنفس پایه در ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری شدند و مقدار دی‌اکسید کربن رهاشده بر اثر تنفس میکروارگانیسم‌های خاک برپایهٔ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن بر گرم خاک در روز برآورد شد.

زیست‌تودهٔ میکروبی

کربن زیست‌تودهٔ میکروبی خاک به‌روش تدخین با گاز کلروفرم و سپس استخراج (تدخین- استخراج) اندازه‌گیری شد (Ali Asgharzad, 2010). در این روش نمونه‌های خاک به‌مدت ۲۴ ساعت در درون دسیکاتور با گاز کلروفرم تدخین شدند. خاک‌های تدخین‌شده با محلول سولفات پتاسیم ۰/۵ مولار عصاره‌گیری شدند. همین مراحل برای خاک شاهد (بدون تدخین) صورت گرفت. کربن آلی خاک به‌روش اکسایش تر (والکی- بلاک) Nelson & Sommers. (1986) برآورد شد. در پایان از روی تفاوت کربن آلی استخراج‌شده از خاک نمونه‌های تدخین‌شده و شاهد و با اعمال ضریب ۰/۳۵، مقدار کربن زیست‌تودهٔ میکروبی خاک اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری نیتروژن زیست‌تودهٔ میکروبی، نمونه‌های تدخین‌شده با کلروفرم و نمونه‌های تدخین‌نشده با استفاده از محلول سولفات پتاسیم ۰/۵ مولار عصاره‌گیری شدند و با محاسبهٔ تفاوت بین مقدار نیتروژن معدنی‌شده در دو خاک تدخین‌شده و تدخین‌نشده با اعمال بهرهٔ ۰/۵۴، نیتروژن زیست‌تودهٔ میکروبی محاسبه شد (Ali Asgharzad, 2010).

1. Global Positioning System

www.SID.ir

Archive of SID

برای محاسبهٔ بهرهٔ متابولیکی (qCO_2) میزان تنفس پایه (کربن آزاد شده به‌صورت دی‌اکسید کربن) بر کربن زیست‌تودهٔ میکروبی خاک تقسیم شد. همچنین از نسبت کربن زیست‌تودهٔ میکروبی به کربن آلی خاک بهرهٔ میکروبی (qmic) برآورد شد (Ali Asgharzad, 2010).

روش تحلیل

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایهٔ کاملاً تصادفی با پنج تکرار انجام گرفت. فاکتورهای آزمایش شامل اقلیم در دو سطح (گنجوان و ایوان)، کاربری اراضی در سه سطح (کشاورزی، جنگل و مرتع) و عمق خاک در دو سطح عمق سطحی (۱۰-۰ سانتی‌متری خاک) و تحتانی (۳۰-۱۰ سانتی‌متری خاک) بودند. تجزیهٔ آماری داده‌های آزمایش با نرم‌افزار SAS var 9.1 و مقایسهٔ میانگین‌ها نیز با روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. همچنین، نمودارها با Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

کربن آلی (OC)

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان‌دهندهٔ معنی‌دار بودن اثرات اقلیم، کاربری اراضی، عمق خاک و اثرات متقابل (اقلیم× کاربری اراضی) و (کاربری اراضی× عمق خاک) بر کربن آلی در سطح احتمال ۱ درصد بود (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیهٔ واریانس اثرات اقلیم، کاربری اراضی و عمق خاک بر مقدار کربن آلی، تنفس پایه و تنفس برانگیختهٔ خاک

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات		
		کربن آلی خاک	تنفس پایه	تنفس برانگیخته
اقلیم	۱	۳۶۷/۸۳**	۱۷۶/۸۱^{ns}	۲۳۸/۴۰*
کاربری اراضی	۲	۹۶۴/۱۵**	۱۴۳۴/۱۳**	۸۸۹/۳۶**
عمق	۱	۲۵۰/۴۳**	۲۹۶۸/۰۷**	۸۰۰/۸۱**
اقلیم × کاربری اراضی	۲	۱۱۷/۲۳**	۳۴۲/۷۸**	۲۵۱/۰۵*
اقلیم × عمق	۱	۳/۶۷^{ns}	۱۵۷/۴۶^{ns}	۲۵/۰۹^{ns}
کاربری اراضی× عمق	۲	۲۳۸/۱۹**	۶۰۳/۰۱**	۲۳۷/۶۲*
اقلیم × کاربری اراضی× عمق	۲	۵/۲۵^{ns}	۲۱/۲۰^{ns}	۰/۳۵^{ns}
خطای آزمایشی	۴۸	۱۶/۶۰	۶۶/۳۰	۵۵/۵۱
ضرایب تغییرات (درصد)	-	۱۸/۶۷	۱۶/۹۴	۱۲/۸۱

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد؛ ^{ns}: غیرمعنی‌دار

مقدار کربن آلی در اقلیم ایوان بیشتر از اقلیم گنجوان بود. بیشترین کربن آلی (۳۴/۴۹ گرم در کیلوگرم خاک) در اقلیم ایوان با کاربری جنگل به‌دست آمد که ۴۲/۵۴ درصد بیشتر از مقدار آن در اقلیم گنجوان بود (جدول ۳). مقدار کربن آلی در اقلیم ایوان با کاربری مرتع در مقایسه با اقلیم گنجوان ۱۹/۹۱ درصد بیشتر بود (جدول ۳). کاربری کشاورزی در هر دو اقلیم کمترین مقدار این صفت را به خود اختصاص داد (جدول ۳). مقدار کاهش کربن آلی در کاربری کشاورزی در مقایسه با کاربری مرتع و جنگل در اقلیم ایوان به‌ترتیب ۱۸/۰۹ و ۳۷/۰۳ درصد بود. این مقدار در اقلیم گنجوان نیز ۲۷/۸۶ و ۵۳/۳۴ درصد بود (جدول ۳).

با افزایش عمق خاک، مقدار کربن آلی در کاربری‌های مختلف کاهش یافت (جدول ۴). بیشترین مقدار کربن آلی (۳۵/۰۸ گرم در کیلوگرم خاک) در

www.SID.ir

Archive of SID

کاربری جنگل در عمق سطحی به‌دست آمد که در مقایسه با عمق تحتانی خاک ۴۸/۵۵ درصد بیشتر بود (جدول ۴). همچنین مقدار کربن آلی در کاربری جنگل در عمق سطحی خاک در مقایسه با کاربری مرتع و کشاورزی در این عمق به‌ترتیب ۵۹/۷۶ و ۱۴۰ درصد بیشتر بود (جدول ۴). کربن آلی در کاربری مرتع در مقایسه با کاربری کشاورزی در عمق سطحی خاک ۵۰/۸۰ درصد افزایش یافت (جدول ۴).

تنفس پایهٔ خاک (BR)

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر کاربری اراضی، عمق خاک، اثرات متقابل (اقلیم× کاربری اراضی) و (کاربری اراضی× عمق خاک) بر میزان تنفس پایه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

بیشترین میزان تنفس پایه (۶۳/۲۱ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در گرم خاک در روز) در اقلیم ایوان تحت کاربری جنگل به‌دست آمد که در مقایسه با اقلیم گنجوان ۲۰/۷۲ درصد بیشتر بود (جدول ۳). بین کاربری مرتع و کشاورزی در هر دو اقلیم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳).

بیشترین میزان تنفس پایه (۷۰/۲۵ و ۵۱/۲۶ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در گرم خاک در روز) به‌ترتیب در کاربری جنگل و مرتع در عمق سطحی به‌دست آمد. کمترین میزان تنفس پایه (۳۶/۹۶ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در گرم خاک در روز) نیز در کاربری کشاورزی در عمق تحتانی خاک حاصل شد (جدول ۴). میزان تنفس پایه در کاربری جنگل در عمق سطحی در مقایسه با کاربری کشاورزی ۶۰/۴۶ درصد بیشتر بود (جدول ۴).

تنفس برانگیختهٔ خاک (تنفس ناشی از سوبسترا) (SIR)

اثرات اقلیم، کاربری اراضی، عمق خاک، اثرات متقابل (اقلیم× کاربری اراضی) و (کاربری اراضی× عمق خاک) بر تنفس برانگیخته معنی‌دار بود (جدول ۲).

بیشترین تنفس برانگیخته (۶۵/۷۸ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در گرم خاک در روز) در اقلیم گنجوان تحت تأثیر کاربری جنگل دیده شد که با کاربری جنگل و مرتع در اقلیم ایوان اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳). کمترین میزان آن (۳۷/۴۳ میلی‌گرم دی‌اکسیدکربن در گرم خاک در روز) در کاربری کشاورزی در اقلیم گنجوان مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ۳- مقدار کربن آلی، تنفس پایه و تنفس برانگیختهٔ خاک تحت تأثیر کاربری اراضی در دو اقلیم گنجوان و ایوان

اقلیم	کاربری اراضی	کربن آلی خاک ($mg\ kg^{-1}$)	تنفس پایهٔ خاک ($mgCO_2\text{-}C\ g^{-1}d^{-1}$)	تنفس برانگیختهٔ خاک ($mgCO_2\text{-}C\ g^{-1}d^{-1}$)
ایوان	کشاورزی	۱۶/۰۹^{c}	۴۴/۷۷^{c}	۵۰/۲۰^{c}
	جنگل	۳۴/۴۹^{a}	۶۳/۲۱^{a}	۶۳/۵۰^{ab}
	مرتع	۲۲/۳۱^{b}	۴۶/۸۶^{bc}	۵۹/۵۱^{ab}
گنجوان	کشاورزی	۱۵/۲۴^{c}	۳۹/۸۲^{c}	۳۷/۴۳^{d}
	جنگل	۲۴/۲۰^{b}	۵۳/۳۶^{b}	۶۵/۷۸^{a}
	مرتع	۱۸/۶۰^{c}	۴۱/۳۶^{c}	۵۷/۴۲^{b}

حروف مشترک در هر ستون، براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

بیشترین تنفس برانگیخته (۷۱/۹۷ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در گرم خاک در روز) به تیمار کاربری جنگل در عمق سطحی خاک اختصاص یافت (جدول ۴). تیمارهای کاربری مرتع و کشاورزی در

www.SID.ir

Archive of SID

عمق سطحی خاک نیز در رتبه‌های دوم و سوم قرار گرفتند و اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۴). در عمق تحتانی خاک بین دو کاربری جنگل و مرتع اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و کاربری کشاورزی، کمترین میزان تنفس برانگیخته را داشت (جدول ۴).

جدول ۴- مقدار کربن آلی، تنفس پایه و تنفس برانگیخته تحت تأثیر کاربری اراضی در دو عمق مختلف خاک

عمق	کاربری اراضی	کربن آلی خاک ($mg\ kg^{-1}$)	تنفس پایهٔ خاک ($mgCO_2\text{-}C\ g^{-1}d^{-1}$)	تنفس برانگیختهٔ خاک ($mgCO_2\text{-}C\ g^{-1}d^{-1}$)
سطحی	کشاورزی	۱۶/۷۷^{de}	۴۳/۷۸^{cd}	۵۴/۴۵^{bc}
	جنگل	۳۵/۰۸^{a}	۷۰/۲۵^{a}	۷۱/۹۷^{a}
	مرتع	۲۱/۹۶^{bc}	۵۱/۲۶^{b}	۵۸/۹۶^{b}
تحتانی	کشاورزی	۱۴/۵۶^{e}	۳۶/۹۶^{d}	۴۸/۱۸^{c}
	جنگل	۲۳/۶۱^{b}	۴۵/۳۲^{bc}	۵۷/۳۱^{b}
	مرتع	۱۸/۹۵^{cd}	۴۰/۸۱^{cd}	۵۷/۹۷^{b}

حروف مشترک در هر ستون، براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

نیتروژن زیست‌تودهٔ میکروبی (MBN)

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان‌دهندهٔ معنی‌دار بودن تأثیر اقلیم، کاربری اراضی و عمق خاک بر نیتروژن زیست‌تودهٔ میکروبی خاک ($P < ۰/۰۱$) بود (جدول ۵). اثرات متقابل دوگانه (اقلیم× کاربری اراضی)، (اقلیم× عمق خاک) و (کاربری اراضی× عمق خاک) بر نیتروژن زیست‌تودهٔ میکروبی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۵).

جدول ۵- تجزیهٔ واریانس اثرات اقلیم، کاربری اراضی و عمق خاک بر مقدار کربن و نیتروژن زیست‌تودهٔ میکروبی، بهرهٔ میکروبی و بهرهٔ متابولیکی خاک

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات			
		نیتروژن زیست‌تودهٔ میکروبی	کربن زیست‌تودهٔ میکروبی	بهرهٔ میکروبی	بهرهٔ متابولیکی
اقلیم	۱	۲/۶۹۵**	۵۵^{ns}	۲۹۲*	۰/۰۰۱۹^{ns}
کاربری اراضی	۲	۰/۵۶۷**	۶۶۰۹۱۲**	۷۲^{ns}	۰/۰۱۶۹**
عمق	۱	۰/۷۹۵**	۳۴۳۲۶۹**	۱۹۲*	۰/۰۰۳۷^{ns}
اقلیم × کاربری اراضی	۲	۰/۵۴۳**	۲۹۷۸^{ns}	۱۴۶*	۰/۰۰۲۱^{ns}
اقلیم × عمق	۱	۰/۳۶۸**	۵۷۰۲۳*	۲۵۱*	۰/۰۱۱۳*
کاربری اراضی× عمق	۲	۰/۲۲۷**	۱۰۰۸۶۷**	۱۹۶*	۰/۰۰۸۲*
اقلیم × کاربری اراضی× عمق	۲	۰/۰۴۱^{ns}	۲۰۵۹۳^{ns}	۴۵^{ns}	۰/۰۰۱۶^{ns}
خطای آزمایشی	۴۸	۰/۰۳۲	۸۶۳۴	۴۱	۰/۰۰۱۶
ضرایب تغییرات (درصد)	-	۲۲/۴۶	۲۰/۴۳	۲۹/۶۰	۳۳/۷۹

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد؛ ^{ns}: غیرمعنی‌دار

مقدار نیتروژن زیست‌تودهٔ میکروبی در کاربری جنگل و مرتع در اقلیم ایوان بیشتر از اقلیم گنجوان بود (جدول ۶). در اقلیم ایوان، بیشترین نیتروژن زیست‌تودهٔ میکروبی (۱/۳۱ و ۱/۰۹ میلی‌گرم در

www.SID.ir

Archive of SID

کیلوگرم خاک) به‌ترتیب در کاربری جنگل و مرتع به‌دست آمد که به‌ترتیب ۱۰۰/۰۰ و ۶۶/۶۱ درصد بیشتر از کاربری کشاورزی بود (جدول ۶). نتایج نیتروژن زیست‌تودهٔ میکروبی، در اقلیم گنجوان نشان داد که بین کاربری‌های مختلف (جنگل، مرتع و کشاورزی) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و در یک گروه آماری قرار داشتند (جدول ۶).

بیشترین نیتروژن زیست‌تودهٔ میکروبی (۱/۰۹ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) در کاربری مرتع در عمق سطحی خاک به‌دست آمد که با کاربری جنگل در این عمق در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۷). همچنین، کمترین نیتروژن زیست‌تودهٔ میکروبی در تیمار کاربری کشاورزی در هر دو عمق سطحی و تحتانی مشاهده شد (جدول ۷).

اقلیم ایوان در هر دو عمق سطحی و تحتانی در مقایسه با اقلیم گنجوان بیشترین مقدار نیتروژن زیست‌تودهٔ میکروبی را به خود اختصاص داد (جدول ۸). افزایش نیتروژن زیست‌تودهٔ میکروبی در اقلیم ایوان در عمق سطحی و تحتانی، نسبت به اقلیم گنجوان به‌ترتیب ۹۲/۲۷ و ۴۸/۰۹ درصد بود (جدول ۸).

کربن زیست‌تودهٔ میکروبی (MBC)

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که کربن زیست‌تودهٔ میکروبی تحت تأثیر اثرات کاربری اراضی، عمق خاک و اثرات متقابل (اقلیم× عمق خاک) و (کاربری اراضی× عمق خاک) قرار گرفت (جدول ۵).

عمق تحتانی خاک کربن زیست‌تودهٔ میکروبی را در کاربری‌های مختلف کاهش داد. البته شایان ذکر است که در مجموع کاربری جنگل از سطح زیست‌تودهٔ میکروبی بیشتری در مقایسه با کاربری مرتع و کشاورزی برخوردار بود. بیشترین کربن زیست‌تودهٔ میکروبی (۸۱۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) در کاربری جنگل در عمق سطحی خاک به‌دست آمد و با افزایش عمق خاک، کربن زیست‌تودهٔ میکروبی کاهش یافت (جدول ۷).

با افزایش عمق خاک، کربن زیست‌تودهٔ میکروبی کاهش یافت، چنین روندی در هر دو منطقه به‌خوبی مشهود بود (جدول ۸). کربن زیست‌تودهٔ میکروبی در عمق تحتانی خاک در ایوان و گنجوان به‌ترتیب ۳۷/۹۹ و ۱۷/۸۹ درصد کمتر از عمق سطحی خاک بود (جدول ۸).

بهرهٔ میکروبی خاک (qmic)

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد اثرات اقلیم، عمق خاک و اثرات متقابل (اقلیم× کاربری اراضی)، (اقلیم× عمق خاک) و (کاربری اراضی× عمق خاک) بر بهرهٔ میکروبی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۵).

بیشترین بهرهٔ میکروبی خاک (۲۸/۶۴ درصد) در کاربری جنگل در اقلیم ایوان به‌دست آمد. بین دو کاربری مرتع و کشاورزی در اقلیم ایوان از نظر بهرهٔ میکروبی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). در اقلیم گنجوان بین کاربری‌های مختلف از نظر این صفت نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶).

جدول ۶- مقدار کربن زیست‌تودهٔ میکروبی و بهرهٔ میکروبی خاک تحت تأثیر کاربری اراضی در دو اقلیم گنجوان و ایوان

اقلیم	کاربری اراضی	نیتروژن زیست‌تودهٔ میکروبی ($mg\ kg^{-1}$)	بهرهٔ میکروبی (٪)
ایوان	کشاورزی	۰/۶۵۳^{c}	۲۱/۹۴۳^{b}
	جنگل	۱/۳۰۷^{a}	۲۸/۶۴۸^{a}
	مرتع	۱/۰۸۹^{b}	۱۷/۷۸۶^{b}
گنجوان	کشاورزی	۰/۵۸۱^{c}	۲۱/۰۶۶^{b}
	جنگل	۰/۵۸۱^{c}	۱۸/۷۰۵^{b}
	مرتع	۰/۶۱۶^{c}	۲۱/۹۷۲^{b}

حروف مشترک در هر ستون، براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

بیشترین بهرهٔ میکروبی (۲۶/۸۸ درصد) در عمق سطحی خاک با کاربری جنگل به‌دست آمد که با کاربری مرتع در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۷). در عمق تحتانی خاک بیشترین و کمترین بهرهٔ میکروبی به‌ترتیب در کاربری جنگل و کشاورزی مشاهده شد (جدول ۷).

بهرهٔ میکروبی در اقلیم گنجوان تحت تأثیر عمق خاک قرار نگرفت (جدول ۸). عمق تحتانی خاک، بهرهٔ میکروبی را در اقلیم ایوان کاهش داد (جدول ۸).

بهرهٔ متابولیکی خاک (qCO2)

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان‌دهندهٔ معنی‌دار بودن اثرات کاربری اراضی و اثرات متقابل (اقلیم× عمق خاک) و (کاربری اراضی× عمق خاک) بر بهرهٔ متابولیکی بود (جدول ۵).

بهرهٔ متابولیکی در عمق تحتانی خاک بیشتر از عمق سطحی خاک بود، به‌طوری که بیشترین بهرهٔ متابولیکی خاک (۰/۱۷۹ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در گرم کربن میکروبی در ساعت) در عمق تحتانی خاک با کاربری کشاورزی مشاهده شد (جدول ۶). کمترین بهرهٔ متابولیکی خاک (۰/۰۸۷ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در گرم کربن میکروبی در ساعت) در عمق سطحی خاک با کاربری جنگل به‌دست آمد (جدول ۷).

بیشترین بهرهٔ متابولیکی (۰/۱۴۷ درصد) در عمق تحتانی خاک در اقلیم ایوان حاصل شد (جدول ۸). در اقلیم گنجوان بین دو عمق خاک از نظر بهرهٔ متابولیکی خاک تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۸).

جدول ۷- مقدار کربن و نیتروژن زیست‌تودهٔ میکروبی، بهرهٔ میکروبی و بهرهٔ متابولیکی خاک تحت تأثیر کاربری اراضی در دو عمق مختلف خاک

عمق	کاربری اراضی	نیتروژن زیست‌تودهٔ میکروبی ($mg\ kg^{-1}$)	کربن زیست‌تودهٔ میکروبی ($mg\ kg^{-1}$)	بهرهٔ میکروبی (%)	بهرهٔ متابولیکی ($mgCO_2\text{-}C\ g^{-1}Cmic\ hr^{-1}$)
سطحی	کشاورزی	۰/۶۵۳^{c}	۳۷۹^{c}	۱۹/۴۸^{bc}	۰/۱۱۹^{bc}
	جنگل	۱/۰۱۶^{ab}	۸۱۳^{a}	۲۶/۸۸^{a}	۰/۰۸۷^{c}
	مرتع	۱/۰۸۹^{a}	۳۹۷^{c}	۲۴/۰۷^{ab}	۰/۱۲۹^{b}
تحتانی	کشاورزی	۰/۵۸۱^{c}	۲۵۶^{d}	۱۶/۱۳^{c}	۰/۱۷۹^{a}
	جنگل	۰/۸۷۱^{b}	۵۰۸^{b}	۲۳/۲۸^{ab}	۰/۰۹۴^{bc}
	مرتع	۰/۶۱۶^{c}	۳۷۲^{c}	۲۰/۲۸^{bc}	۰/۱۱۰^{bc}

حروف مشترک در هر ستون، براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۸- مقدار کربن و نیتروژن زیست‌تودهٔ میکروبی، بهرهٔ میکروبی و بهرهٔ متابولیکی خاک تحت تأثیر کاربری اراضی در دو عمق مختلف خاک

اقلیم	کاربری اراضی	زیست‌تودهٔ میکروبی نیتروژن ($mg\ kg^{-1}$)	زیست‌تودهٔ میکروبی کربن ($mg\ kg^{-1}$)	بهرهٔ میکروبی (%)	بهرهٔ متابولیکی ($mgCO_2\text{-}C\ g^{-1}Cmic\ hr^{-1}$)
ایوان	سطحی	۱/۲۱۰^{a}	۵۶۰^{a}	۲۳/۳۰^{a}	۰/۱۰۴^{b}
	تحتانی	۰/۸۲۳^{b}	۳۴۷^{b}	۱۵/۶۰^{b}	۰/۱۴۷^{a}
گنجوان	سطحی	۰/۶۲۹^{c}	۵۰۰^{a}	۲۳/۶۰^{a}	۰/۱۲۰^{ab}
	تحتانی	۰/۵۵۶^{c}	۴۱۱^{b}	۲۴/۲۰^{a}	۰/۱۰۸^{b}

حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵٪، اختلاف معنی‌داری ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

نتایج نشان داد که در هر دو اقلیم، خاک‌های مناطق جنگلی نسبت به کاربری مرتع و کشاورزی، کربن آلی بیشتری داشتند. غلامی و همکاران (Gholami et al., 2016) گزارش دادند که کربن آلی در کاربری جنگل معادل ۴/۹۹ درصد و در اراضی زراعی و مراتع به‌ترتیب معادل ۲/۲۶ و ۱/۷۹ درصد است. به‌طوری که در کاربری جنگل مقدار کربن خاک به تا حد زیادی بیشتر از کاربری زراعی و مرتع بود. تجمع بیشتر کربن آلی در خاک کاربری جنگل به‌دلیل زیست‌تودهٔ بیشتر درختان و تولید بیشتر بقایای سطحی و همچنین پوشش زیراشکوب به‌نسبت مناسب در این کاربری، سبب بیشتر بودن درصد کربن آلی خاک نسبت به دو کاربری دیگر شده است. کشت‌وکار و عملیات زراعی در هر دو اقلیم سبب اتلاف مقادیر زیادی از کربن آلی خاک شده است. دلیل کاهش کربن آلی بر اثر کشت‌وکار، احتمالاً کاهش مقدار کربن ورودی به خاک‌های زراعی است. به‌طور معمول در سیستم‌های زراعی قسمت عمدهٔ مادهٔ خشک تولیدی به‌صورت محصول از زمین خارج می‌شود و کاهش کربن ورودی به خاک از مهم‌ترین عوامل کاهش کربن آلی در خاک‌های زیر کشت است (Golchin et al., 1995). محققان دیگر نیز نتایج به‌نسبت مشابهی را گزارش کرده‌اند (Khormali et al., 2009; Gholami et al., 2016; Bakhshipour et al., 2012). Zach et al. (2006) هدررفت کربن را در مناطق نیمه‌خشک مختلف بعد از ۵-۳ سال در کاربری کشاورزی از ۳۵ تا ۵۶ درصد گزارش کرده‌اند. Riahi et al. (2016) گزارش دادند که مقدار مادهٔ آلی در اراضی زراعی و مرتعی، کاهشی برابر با ۳۵/۷۰ و ۲۱/۸۵ درصد در لایهٔ ۱۰-۰ سانتی‌متر و ۳۶/۲۲ و ۲۲/۶۴ درصد در لایهٔ ۲۰-۱۰ سانتی‌متر در مقایسه با کاربری جنگل داشته است. حداکثر نیتروژن کل در لایهٔ ۱۰-۰ سانتی‌متر در کاربری جنگل ۰/۳۷ درصد، و حداقل آن در لایهٔ ۲۰-۱۰ سانتی‌متر در کاربری زراعی، ۰/۱۶ درصد مشاهده شد، که کاهش ۵۶/۷۵ درصدی را نشان می‌دهد.

منطقهٔ گنجوان با متوسط بارندگی کمتر به‌عنوان منطقه‌ای نیمه‌خشک شناخته شده است، بنابراین به‌نظر می‌رسد تولید گیاهی در این منطقه به‌نسبت کم باشد در نتیجه به‌علت سرعت کم ورود مواد تازهٔ گیاهی به خاک، مقدار کربن آلی در این مناطق اندک است درحالی که در منطقهٔ ایوان با اقلیم نیمه‌مرطوب مقدار کربن آلی خاک به‌طور معنی‌داری بیشتر از منطقهٔ گنجوان است. Harms et al. (2005) مشاهده کردند که مقدار ذخیرهٔ کربن در منطقه با بارش ۶۰۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر در حدود دو برابر مناطقی است که ۴۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر بارندگی دارند. (Qiu et al. 2012) از دست رفتن مادهٔ آلی خاک را به‌علت تغییر کاربری اراضی در علفزارهای مناطق نیمه‌خشک بررسی کرده و گزارش کردند که غلظت کربن کل خاک و ذخیرهٔ آن به‌طور معنی‌داری بعد از تبدیل علفزار به کشاورزی کاهش یافت. به‌طور کلی، مقدار کربن آلی لایهٔ سطحی در مقایسه با لایهٔ زیرسطحی، به‌دلیل ورود بیشتر بقایا و مواد گیاهی تازه و آلی، مقادیر بیشتری از کربن آلی را دارا بود. Chibsa & Ta. (2009) نیز در پژوهش‌های خود به این نتیجه رسیدند که لایهٔ سطحی خاک از نظر درصد مادهٔ آلی، شرایط مناسب‌تری در قیاس با لایهٔ تحتانی خاک دارد.

نتایج این تحقیق نشان داد که کشت‌وکار طولانی‌مدت در اراضی زراعی تنفس خاک را کاهش می‌دهد. علت این کاهش را می‌توان چنین توجیه کرد که در طولانی‌مدت کاهش ورودی بقایای آلی و افزایش سرعت تجزیهٔ منابع کربن سبب کاهش جمعیت و فعالیت ریزجانداران خاک‌زی می‌شود و به‌تبع آن تنفس خاک نیز کاهش می‌یابد. این وضعیت در لایهٔ عمقی خاک نیز مشاهده شد. نتایج این بررسی با پژوهش‌های (Khormali et al., 2009; Beheshti et al., 2011) مطابقت دارد. از آنجا که کربن اضافه‌شده به خاک به‌صورت بقایای گیاهی، اغلب به سطح خاک اضافه

www.SID.ir

Archive of SID

می‌شود و کشت‌وکار نیز بیشتر خاک سطحی را تحت تأثیر قرار می‌دهد تا خاک عمقی. به همین دلیل تغییرات خاک سطحی بیشتر از خاک عمقی است. Khormali et al. (2009) نیز نشان دادند که تنفس خاک در اراضی زراعی به‌طور معنی‌داری کمتر از جنگل‌های بکر بود. Shamsi Mahmoudabadi et al. (2011) در مطالعات خود در منطقهٔ آق‌سو در استان گلستان اعلام کردند که تنفس خاک در کاربری‌های مرتع، جنگل طبیعی بلوط و جنگل‌کاری سرو زربین (*Cupressus sempervirens* L.)، زراعی به‌ترتیب ۰/۲۵، ۰/۲، ۰/۱۶ و ۰/۱ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در کیلوگرم خاک در روز بود. این محققان تنفس زیاد در اراضی جنگلی را به‌دلیل مقدار زیاد مواد آلی و اضافه شدن مواد تازه در این اراضی دانستند. آنان همچنین ذکر کردند که کاهش مواد آلی در اراضی کشاورزی به‌دلیل عملیات خاک‌ورزی موجب کاهش تنفس میکروبی شده است. کربن آلی خاک اقلیم ایوان بیشتر از گنجوان بوده است و این خود می‌تواند دلیلی برای افزایش تنفس میکروبی در خاک ایوان باشد. تنفس میکروبی خاک از پارامترهای وابسته به اقلیم است و مادهٔ آلی زیاد، افزوده شدن مواد آلی جدید، تنوع و فراوانی ریزجانداران موجب افزایش آن می‌شود (Cruz Ruiz et al., 2015). کاهش تنفس خاک در اقلیم گنجوان می‌تواند در نتیجهٔ کاهش تعداد و فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک در نتیجهٔ تنش خشکی ایجادشده به علت آبیاری نکردن باشد. بنابراین با توجه به زیاد بودن رطوبت و عناصر غذایی و مواد آلی در منطقهٔ ایوان، می‌توان افزایش تنفس خاک منطقه را در نتیجهٔ افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌ها توجیه کرد.

مقدار کربن و نیتروژن زیست‌تودهٔ میکروبی خاک، در خاک کاربری جنگل بیشتر از خاک اراضی زراعی است. مقدار کربن و نیتروژن زیست‌تودهٔ میکروبی تابعی از مقدار کربن آلی خاک است و رابطهٔ مستقیمی با آن دارد. در اقلیم ایوان به‌دلیل بارندگی بیشتر و پوشش گیاهی بهتر، مقادیر کربن آلی، کربن زیست‌توده و تنفس میکروبی از اقلیم گنجوان بیشتر است. Bi et al. (2008) نیز اظهار داشتند که مقدار کربن زیست‌تودهٔ میکروبی ارتباط مستقیم با تغییرات اقلیم و رشد پوشش گیاهی دارد. به‌دلیل ارتباط معکوس کربن آلی خاک با عمق خاک، مقدار کربن زیست‌تودهٔ میکروبی نیز در عمق خاک کاهش می‌یابد (Riahi et al., 2015). Kooch & Moghimian. (2015) گزارش دادند که مقدار تنفس میکروبی، زیست‌تودهٔ میکروبی کربن و نیتروژن در عمق سطحی (۱/۲۲، ۶۶۵ و ۷۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و در عمق تحتانی (۱/۱۰، ۵۰۸ و ۵۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) خاک کاربری جنگل به‌طور معنی‌داری بیشتر از کاربری‌های دیگر بوده است. بیشترین مقدار ضریب متابولیکی نیز به‌طور معنی‌داری به عمق‌های اول و دوم (۴/۱۱ و ۶/۲۳ میکروگرم دی‌اکسید کربن بر میلی‌گرم زیست‌تودهٔ میکروبی کربن در روز) خاک کاربری کشاورزی اختصاص داشت. Tesfaye et al. (2016) با بررسی تغییر کاربری اراضی (جنگل طبیعی به اراضی باغی، زراعی و جنگل تخریب‌شده) نشان دادند که مقادیر کربن و نیتروژن تا حد زیادی از نوع کاربری و عمق خاک تأثیر می‌گیرند. در میان چهار کاربری بررسی‌شده، مقادیر کربن و نیتروژن در جنگل طبیعی از کاربری‌های دیگر در هر دو لایهٔ خاک به‌طور چشم‌گیری بیشتر بود.

دربارهٔ شاخص نیتروژن زیست‌تودهٔ میکروبی نیز کشت‌وکار و کاهش ورود مواد آلی، بر جمعیت و فعالیت ریزجانداران خاک تأثیر منفی داشته و در پی آن نیتروژن زیست‌تودهٔ میکروبی کاهش پیدا کرده است. کاهش نیتروژن زیست‌تودهٔ میکروبی با افزایش عمق به‌دلیل فعالیت و جمعیت بیشتر ریزجانداران در لایهٔ سطحی خاک دور از انتظار نیست.

بهرهٔ متابولیکی اندازه‌گیری شده در خاک‌های زراعی در مقایسه با مقدار آن در خاک‌های جنگل در

www.SID.ir

Archive of SID

هر دو اقلیم بیشتر بود، چراکه تغییر کاربری اراضی در بیشتر مناطق سبب کاهش شاخص‌های زیستی کیفیت خاک نظیر کربن، نیتروژن، کربن و نیتروژن زیست‌تودهٔ میکروبی شد که همهٔ آنها نشان از وجود شرایط تنش برای ریزجانداران خاک است. Moscatelli et al. (2007) بهرهٔ متابولیکی را در سه کاربری اراضی جنگلی، مرتع و زراعی بررسی کردند و دریافتند که بهرهٔ متابولیکی در خاک‌های زراعی بیشترین، و در خاک‌های جنگل کمترین مقدار را دارد که با نتایج این تحقیق همسوست.

یکی از شاخص‌های بیولوژیکی خاک، نسبت کربن زیست‌تودهٔ میکروبی به کربن آلی خاک است. این شاخص افزون‌بر کیفیت سوبسترا، نشان‌دهندهٔ فراوانی و توانایی دسترسی ریزجانداران خاک به سوبسترا است. افزایش این نسبت در خاک نشان‌دهندهٔ افزایش مقدار کربن خاک و در نتیجه بهبود کیفیت خاک از لحاظ فقر کربن آلی است (Moscatteli et al., 2007). در شرایط تنش‌زا، کربن زیست‌تودهٔ میکروبی سریع‌تر از کل کربن آلی خاک کاهش می‌یابد. تولید بقایای گیاهی بیشتر و مداوم در طول سال در جنگل، و تجزیهٔ سریع‌تر بقایای گیاهی در اراضی زراعی، سبب افزایش کربن آلی خاک در جنگل شده است. Eleftheriadis & Turrion (2014) نیز گزارش کردند که تغییر کاربری اراضی از جنگل به کشاورزی موجب افزایش ضریب فعالیت میکروبی و کاهش نسبت کربن زیست‌توده به کربن آلی خاک شده است.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور خلاصه نتایج این مطالعه حاکی از آن است که کشت‌وکار طولانی‌مدت در اراضی زراعی، سبب کاهش معنی‌دار مقدار کربن آلی خاک در هر دو عمق خاک شد. بنابراین باید با استفاده از تناوب زراعی به همراه رعایت سیستم آیش و نسوزاندن بقایای حاصل از محصولات کشاورزی، روند رو به افزایش مادهٔ آلی خاک را بهبود بخشید. به‌تبع این کاهش، مقدار کربن و نیتروژن زیست‌تودهٔ میکروبی نیز کاهش یافت. اقلیم ایوان به‌علت بارندگی بیشتر و بهبود پوشش گیاهی دارای کربن زیست‌تودهٔ میکروبی بیشتر در مقایسه با اقلیم گنجوان است. به‌نظر می‌رسد در اقلیم گنجوان به‌علت اقلیم نیمه‌خشک و تولید کم زیست‌تودهٔ گیاهی، کشت‌وکار سبب کاهش کربن آلی و به‌تبع آن کاهش زیست‌توده و فعالیت میکروبی خاک شده است. بر همین اساس باید در زمینهٔ جلوگیری از تغییر کاربری اراضی و مدیریت صحیح آن و همچنین اصلاح الگوی کشت در اراضی کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک اقدامات لازم و صحیح انجام گیرد.

References

Alef, K., & Nannipieri, P. (1995). Methods in applied soil microbiology and biochemistry. Academic Press, London, UK.

Aletta, A.D., Jana, E.C., & Mark, H.C. (2010). Soil respiration and ecosystem carbon stocks in New England forests with varying soil drainage. *Northeastern Naturalist, 17*(3), 437-454.

Ali Asgharzad, N. (2010). Laboratory methods of soil biology. Tabriz University Publication, 522p.

Bakhshipour, R., Ramezanpour, H., & Lashkarboluki, E. (2012). Studying the effect of *Pinus taeda* and *Populus sp.* plantation on some forest soils properties (Case study: Fidareh of Lahidjan). *Iranian Journal of Forest, (4)*4, 321-332.

Beheshti, A. Raiesi, F., & Golchin, A. (2011). The Effects of land use conversion from pasturelands to croplands on soil microbiological and biochemical indicators. *Journal of Water and Soil, 25*(3), 548-562.

www.SID.ir

Archive of SID

Bi, J.T., He, D.H., & Huang, Z.Y. (2008). Response of soil microbial community activity to vegetation restoration in degraded ecological system. *Journal Soil Water Conservation, 22*(4), 120-159.

Chibsa, T., & Ta, A. (2009). Assessmt of soil organic matter under four land use systems, in Bale Highlands, Southeast Ethiopia. *World Applied Sciences Journal, 6*(9), 1231-1246.

Cruz Ruiz, E., Cruz Ruiz, A., Vaca, R., Aguila, P., & Lugo, J. (2015). Assessment of soil parameters related with soil quality in agricultural systems. *Life Science Journal, 12*, 4-15.

Eleftheriadis, A., & Turrion, M.B. (2014). Soil microbiological properties affected by land use, management, and time since deforestations and crop establishment. *European Journal of Soil Biology, 62*, 138-144.

Gholami, L., Davari, M., Nabiollahi, M., & Jafari, H. (2016). Effect of land use changes on some soil physical and chemical properties (case study: Baneh). *Journal of Soil and Water Conservation, 5*(3), 13-27.

Golchin, A., Clark, P., Oades, J.M., & Skjemstad, J.O. (1995). The effects of cultivation on the composition of organic matter and structural stability of soils. *Australian Journal Soil Research, 33,* 975-993.

Harms, B.P., Dalal, R.C., & Cramp, A.P. (2005). Changes in soil carbon and soil nitrogen after tree clearing in the semi-arid rangelands of Queensland. *Australian Journal of Botany, 53,* 639-650.

IRIMO, (2015). Islamic Republic of Iran Meteorological Organization. Weather Station Network Office. (In Persian)

Jacobs, P.M., & Masom, J.A. (2005). Impact of Holocene dust aggradations on a horizon characteristics and carbon storage in loess-derived Mollisols of the Great Plains, USA. *Geoderma, 125,* 95-106.

Jandl, R. Lindner, M. Vesterdal, L. Bauwens, B. Baritz, R. Hagedorn, F. Johnson, D.W. Minkkinen, K., & Byrne, K.A. (2007). How strongly can forest management influence soil carbon sequestration? (Review). *Geoderma, 137,* 253-268.

Jing, W., Yue, F., Hui, C., Chong, Y., & Yuan, F. (2011). Effect of land use and soil management practices on soil fertility quality in north China cities' urban Fring. *African Journal of Agricultural Research, 6*(9), 205-215.

Johnson, J. M. F., Allmaras R.R., & Reicosky, C. (2006). Estimating source carbon from Crop residues, roots and rhizodeposits using the nation grain - yield database. *Agronomy Journal, 98,* 622-636.

Khademi, H., Mohammadi, J., & Nael, N. (2006). Comparison of selected soil quality indicators in different land management systems in Boroojen, Chaharmahal Bakhtiari province. *The Scientific Journal of Agricultue, 29,* 111-124.

Khormali, F., & Ghorbani, R. (2009). Origin and distribution of clay minerals in three different climatic regions of eastern Golestan Province. *Journal Agricultural Science and Natural Resource, 16,* 143-152.

Khormali, F., & Shamsi, S. (2009). Study of soil quality and micromorphology of soil transformation in different land uses in loess sloping lands in east of Golestan province, case study of Ghpan area. *Journal of Agriculture Science and Natural Resources,* 16, 123-143.

Khormali, F., Ajami, M., Ayoubi, S., Srinivasarao, C.H., & Wani, S.P. (2009). Role of deforestation and hill slope position on soil quality attributes of loess-derived soils in Golestan province, Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment, 134,* 178-189.

Kooch, Y., & Moghimian, N. (2015). The effect of deforestation and land use change on ecophysiology indices of soil carbon and nitrogen. *Iranian Journal of Forest, 7*(2), 243-256.

www.SID.ir

Archive of SID

Moscatteli, M.C., Di Tizio, A., Marinari, S., & Grego, S. (2007). Microbial indicators related to soil carbon in mediterranean land use systems. *Soil and Tillage Research, 97,* 51-59.

Munoz-Rojas, M., Erickson, T.E., Martinia, D., Dixon, K.W., & Merritt, D.J. (2016). Soil physicochemical and microbiological indicators of short, medium and long term post-fire recovery in semi-arid ecosystems. *Ecological Indicators, 63,* 14-22.

Nael, M., Khademi, H., & Hajabbasi, M.A. (2004). Response of soil quality indicators and their spatial variability to land degradation in central Iran. *Applied Soil Ecology, 27,* 22-32.

Navidi, M.N., & Abtahi, A. (2000). Effect of climate and topography on forest soil genesis in kheyrudkenar in Mazandaran province. *Journal Science Water and Soil, 2*, 299-316.

Nelson, D.W., & Sommers, L.P. (1986). Total carbon, organic carbon and organic matter. In D.R. Buxton (Ed.), Methods of soil analysis Part 2. Chemical and microbiological properties (pp. 539-579). American Society of Agronomy, Madison, WI.

Qiu, L., Wei, X., Zhang, X., Cheng, J., Gale, W., Guo, Ch., & Long, T. (2012). Soil organic carbon losses due to land use change in a semiarid grassland. *Plant Soil, 355,* 299-309.

Rasouli-Sadaghiani, M.H., Karimi, S., Khodaverdiloo, H., Barin, M., & Banj-Shafiei, A. (2016). Impact of forest ecosystem land use on soil physico-chemical and biological indices. *Iranian Journal of Forest, (8)*2, 178-182.

Riahi, M.R., Vahabzadeh, G., & Raei, R. (2016). The role of land use change on some soil physicochemical properties (case study: watershed basin of Keyasar Galooga). *Journal of Water and Soil Science, 26*(1), 159-171.

Shamsi Mahmoudabadi, S., Khormail, F., Ghorbani Nasrabadi, R., & Pahlavani, M.H. (2011). Effect of vegetation cover and the type of land use on the soil quality indicators in loess derived soils in Agh-Su area (*Golestan province*). *Journal of Water and Soil Conservation*, 17(4), 125-139.

Tesfaye, M. A., Bravo, F., Ruiz-Peinado, R., Pando, V., & Bravo-Oviedo, A. (2016). Impact of changes in land use, species and elevation on soil organic carbon and total nitrogen in Ethiopian Central Highlands. *Geoderma, 261,* 70-79.

Volkan Oral, H., Kucuker, M.A., Onay, T.T., Copty, N.K., Mater, B., & Yenigun, O. (2013). The impact of hazelnuts in land-use changes on soil carbon and in situ soil respiration dynamics. *Environmental Management, 129,* 12-25.

Wang, M.Y., Shi, X.Z., Yu, D.S., Xu, S.X., Tan, M.Z., Sun, W.X., & Zhao, Y.C. (2013). Regional differences in the effect of climate and soil texture on soil organic carbon. *Pedosphere, 23,* 799-807.

Zach, A., Tiessen, H., & Noellemeyer, E. (2006). Carbon turnover and 13C natural abundance under land use change in the semiarid La Pampa, Argentina. *Soil Science Society of America Journal, 70,* 1541-1546.

Zhao, G., Mu, X., Wen, Z., Wang, F., & Gao, P. (2013). Soil erosion, conservation, and Ecoenvironment changes in the Loess Plateau of China. *Land Degradation and Development, 24,* 499-510.

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Forest
Vol. 11, No. 2, Summer 2019
pp. 179-194

Research Article

The effect of climate and land uses on soil microbial biomass and activities

M. Mazaheri[1], and M. Bazgir[2*]

[1] M.Sc., Dept. of Soil Science, Islamic Azad Ilam University, Ilam, I. R. Iran
[2]Assistant Prof., Dept. of Soil and Water engineering, Ilam University, Ilam, I. R. Iran

(Received: 24 July 2018, Accepted: 27 November 2018)

Abstract

Today, one of the major concerns in the world and Iran is land use change from forests and pastures to agricultural lands which causes soil quality mitigation and global climate change. One of the indicators of soil quality and health is the evaluation of microbial activity and the estimation of microbial biomass of the soil, which in a short time responding to management practices in different ecosystems. This research was conducted to study the effect of climate and forest, pasture and agricultural land uses on soil microbial activities and biomass in Ilam province in 2016. The impact of climate was considered with selection of two regions including Ayvan, with semi-humid climate and Ganjavan, with semi-arid climate. Three land uses including forest, pasture and agricultural land were investigated in each region. After field studies in the land uses, five soil samples were randomly taken from 0-10 and 10-30 cm depths. In laboratory, soil microbial properties including microbial biomass carbon and nitrogen, basal respiration and substrate induced respiration as well as soil organic carbon were measured. The results showed that the highest organic carbon and basal respiration were obtained in the Ayvan climate with forest ecosystem to be 42.54 and 20.72 percent, respectively. Agriculture land use in both climates had the least amount of these properties. Organic carbon, base respiration and substrate induced respiration decreased in different land use with increasing soil depth. The microbial biomass carbon and nitrogen in forest and rangeland land use in Ayvan climate were higher than Ganjun climate. The highest microbial biomass carbon (813 mg g^{-1} soil) was obtained in forest land use at topsoil (0-10 cm). Soil microbial biomass decreased with increasing soil depth. Soil metabolic coefficient in subsoil (10-30 cm) was higher than topsoil (0-10 cm), and the highest metabolic coefficient of soil (0.179 percent) was observed in subsoil (10-30 cm) with agricultural land use. The lowest metabolic coefficient (0.087 percent) was observed in the soil surface (0-10 cm) with forest land use. In general, the results showed that in dry climate, by changing the land use from forests to pasture and agronomy land in dry climate decreased organic carbon and soil microbial activity. Therefore, correct land management in semi-humid and semi-arid regions can play an important role in improving soil quality and health.

Keywords: Climate, Ilam province, Forest, Microbial indices, Pasture.

∗Corresponding author Tel: +989188308664 Email: m.bazgir@ilam.ac.ir

www.SID.ir