Arch

مقاله کامل علمی- پژوهشی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و هشتم، شماره اول، ۱۴۰۰
۱۲۹-۱۴۶
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2021.17258.3271

تغییر اجزای فیزیکی کربن آلی در اندازه‌های مختلف خاکدانه در یک خاک جنگلی پس از تبدیل به شالیزار و تعیین حساس‌ترین و مقاوم‌ترین جز به تغییر کاربری اراضی

زهرا وارسته خانلری*[۱]، احمد گلچین[۲] و پریسا علمداری[۳]

[۱]استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه ملایر، [۲]استاد گروه علوم خاک، دانشگاه زنجان، [۳]استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه زنجان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۲۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۰۷

چکیده

سابقه و هدف: فعالیت‌های بشری مانند جنگل‌زدایی، تبدیل اکوسیستم‌های طبیعی به زراعی، سوزاندن زیست‌توده، شخم و کشت و کار، چرای دام، مصرف کودهای شیمیایی دارای تأثیر شدید و منفی بر مخزن کربن آلی خاک هستند. به‌خصوص تبدیل اکوسیستم‌های طبیعی به زراعی باعث کاهش مخزن کربن آلی خاک می‌شوند. شناخت نحوه توزیع فضایی کربن آلی در خاک برای درک نقش خاک در سیستم کربن جهانی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین هدف از مطالعه حاضر بررسی تغییرات کربن کل و اجزای آن در اندازه‌های مختلف خاکدانه‌های یک خاک جنگلی پس از تبدیل به شالیزار و تعیین حساس‌ترین و مقاوم‌ترین جز به تغییر کاربری بود.

مواد و روش‌ها: برای انجام این پژوهش ایستگاه تحقیقاتی صنوبر در استان گیلان انتخاب شد. نمونه‌های خاک از دو کاربری جنگل طبیعی توسکا و شالیزار مجاور آن‌ها در دو عمق (۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ سانتی‌متر) برداشت گردیدند. فاکتورهای موردبررسی شامل نوع کاربری اراضی در دو سطح و عمق خاک در دو سطح بود که در سه تکرار موردمطالعه قرار گرفت. بنابراین تعداد تیمار آزمایشی ٤ مورد بود که با اعمال نمودن ۳ تکرار درمجموع ۱۲ واحد آزمایشی وجود داشت. در نمونه خاک‌ها خاکدانه‌هایی با اندازه مختلف (بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر، ۰/۲۵-۲ میلی‌متر، ۰/۰۵۳-۰/۲۵ میلی‌متر و کوچک‌تر از ۰/۰۵۳ میلی‌متر) جدا و مقدار کربن آلی در این خاکدانه‌ها اندازه‌گیری شد. آنگاه کربن آلی در اندازه‌های مختلف این خاکدانه‌ها در هر دو کاربری بر اساس دانسیته جزءبندی گردید.

یافته‌ها: بررسی توزیع کربن آلی در ارتباط با اندازه خاکدانه در دو کاربری نشان داد که با افزایش اندازه خاکدانه محتوای کربن آلی افزایش می‌یابد به‌طوری‌که مقدار کربن آلی به ترتیب ٤/۵ و ۳/۳ برابر در جنگل طبیعی توسکا و اراضی شالیزار (میانگین دو عمق برای هر کاربری) در خاکدانه‌های بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر (خاکدانه‌های بزرگ) بیش‌تر از خاکدانه‌های کوچک‌تر از ۰/۰۵۳ میلی‌متر (پیوندیافته با سیلت و رس) بود. با تغییر کاربری از جنگل طبیعی به شالیزار مقدار کربن آلی در خاکدانه‌ها کاهش یافت. ولی مقدار کاهش در خاکدانه‌های بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر

* مسئول مکاتبه: z.khanlari93@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

(خاکدانه‌های بزرگ) بیش‌ترین و در خاکدانه‌های ۰/۰۵۳-۰/۲۵ میلی‌متر (خاکدانه‌های کوچک) کم‌ترین مقدار بود. نتایج جزءبندی موادآلی برحسب دانسیته نشان داد که در هر دو کاربری با افزایش دانسیته، وزن اجزا افزایش یافت. این وضعیت در هر دو عمق و در تمام اندازه خاکدانه قابل مشاهده بود. با افزایش دانسیته درصد کربن آلی کاهش یافت. درصد کربن اجزا به‌صورت درصدی از کربن کل خاک در تمام اندازه خاکدانه‌ها در اجزای با دانسیته کوچک‌تر از ۲ گرم بر سانتی‌مترمکعب کم‌تر از اجزای با دانسیته بزرگ‌تر از ۲ گرم بر سانتی‌مترمکعب بود و با افزایش عمق در تمام اندازه خاکدانه‌ها از درصد کربن در اجزای با دانسیته کوچک‌تر از ۲ گرم بر سانتی‌مترمکعب کاسته و به درصد کربن در اجزای با دانسیته بزرگ‌تر از ۲ گرم برسانتی‌مترمکعب اضافه گردید. با افزایش دانسیته اجزا، نسبت C/N اجزا کاهش یافت. در تمام اندازه خاکدانه‌ها در اثر تغییر کاربری از جنگل طبیعی به شالیزار درصد کربن اجزا به صورت درصدی از کربن کل خاک از اجزای با دانسیته کوچک‌تر از ۲ گرم بر سانتی‌مترمکعب کاسته و به جز با دانسیته بزرگ‌تر از ۲ گرم بر سانتی‌مترمکعب اضافه گردید. میزان کاهش از خاکدانه‌های بزرگ‌تر به سمت خاکدانه‌های کوچک‌تر کاهش یافت. حساس‌ترین جزء به تغییر کاربری جزء با دانسیته کوچک‌تر از ۱/٦ گرم بر سانتی‌مترمکعب (موادآلی ذره‌ای آزاد و موادآلی ذره‌ای محبوس شده در خاکدانه‌ها) بود. مقاوم‌ترین جز به تغییر کاربری جزء با دانسیته بزرگ‌تر از ۲ گرم بر سانتی‌مترمکعب است. در اثر تغییر کاربری از جنگل طبیعی به شالیزار نسبت کربن به نیتروژن کاهش یافت.

نتیجه‌گیری: تغییر کاربری از جنگل بکر به اراضی شالیزاری تأثیر نامطلوب روی مقدار کربن اجزا در اندازه‌های مختلف خاکدانه داشت. به‌طوری‌که از میزان مواد آلی ذره‌ای آزاد و محبوس شده در خاکدانه (جز سبک) که نقش بسیار مهمی را در تغذیه گیاه دارند به شدت کاسته شد. که این امر موجب کاهش سلامت خاک و پتانسیل ترسیب کربن در خاک می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تغییر کاربری، جزءبندی کربن آلی، مواد آلی ذره‌ای آزاد، مواد آلی ذره‌ای محبوس شده در خاکدانه‌ها

مقدمه

رشد بی‌رویه جمعیت و به‌دنبال آن نیاز روزافزون انسان به غذا، کشاورزان را به‌سوی تغییر کاربری سیستم‌های طبیعی سوق داده است و این امر منجر به تخریب اراضی و مشکلات اقتصادی، اکولوژیکی گردیده است. تغییر کاربری اراضی یک تغییر محیطی مهم در جهان به شمار می‌آید و باعث از بین رفتن پوشش گیاهی طبیعی و بومی، تخریب خاک و کاهش مواد مغذی آن می‌شود و این امر مشکلات اقتصادی و اکولوژیکی را به دنبال دارد (۱۸). تقریباً یک‌سوم از مجموع اراضی جنگل‌ها و مراتع جهان، در طی چهار قرن اخیر به زمین‌های کشاورزی تبدیل شده و این امر سبب هدررفت کربن آلی موجود در خاک، تخریب ساختمان خاک، کاهش هدایت هیدرولیکی خاک و افزایش چگالی ظاهری خاک گردیده است (٤). در مناطق شمالی ایران تغییر کاربری اراضی اغلب با تخریب ساختمان خاک و تغییر پایداری و توزیع خاکدانه‌ها همراه بوده و معمولاً به کاهش ماده آلی و مواد مغذی خاک منجر می‌شود (۵). ماده آلی خاک از بخش‌های مختلف تشکیل شده است که از لحاظ ترکیب بیوشیمیایی و پایداری بیولوژیکی با یکدیگر متفاوت‌اند. این اجزا ممکن است حساسیت متفاوت

www.SID.ir

Archive of SID

به اثرات استفاده از زمین و مدیریت از خود نشان دهند. برای ارزیابی تأثیر مدیریت زمین بر پویایی کربن آلی بهترین راه جزءبندی کربن آلی است. جزءبندی مواد آلی خاک می‌تواند به سرعت به تغییرات مرتبط با نوع استفاده از زمین پاسخ دهد. ازاین‌رو جزءبندی به‌عنوان ابزاری برای بررسی اثرات استفاده از زمین بر روی کیفیت مواد آلی خاک (١٤) و نیز شاخص‌های مهم کیفیت خاک پیشنهاد شده است.

امروزه، بخش‌های مختلف مواد آلی خاک توسط روش‌های شیمیایی و فیزیکی تفکیک می‌شوند. تفکیک شیمیایی به‌دلیل نادیده گرفتن نقش موادمعدنی در دینامیک موادآلی و مشخص نبودن وظایف اجزا کم‌تر مورداستفاده قرار می‌گیرد و بیش‌تر از تفکیک فیزیکی استفاده می‌شود. در روش‌های تفکیک فیزیکی تغییرات شیمیایی در ماده‌آلی به حداقل می‌رسد، نقش موادمعدنی در پویایی و دینامیک ماده‌آلی در نظر گرفته می‌شود، نقش هرکدام از اجزا مشخص‌شده و اجزایی که به مدیریت موردنظر پاسخ می‌دهند مشخص می‌گردند. بنابراین می‌توان کیفیت خاک را که تحت‌تأثیر مدیریت زراعی اعمال‌شده است را پایش کرد (٦). تفکیک فیزیکی خود به دو صورت انجام می‌شود که یکی از این روش‌ها دانسیته یا چگالی است. جزءبندی بر اساس دانسیته، که بقایای آلی پیوند نشده با موادمعدنی (جزء سبک یا Light Fraction) را از مواد آلی عجین شده با مواد معدنی (جزء سنگین یا High Fraction) جدا می‌کند، یک روشی را برای مطالعه مکانیسم ثبات فیزیکی و فیزیکوشیمیایی فراهم می‌آورد (١١). کربن آلی در جزء سبک یا LF اساساً شامل بقایای گیاهی و جانوری در مراحل مختلف تجزیه است (٢٦). با این تفاوت که LF-OC (Light Fraction-Occluded) رهاشده از خاک در اثر تخریب خاکدانه‌ها (مسدود در جزء سبک LF-OC) دارای اندازه ذرات کوچک‌تر بوده و ازلحاظ شیمیایی بیش‌تر تخریب‌شده و قدیمی‌تر از LF آزاد حفاظت‌نشده (Free Light Fraction = FLF) است (٢٦ و ١١). ماده آلی HF شامل سهم بیش‌تری از بقایای میکروبی در مقایسه با LF-OC است (١١). جز سبک سرعت تجزیه بیش‌تری داشته و از جمله مخازنی است که به تغذیه گیاه کمک می‌کند. پاسخ آن به تغییر کاربری سریع بوده و مقدار آن در جنگل‌ها، مراتع و دستگاه‌های بدون شخم بیش‌تر از اراضی زراعی است. به همین علت امروزه از این جز به‌عنوان یکی از شاخص‌های کیفیت استفاده می‌شود. فلاح‌زاده و همکاران (٢٠١٠) با بررسی ذخایر مواد آلی خاکدانه در خاک‌های رسی تحت کاربری مرتع تخریب شده و کشاورزی در زاگرس مرکزی به این نتیجه رسیدند تبدیل مرتع تخریب‌شده به اراضی کشاورزی سبب افزایش معنی‌دار کربن آلی کل و کربن آلی ذره‌ای شد. بین خاکدانه‌های خاک مرتع از نظر مقدار کربن آلی تفاوت معنی‌داری دیده شد. به‌طوری‌که با افزایش اندازه خاکدانه از ١-٠/٠٥ میلی‌متر مقدار مواد آلی نیز افزایش یافت بااین‌وجود در خاک کشاورزی رابطه مشخصی بین اندازه خاکدانه و مقدار مواد آلی مشاهده نشد (٩). امرا و همکاران (٢٠١٦) با مطالعه تأثیر نوع کاربری روی جزءبندی کربن آلی در خاک‌های سرالئون به این نتیجه رسیدند که تغییر کاربری اراضی از جنگل طبیعی به کشت بادام‌زمینی منجر به از دست رفتن کربن آلی کل و کربن در همه اجزا شده و بیش‌ترین کاهش در کربن جز سبک (LF) (١٦/٤ درصد)، سپس کربن آلی ذره‌ای (١٥/٨٢ درصد)، کربن آلی کل (١٤/٦٣ درصد) و جز سیلت + رس (٥/٨٣ درصد) بود. کم‌ترین کاهش در جز سیلت + رس نشان‌دهنده این است که کربن در جز سیلت + رس بهتر حفاظت شده است (١). اوجی و همکاران (٢٠١٧) با مطالعه تأثیر مدیریت چرای مراتع بر اشکال مختلف کربن آلی در دشت پنتی ایذه در استان

www.SID.ir

Archive of SID

خوزستان به این نتیجه رسیدند که مدیریت قرق در خاک‌های سطحی و زیرسطحی باعث افزایش میزان کربن آلی خاک، کربن آلی محلول، کربن زی‌توده میکروبی، کربن قابل اکسیدشدن توسط پرمنگنات، کربن آلی ذره‌ای ریز و کربن آلی ذره‌ای درشت خاک شده ولی افزایش در لایه زیرسطحی از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (۲۲). تغییر کاربری اراضی به‌ویژه از جنگل طبیعی به شالیزار در شمال کشور به شدت موجب تخریب خاک شده است. در ایران به‌رغم مطالعات فراوان در زمینه مواد آلی خاک، مطالعات اندکی درزمینه تأثیر تغییر کاربری اراضی از جنگل طبیعی به شالیزار بر اجزای کربن آلی و توزیع آن‌ها در اندازه‌های مختلف خاکدانه صورت گرفته است. بنابراین اهداف این پژوهش عبارت بودند از: ۱- بررسی تغییرات کربن آلی در اندازه مختلف خاکدانه و در اجزای جداشده در جزبندی بر اساس دانسیته در یک خاک جنگلی بعد از تبدیل به شالیزار، ۲- تعیین حساس‌ترین و مقاوم‌ترین جز به تغییر کاربری.

مواد و روش‌ها

توصیف منطقه مورد مطالعه: به‌منظور بررسی تأثیر عمق و نوع کاربری اراضی بر دینامیک کربن آلی و تغییرات آن در اجزای جداشده در جزءبندی بر اساس دانسیته، ایستگاه تحقیقاتی صنوبر در استان گیلان در شهرستان آستانه اشرفیه انتخاب شد. سعی گردید نمونه‌های خاک از مناطق مجاور یکدیگر با اقلیم، توپوگرافی، جهت و درجه شیب یکسان تهیه شود به‌طوری‌که تمام فاکتورهای خاک‌سازی به‌جز پوشش گیاهی برای هر دو کاربری انتخاب‌شده مشابه باشد. ایستگاه تحقیقات صنوبر صفرابسته در ۵ کیلومتری شمال‌غرب شهرستان آستانه اشرفیه در نزدیکی رودخانه سفیدرود با ارتفاع ۱۵ متر بالاتر از سطح دریای خزر و ۱۰ متر پایین‌تر از سطح آب‌های آزاد (خلیج‌فارس) با موقعیت طول جغرافیایی ´۵۷ °۴۹ تا ´۶۰ °۴۹ شرقی و عرض جغرافیایی ´۱۹ °۳۷ تا ´۲۲ °۳۷ شمالی واقع شده و از نظر پستی بلندی فاقد هرگونه عارضه بوده و کاملاً مسطح می‌باشد. بر اساس آمار ایستگاه سینوپتیک هواشناسی شهرستان آستانه‌اشرفیه مقدار بارندگی ۱۱۸۶ میلی‌متر در سال و متوسط درجه حرارت سالانه ۱۷/۵درجه سانتی‌گراد است که حداکثر آن (۲۶/۶ درجه سانتی‌گراد) در مردادماه و حداقل درجه حرارت (۸/۶ درجه سانتی‌گراد) در دی‌ماه گزارش شده است. متوسط تعداد روزهای بارانی ۱۰۸/۵ روز، تعداد ماه‌های خشک ۲ ماه و تعداد روزهای یخبندان ۱۴ روز می‌باشد. منطقه موردمطالعه دارای وسعت بیش از ۱۰ هکتار است. این منطقه شامل خاک‌های بکرجنگلی (جنگل توسکا) و شالیزار مجاور آن‌ها، می‌باشد. که بیش از ۳۰ سال از تغییر کاربری آن (تبدیل جنگل طبیعی به شالیزار) می‌گذرد.

نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها: به‌منظور نمونه‌برداری از خاک منطقه، هر کاربری به سه قسمت مختلف تقسیم و هر قسمت به‌عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد و اقدام به جمع‌آوری نمونه از دو عمق ۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ سانتی‌متری شد. فاکتورهای موردبررسی شامل نوع کاربری اراضی در دو سطح و عمق خاک در دو سطح بود که در سه تکرار موردمطالعه قرار گرفت. بنابراین، تعداد تیمار آزمایشی ۴ مورد بود که با اعمال نمودن ۳ تکرار درمجموع ۱۲ واحد آزمایشی وجود داشت. بعد از نمونه‌برداری، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل گردید. نمونه‌ها هوا خشک‌شده مقداری از آن‌ها ابتدا از الک ۴ میلی‌متر عبور داده شد. سپس خاک‌های عبور کرده از الک ۴ میلی‌متر از الک ۲ میلی‌متر گذرانده شدند. آن‌گاه

www.SID.ir

Archive of SID

حدود ۱۰۰ گرم از خاکدانه‌های باقی‌مانده روی الک ۲ میلی‌متر از هر یک از دو عمق موردمطالعه جهت جداسازی خاکدانه‌های پایدار در آب به روش الک تر برداشته شد و روی سری الک‌ها با قطر ۲، ۰/۲۵ و ۰/۰۵۳ میلی‌متر قرار داده شد. بعد از جداسازی، خاکدانه‌های باقیمانده روی هر سری الک جداگانه در آون ۵۰ درجه به‌مدت ٤٨ ساعت خشک گردید (۱۹). سپس خاکدانه‌ها برای جزءبندی نگه‌داری شدند.

جزءبندی فیزیکی به روش دانستیه: برای جزءبندی به روش دانستیه از روش گلچین و همکاران (۱۹۹٤) استفاده گردید (۱۱). در این روش از عصاره‌گیری پلی تنگستات سدیم استفاده شد و محلول‌هایی با دانسیته ۱/٦>، ۱/۸-۱/٦، ۲-۱/۸ و ۲< گرم بر سانتی‌مترمکعب ساخته شد. در این روش مواد آلی به سه جز تقسیم می‌گردند: ۱- مواد آلی بیرون خاکدانه یا خارج خاکدانه که Free POM نامیده شد و با دانسیته کم‌تر از ۱/٦ گرم بر سانتی‌مترمکعب از خاک جدا می‌شود. ۲- مواد آلی محبوس شده در خاکدانه‌ها (Occluded POM) که پوسیده‌ترین آن‌ها با دانسیته کم‌تر از ۱/٦ گرم بر سانتی‌متر مکعب، نیمه تجزیه شده با دانسیته ۱/۸-۱/٦ گرم بر سانتی‌مترمکعب و تازه‌ها با دانسیته ۲-۱/۸ گرم بر سانتی‌مترمکعب جدا می‌شوند. ۳-Clay associated OM موادآلی همراه با رس یا چسبیده به رس است که کلوئیدی می‌باشد. جدا کردن اجزا حداقل ۱۰ بار برای هر نمونه انجام شد و تکرارها برای تجزیه با هم ترکیب شدند. در خاکدانه‌های جداشده از نمونه‌های خاک و در اجزای جداشده در جزءبندی بر اساس دانسیته از این خاکدانه‌ها کربن آلی به روش اکسیداسیون تر با دی‌کرومات پتاسیم به روش والکی- بلک (۲۱) و نیتروژن کل به روش کجلدال (۳) اندازه‌گیری شد.

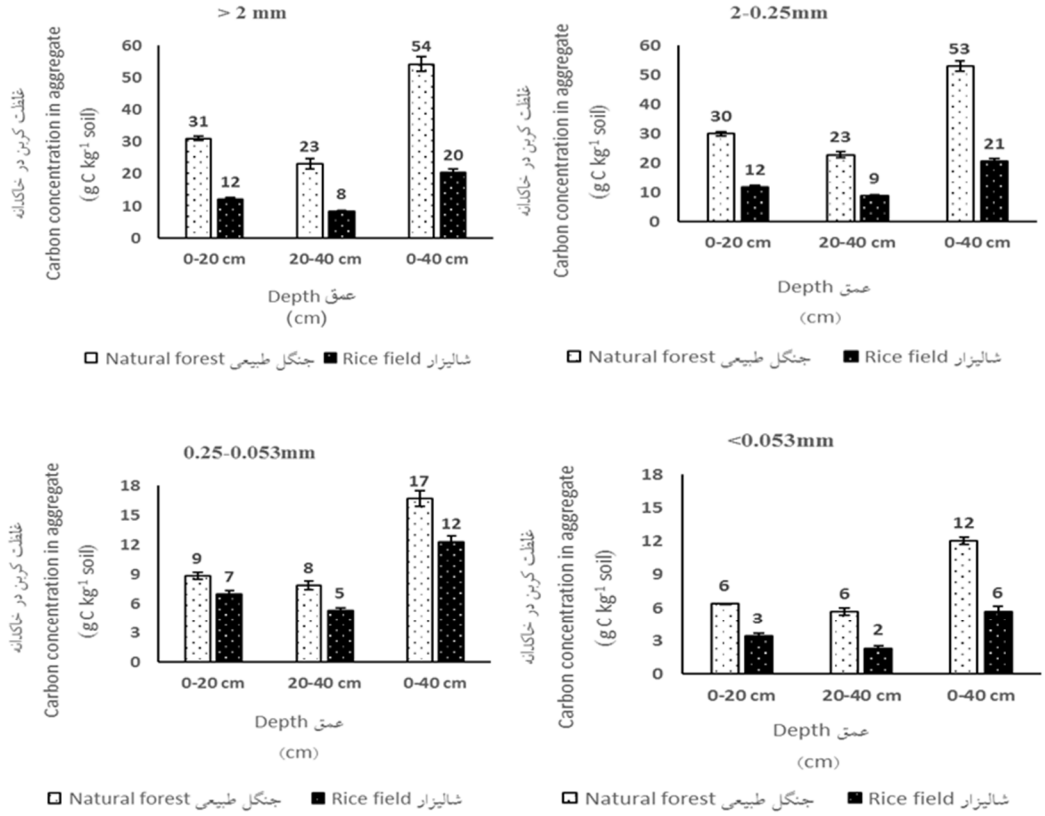
نتایج و بحث

توزیع کربن آلی در ارتباط با اندازه خاکدانه‌ها در خاک‌های منطقه موردمطالعه: بررسی توزیع کربن‌آلی در ارتباط با اندازه خاکدانه در دو کاربری نشان داد که با افزایش اندازه خاکدانه محتوای کربن‌آلی افزایش یافت (شکل ۱). غلظت کربن‌آلی در اراضی جنگل طبیعی توسکا و اراضی شالیزار (میانگین دو عمق برای هر کاربری) به‌ترتیب از ۱۲ و ٦ گرم کربن در کیلوگرم خاک در خاکدانه‌های کوچک‌تر از ۰/۰۵۳ میلی‌متر (پیوندیافته با سیلت و رس) به ٥٤ و ۲۰ گرم کربن در کیلوگرم خاک در خاکدانه‌های بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر (خاکدانه‌های بزرگ) رسید (شکل ۱). مقدار کربن در خاکدانه‌های مختلف از سطح به عمق کاهش یافت؛ ولی ترتیب حضور کربن در خاکدانه‌ها به روال قبل بود و در خاکدانه‌های درشت‌تر بیش‌تر از خاکدانه‌ها با اندازه ریزتر بود (شکل ۱). یافته‌های این پژوهش تأییدکننده مفهوم سلسله مراتبی خاکدانه‌سازی است که بر اساس آن خاکدانه‌های ریز توسط عوامل اتصال‌دهنده گذرا و ناپایدار (پلی‌ساکاریدهای گیاهی و جانوری) و عوامل اتصال‌دهنده موقتی (ریشه‌ها و هیف‌های قارچی) به‌هم پیوند خورده و خاکدانه‌های درشت را تشکیل می‌دهند. این ساختار سلسله مراتبی به‌طور طبیعی سبب می‌شود که همراه با افزایش اندازه خاکدانه، محتوای کربن افزایش یابد. کانت و همکاران (۲۰۰٤) نیز با مطالعه تأثیر نوع کاربری بر اجزای کربن در شمال شرق امریکا از جنگل به مرتع به این نتیجه رسیدند که محتویات کربن در خاکدانه‌های بزرگ بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر و ۰/۲۵-۲ میلی‌متر بیش‌ترین و در اجزای پیوندیافته با سیلت و رس کوچک‌تر از ۰/۰۵۳ میلی‌متر کم‌ترین بود (۷). جاسترو و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که بیش‌تر کربن تجمع یافته در خاک در خاکدانه‌های بزرگ

www.SID.ir

Archive of SID

وجود داشت (۱۶). با تغییر کاربری از جنگل طبیعی به شالیزار مقدار کربن آلی در خاکدانه‌ها کاهش یافت. ولی مقدار کاهش در خاکدانه‌های بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر (خاکدانه‌های بزرگ) بیش‌ترین (به‌طور میانگین ۶۳ درصد) و در خاکدانه‌های ۰/۰۵۳-۰/۲۵ میلی‌متر (خاکدانه‌های کوچک) کم‌ترین مقدار (به‌طور میانگین ۳۳ درصد) بود (شکل ۱). موگز و هولدن (۲۰۰۸) گزارش نمودند که محتوای کربن آلی در خاک‌های بکر بیش‌تر از خاک‌های کشت شده است. در حقیقت کشت و کار با در معرض قرار دادن کربن آلی خاکدانه‌های بزرگ برای تجزیه میکروبی هدررفت کربن آلی خاک را ارتقا می‌بخشد (۲۰). فانگ و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که میزان ذخیره کربن در کاربری جنگل بیش‌تر از اراضی کشاورزی است و علت آن را تبدیل پوشش طبیعی به اراضی کشاورزی و تأثیر شخم در سرعت تجزیه مواد آلی بیان نمودند (۱۰). سیکس و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند که خاکدانه‌های کوچک بیش‌تر از خاکدانه‌های بزرگ مواد آلی خاک را حفظ می‌کنند. تغییر و تبدیل خاکدانه‌های بزرگ یک فرآیند اساسی مؤثر بر تثبیت و پایداری مواد آلی خاک است (۲۴).



شکل ۱- غلظت کربن آلی در اندازه‌های مختلف خاکدانه در دو عمق (۲۰-۰ cm) و (۴۰-۲۰ cm) خاک جنگل طبیعی و شالیزار

Figure 1. Concentration of organic carbon in different aggregate sizes in two depths (0-20 cm) and (20-40 cm) natural forest and Paddy rice field.

www.SID.ir

Archive of SID

تأثیر تغییر کاربری و عمق بر اجزای فیزیکی ماده آلی در اندازه‌های مختلف خاکدانه: نتایج جزءبندی در جنگل طبیعی در هر دو عمق در جدول‌های ۱ و ۲ گزارش شده است. درصد بازیافت کربن در جنگل طبیعی ۱۰۱–۹۸ درصد بود. در این کاربری با افزایش دانسیته، وزن اجزا افزایش یافت. وزن جز با دانسیته کوچک‌تر از ۲ گرم بر سانتی‌مترمکعب (Occluded POM) به مراتب کم‌تر از وزن جز با دانسیته بزرگ‌تر از ۲ گرم بر سانتی‌مترمکعب (Clay associated OM) بود. این وضعیت در هر دو عمق و در تمام اندازه خاکدانه‌ها قابل مشاهده بود. با افزایش دانسیته درصد کربن آلی کاهش یافت. زیرا میزان موادمعدنی اجزا افزایش پیدا کرد. بیش‌ترین درصد کربن در عمق ۲۰–۰ سانتی‌متری و در جنگل طبیعی و در اجزای با دانسیته کوچک‌تر از ۱/٦ گرم بر سانتی‌مترمکعب (موادآلی ذره‌ای آزاد و موادآلی ذره‌ای محبوس شده در خاکدانه‌ها) (POM) و در خاکدانه‌های بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر (٤۷ درصد) و کم‌ترین درصد در اجزای با دانسیته بزرگ‌تر از ۲ گرم بر سانتی‌مترمکعب (Clay associated OM) و در خاکدانه‌های کوچک‌تر از ۰/۰۵۳ میلی‌متر (۰/٦ درصد) دیده شد (جدول ۱). خاکدانه‌های درشت بخش زیادی از مواد آلی تجزیه نشده را در خود نگه‌داری می‌کنند، خاکدانه‌های بزرگ بیش‌تر از به هم پیوستن خاکدانه‌های کوچک به کمک ریشه‌ها و هیف قارچ‌ها که به‌طور فیزیکی خاکدانه‌های کوچک را دور هم نگه می‌دارند به وجود می‌آید. این هیف‌ها که اکثراً چسبنده می‌باشند دارای موسیلاژ (مو) چسبنده که اکثراً پلی‌ساکارید است، می‌باشند که در خاکدانه‌های کوچک تنیده و آن‌ها را به‌طور فیزیکی به خاکدانه‌های بزرگ تبدیل می‌نمایند. هم‌زمان که ریزجانداران مواد آلی را تجزیه می‌کنند، ترشحات پلی‌ساکاریدی آن‌ها هم به‌عنوان عاملی سیمانی عمل می‌کنند (۱۵). این موضوع می‌تواند دلیلی بر بیش‌تر بودن کربن‌آلی ذره‌ای در خاکدانه‌های درشت در کاربری موردمطالعه باشد. ون و همکاران (۲۰۱٦) در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند در کاربری جنگل طبیعی میزان کربن آلی ذره‌ای در خاکدانه‌های درشت بیش‌تر از ریز است زیرا میزان مواد آلی تازه در خاکدانه درشت بیش‌تر است (۲۷). در عمق پایین‌تر روند مشاهده‌شده مانند لایه سطحی بود با این تفاوت که بیش‌ترین درصد کربن در اجزای با دانسیته کوچک‌تر از ۱/٦ گرم بر سانتی‌مترمکعب و در خاکدانه‌های با اندازه ۲–۰/۲۵ میلی‌متر دیده شد (جدول ۲). در مطالعاتی که با استفاده از میکروسکوپ الکترونیکی روی ماده‌آلی ذره‌ای محبوس شده در خاکدانه‌ها انجام شد، مشخص گردید که این بخش ماده‌آلی به‌طور معمول شامل بخش سبک و با غلظت بالای کربن می‌شود که قسمت‌های مختلف گیاهی مانند لیگنین را شامل می‌شود (۱۱) درحالی‌که بخش سنگین یک بخش آلی – معدنی با چگالی بالا و پایدار است که غلظت کربن آن پایین است (۱۳ و ۱۲).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- اجزای جداشده ماده آلی در اندازه‌های مختلف خاکدانه‌های یک خاک جنگل طبیعی و ویژگی های آن‌ها در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری.

Table 1. Separated organic matter fractions in different aggregate sizes of a natural forest soil and their properties at a depth of 0-20 cm.

نسبت کربن به نیتروژن C:N of fractions	درصد نیتروژن اجزا در کربن کل خاک N in fractions, % of tot, soil N	درصد کربن اجزا در کربن کل خاک C in fractions, % of soil OC	درصد نیتروژن در اجزا %N in fractions	درصد کربن در اجزا %C in fractions	درصد وزنی خاک در اجزا % Soil Weight in fractions	اجزا Fractions	اندازه الک Sieve size	عمق Depth	نوع کاربری Land use
38.39±0.17	2.26±0.10	12.52±0.09	0.46±0.02	17.66±0.81	2.10± 0.06	<1.6	>2 mm	0-20 cm	جنگل طبیعی Natural forest
31.76±0.13	2.04±0.06	9.41±011	0.92±0.02	29.22±0.14	1.00±0.04	<1.6			
8.66±0.11	9.72±0.45	12.30±0.11	1.26±0.02	10.91±0.15	3.50±0.12	1.6-1.8			
7.55±0.16	9.64±0.16	10.69±0.11	0.31±0.01	2.34±0.10	14.20±0.25	1.8-2			
	23.66	44.92			20.80	Total< 2			
5.01±0.09	73.24±0.13	53.61±0.05	0.42±0.02	2.10±0.15	79.10±2.04	>2			
31.75±0.14	4.64±0.17	17.26±0.18	0.32±0.01	10.16±0.14	5.10±0.11	<1.6	2-0.25mm		
15.38±0.19	5.92±0.96	10.71±0.19	1.40±0.05	21.53±0.24	1.50±0.01	<1.6			
14.61±0.07	11.84±0.10	20.44±0.23	0.56±0.01	8.18±0.19	7.50±0.06	1.6-1.8			
5.98±0.07	22.89±0.11	16.18±0.20	0.56±0.01	3.35±0.04	14.50±0.2	1.8-2			
	45.29	64.59			28.60	Total< 2			
3.71±0.06	56.37±0.13	37.07±0.46	0.42±0.02	1.56±0.07	71.40±1.2	>2			
13.07±0.09	4.26±0.12	13.69±0.22	0.42±0.01	5.49±0.11	2.20±0.11	<1.6	0.25-0.053mm		
11.59±0.15	2.42±0.22	6.90±0.21	1.05±0.04	12.17±0.82	0.50±0.06	<1.6			
7.43±0.11	8.71±0.16	15.90±0.20	0.42±0.01	3.12±0.07	4.50±0.16	1.6-1.8			
4.41±0.05	9.91±0.07	10.60±0.20	0.22±0.02	0.97±0.03	9.60±0.81	1.8-2			
	25.30	47.09			16.80	Total< 2			
2.70±0.06	75.15±0.07	51.46±0.24	0.20±0.01	0.54±0.01	83.20±1.55	>2			
12.54±0.07	8.00±0.11	9.49±0.26	0.28±0.01	3.51±0.07	2.00±0.05	<1.6	<0.053mm		
11.19±0.10	4.17±0.08	4.39±0.31	0.58±0.02	6.49±0.03	0.50±0.03	<1.6			
11.14±0.12	10.80±0.15	11.39±0.33	0.14±0.01	1.56±0.05	5.40±0.12	1.6-1.8			
10.11±0.06	7.20±0.15	6.64±0.26	0.09±0.01	0.91±0.01	5.40±0.20	1.8-2			
	30.17	31.91			13.30	Total< 2			
9.67±0.18	69.36±0.19	68.58±0.02	0.06±0.01	0.58±0.02	86.70±1.35	>2			

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- اجزای جداشده ماده آلی در اندازه‌های مختلف خاکدانه‌های یک خاک جنگل طبیعی و ویژگی‌های آن‌ها در عمق ۴۰-۲۰ سانتی‌متری.

Table 2. Separated organic matter fractions in different aggregate sizes of a natural forest soil and their properties at a depth of 20-40 cm.

نسبت کربن به نیتروژن C:N of fractions	درصد نیتروژن اجزا در کربن کل خاک N in fractions, % of tot, soil N	درصد کربن اجزا در کربن کل خاک C in fractions, % of soil OC	درصد نیتروژن در اجزا %N in fractions	درصد کربن در اجزا %C in fractions	درصد وزنی خاک در اجزا % Soil Weight in fractions	اجزا Fractions	اندازه الک Sieve size	عمق Depth	نوع کاربری Land use
31.48±0.20	1.87±0.01	8.07±0.09	0.33±0.02	10.39±0.58	1.80±0.02	<1.6	>2 mm	20-40 cm	جنگل طبیعی Natural forest
31.55±0.22	1.07±0.01	4.57±0.05	0.42±0.02	13.25±0.32	0.80±0.01	<1.6			
10.70±0.11	9.87±0.12	14.30±0.25	0.91±0.05	9.74±0.09	3.40±0.05	1.6-1.8			
9.10±0.09	8.77±0.12	10.80±0.09	0.21±0.01	1.91±0.01	13.10±0.10	1.8-2			
	21.58	37.74			19.10	Total< 2			
5.77±0.05	79.45±0.87	62.60±0.52	0.31±0.02	1.79±0.01	80.90±1.01	>2			
21.19±0.18	4.35±0.06	11.68±0.10	0.42±0.02	8.90±0.05	3.00±0.03	<1.6	2-0.25mm		
18.61±0.14	3.48±0.06	8.21±0.05	1.12±0.06	20.84±0.12	0.90±0.01	<1.6			
18.73±0.15	9.07±0.09	21.31±0.15	0.52±0.04	9.74±0.06	5.00±0.05	1.6-1.8			
7.47±0.10	17.11±0.17	16.23±0.14	0.73±0.05	5.45±0.05	6.80±0.06	1.8-2			
	34.01	57.43			15.70	Total< 2			
5.32±0.07	65.26±0.34	43.11±0.24	0.22±0.01	1.17±0.01	84.30±1.02	>2			
13.93±0.15	3.43±0.05	8.92±0.09	0.28±0.01	3.90±0.02	1.80±0.02	<1.6	0.25-0.053mm		
13.44±0.14	2.96±0.05	7.43±0.09	0.87±0.05	11.69±0.04	0.50±0.01	<1.6			
10.26±0.10	10.48±0.11	19.82±0.14	0.38±0.02	3.90±0.03	4.00±0.03	1.6-1.8			
3.77±0.05	19.07±0.19	13.53±0.10	0.31±0.02	1.17±0.01	9.10±0.07	1.8-2			
	35.94	49.70			15.40	Total< 2			
4.27±0.05	64.46±0.47	50.31±0.26	0.11±0.01	0.47±0.01	84.60±1.12	>2			
9.43±0.11	11.25±0.10	7.01±0.05	0.14±0.01	1.32±0.02	3.00±0.04	<1.6	<0.053mm		
9.41±0.11	8.25±0.08	5.08±0.05	0.51±0.03	4.80±0.03	0.60±0.01	<1.6			
15.60±0.16	14.62±0.12	12.29±0.09	0.10±0.01	1.56±0.02	5.20±0.05	1.6-1.8			
6.12±0.10	23.40±0.16	9.53±0.07	0.17±0.02	1.04±0.02	5.20±0.05	1.8-2			
	57.52	33.91			14.00	Total< 2			
21.50±0.21	45.15±0.51	65.00±0.87	0.02±0.001	0.43±0.01	86.00±141	>2			

www.SID.ir

Archive of SID

مقدار کربن اجزا به‌صورت درصدی از کربن آلی کل در تمام خاکدانه‌ها به‌استثنای خاکدانه‌های ۰/۲۵-۲ میلی‌متر در اجزای با دانسیته کوچک‌تر از ۲ گرم بر سانتی‌مترمکعب کم‌تر از اجزای بزرگ‌تر از۲ گرم بر سانتی‌مترمکعب بود (جدول ۱). با افزایش دانسیته اجزا، نسبت C/N اجزا کاهش یافت و این نشان‌دهنده این است که اجزا سنگین‌تر از لحاظ نیتروژن غنی‌تر می‌باشند و یا به‌عبارت‌دیگر اجزا پوسیده‌تر می‌باشند. زیرا در اثر فرایند تجزیه کربن به شکل CO_2 خارج شده و نیتروژن به شکل (NH_4^+ و NO_3^-) در آن‌ها تجمع می‌نماید. هم‌چنین با کاهش اندازه خاکدانه مقدار C/N کاهش می‌یابد به‌طوری‌که موادآلی در خاکدانه‌های کوچک‌تر پوسیده‌تر و C/N آن‌ها کم‌تر است.

کاننت و همکاران (۲۰۰۴) با مطالعه تأثیر نوع کاربری بر اجزای کربن آلی در شمال شرق امریکا از جنگل به مرتع به این نتیجه رسیدند که POM در لایه سطحی خاک جنگلی (۳۷/۴ درصد) به‌طور معنی‌داری بیش از سایر کاربری‌ها بود (۷). نتایج جزءبندی اراضی شالیزار در هر دو عمق در جدول‌های ۳ و ۴ ارائه گردیده است. درصد بازیافت کربن حدود ۱۰۲-۹۹ درصد بود. در این کاربری نیز مانند کاربری قبل با افزایش دانسیته، وزن اجزا افزایش یافت. وزن جز با دانسیته بزرگ‌تر از ۲ گرم بر سانتی‌مترمکعب بیش‌تر از وزن جز با دانسیته کوچک‌تر از ۲ گرم بر سانتی‌مترمکعب بود. این وضعیت در هر دو عمق و در تمام اندازه خاکدانه‌ها قابل مشاهده بود. با افزایش دانسیته اجزا درصد کربن آلی کاهش یافت زیرا میزان موادمعدنی اجزا افزایش پیدا کرد. درصد کربن اجزا در تمام اندازه خاکدانه‌ها و در هر دو عمق در اجزای با دانسیته بزرگ‌تر از ۲ گرم بر سانتی‌مترمکعب بیش‌تر از سایر اجزا بود. نسبت کربن به نیتروژن نیز با افزایش دانسیته در تمام اندازه خاکدانه‌ها و عمق‌ها کاهش یافت (جدول‌های ۳ و ۴).

در تمام اندازه خاکدانه‌ها در اثر تغییر کاربری از جنگل طبیعی به شالیزار از مقدار کربن اجزا به‌صورت درصدی از کربن آلی خاک در اجزای با دانسیته کوچک‌تر از ۲ گرم بر سانتی‌مترمکعب کاسته و به مقدار کربن در جز با دانسیته بزرگ‌تر از ۲ گرم بر سانتی‌مترمکعب اضافه گردید (جدول‌های ۱ تا ۴). کاهش مقدار کربن در اجزای با دانسیته کوچک‌تر از ۲ از خاکدانه‌های بزرگ‌تر به‌سمت خاکدانه‌های کوچک‌تر کاهش یافت. به‌طوری‌که در خاکدانه‌های بزرگ (بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر) میزان کاهش مقدار کربن در اجزای با دانسیته کوچک‌تر از ۲ گرم بر سانتی‌مترمکعب در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر ۱۴۵ درصد و در خاکدانه‌های کوچک (کوچک‌تر از ۰/۰۵۳ میلی‌متر) میزان کاهش در اجزای با دانسیته کوچک‌تر از ۲ گرم بر سانتی‌مترمکعب در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر حدود ۶۷ درصد بود. میزان افزایش کربن در جزء با دانسیته بزرگ‌تر از ۲ گرم بر سانتی‌مترمکعب با رفتن از خاکدانه‌های بزرگ (بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر) به‌سمت خاکدانه‌های کوچک‌تر تا ۰/۲۵- ۰/۰۵۳ میلی‌متر افزایش یافت ولی میزان افزایش در خاکدانه‌های کوچک (کوچک‌تر از ۰/۰۵۳ میلی‌متر) کم‌ترین میزان بود (جدول ۱ تا ۴). حساس‌ترین جزء به تغییر کاربری جزء با دانسیته کوچک‌تر از ۱/۶ گرم بر سانتی‌مترمکعب (مواد آلی ذره‌ای آزاد و موادآلی ذره‌ای محبوس شده در خاکدانه‌ها) (POM) بود که به‌طور میانگین از جنگل طبیعی به شالیزار حدود ۲۶۵

www.SID.ir

Archive of SID

درصد کاهش یافت. مقاوم‌ترین جز به تغییر کاربری جزء با دانسیته بزرگ‌تر از ۲ گرم برسانتی‌مترمکعب (Clay associated POM) می‌باشد (جدول‌های ۱ تا ٤). این نتایج بیانگر آن است که طی فرایند تجزیه میکروبی بقایای گیاهی تازه و نیمه‌تجزیه‌شده که جزء با دانسیته کوچک‌تر از ۱/٦ گرم برسانتی‌مترمکعب ماده‌آلی خاک را تشکیل می‌دهند، ابتدا قسمت‌های سهل‌التجزیه ماده‌آلی تجزیه و مقداری از کربن آن به‌صورت گاز دی‌اکسیدکربن متصاعد و مقداری هم به زیست‌توده و متابولیت‌های میکروبی تبدیل و به سطح رس چسبیده و نسبت به تجزیه میکروبی مقاوم می‌گردد. متابولیت‌های میکروبی که به شکل کلوئیدی هستند در جز با دانسیته بزرگ‌تر از ۲ متمرکز می‌گردند. بنابراین برعکس جزء با دانسیته کوچک‌تر از ۱/٦ گرم بر سانتی‌مترمکعب که‌به‌طور پیوسته کربن و نیتروژن خود را بر اثر کشت و کار از دست می‌دهد. اجزای با دانسیته بزرگ‌تر از ۲ گرم برسانتی‌مترمکعب متابولیت و زیست‌توده میکروبی حاصل از تجزیه که به شکل کلوئیدی هستند، را دریافت می‌کنند، به همین دلیل سهم آن‌ها از کربن‌آلی و نیتروژن کل خاک ممکن است افزایش یابد. در اثر تغییر کاربری از جنگل طبیعی به شالیزار نسبت کربن به نیتروژن کاهش یافت (جدول‌های ۱ تا ٤). تان و همکاران (۲۰۰۷) غلظت کربن و نیتروژن را در بخش سبک و سنگین ماده‌آلی خاک و در خاکدانه‌ها در لایه ۲۰-۰ سانتی‌متری خاک برای ارزیابی نقش خاکدانه‌سازی در ترسیب کربن آلی در تیمارهای خاک‌ورزی سنتی، بدون خاک‌ورزی و جنگل تعیین کردند. خاک جنگل و بدون خاک‌ورزی در مقایسه با خاک با خاک‌ورزی سنتی به ترتیب ۱٦۷ و ۹۷ درصد بخش سبک بیش‌تری دارا بودند. مقدار بخش سبک با افزایش عمق خاک کاهش یافت، اما با افزایش اندازه خاکدانه‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. مقدار کربن در بخش سبک در همه کلاس‌های خاکدانه در تیمار بدون خاک‌ورزی و جنگل به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمار خاک‌ورزی سنتی بود. در تیمار خاک‌ورزی سنتی کربن بخش سنگین ۷٦ درصد و در تیمارهای جنگل و بدون خاک‌ورزی کربن بخش سنگین ٦۲ درصد از کل ذخیره کربن آلی خاک را تشکیل داد. این داده‌ها نشان می‌دهند که حفاظت خاکدانه‌ها از کربن آلی در خاک‌هایی که در آن‌ها آشفتگی کم‌تر است، بیش‌تر از آن‌هایی است که در آن‌ها آشفتگی زیادتر است (۲۵).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- اجزای جداشده مادهآلی در اندازه‌های مختلف خاکدانه‌های یک خاک شالیزار و ویژگی‌های آن‌ها در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری.

Table 3. Separated organic matter fractions in different aggregate sizes of a rice field and their properties at a depth of 0-20 cm.

نسبت کربن به نیتروژن C:N of fractions	درصد نیتروژن اجزا در کربن کل خاک N in fractions, % of tot, soil N	درصد کربن اجزا در کربن کل خاک C in fractions, % of soil OC	درصد نیتروژن در اجزا %N in fractions	درصد کربن در اجزا %C in fractions	درصد وزنی خاک در اجزا % Soil Weight in fractions	اجزا Fractions	اندازه الک Sieve size	عمق Depth	نوع کاربری Land use
14.04±0.12	0.71±0.05	2.61±0.03	0.25±0.01	3.51±0.02	0.90±0.06	<1.6	>2 mm	0-20 cm	
8.90±0.17	1.75±0.04	4.13±0.06	0.70±0.06	6.23±0.13	0.80±0.10	<1.6			
6.68±0.17	6.03±0.13	10.64±0.14	1.75±0.13	11.69±0.17	1.10±0.07	1.6-1.8			
6.15±0.09	4.48±0.15	7.26±0.11	0.95±0.02	5.84±0.09	1.50±0.06	1.8-2			
	12.97	24.64			4.30	Total< 2			
3.46±0.18	85.66±0.02	77.17±0.11	0.28±0.04	0.97±0.01	95.70±0.18	>2			
10.43±0.09	2.00±0.11	4.95±0.04	0.56±0.01	5.84±0.11	1.00±0.15	<1.6	2-0.25mm		
8.90±0.11	3.75±0.20	7.92±0.10	0.70±0.06	6.23±0.07	1.50±0.11	<1.6			
6.20±0.17	9.56±0.18	14.03±0.05	1.57±0.10	9.74±0.09	1.70±0.11	1.6-1.8			
5.56±0.16	8.00±0.11	10.56±0.17	1.40±0.06	7.79±0.14	1.60±0.06	1.8-2			
	23.31	37.46			5.80	Total< 2			
3.39±0.06	78.50±0.32	62.18±0.25	0.23±0.02	0.78±0.03	94.20±0.15	>2			شالیزار
8.86±0.12	2.36±0.06	4.73±0.15	0.22±0.01	1.95±0.42	1.70±0.11	<1.6	0.25-0.053mm		Rice field
5.53±0.12	4.93±0.13	6.30±0.11	0.47±0.02	2.60±0.06	1.70±0.11	<1.6			
6.96±0.09	4.78±0.12	7.65±0.19	0.70±0.06	4.87±0.07	1.10±0.06	1.6-1.8			
4.64±0.23	7.83±0.10	8.34±0.13	0.84±0.03	3.90±0.06	1.50±0.15	1.8-2			
	19.9	27.02			6.00	Total< 2			
4.00±0.15	81.74±0.02	74.67±0.20	0.14±0.01	0.56±0.01	94.00±0.10	>2			
6.50±0.11	1.77±0.06	2.76±0.15	0.06±0.01	0.39±0.01	1.70±0.06	<1.6	<0.053mm		
4.85±0.13	4.84±0.10	5.28±0.10	0.20±0.02	0.97±0.01	1.30±0.11	<1.6			
3.48±0.04	10.43±0.12	8.13±0.08	0.56±0.01	1.95±0.04	1.00±0.11	1.6-1.8			
2.79±0.12	10.43±0.12	6.50±0.11	0.56±0.02	1.56±0.06	1.00±0.07	1.8-2			
	27.47	22.67			5.00	Total< 2			
4.75±0.14	74.35±0.12	77.20±0.06	0.04±0.01	0.19±0.01	95.00±0.11	>2			

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- اجزای جداشده مادهآلی در اندازههای مختلف خاکدانههای یک خاک شالیزار و ویژگیهای آنها در عمق ٤٠-٢٠ سانتیمتری.

Table 4. Separated organic matter fractions in different aggregate sizes of a rice field and their properties at a depth of 20-40 cm.

نسبت کربن به نیتروژن C:N of fractions	درصد نیتروژن اجزا در کربن کل خاک C in fractions, % of soil OC	درصد کربن اجزا در کربن کل خاک C in fractions, % of soil OC	درصد نیتروژن در اجزا %N in fractions	درصد کربن در اجزا %C in fractions	درصد وزنی خاک در اجزا % Soil Weight in fractions	اجزا Fractions	اندازه الک Sieve size	عمق Depth	نوع کاربری Land use
21.67±0.28	0.27±0.05	1.84±0.05	0.09±0.01	1.95±0.03	0.80±0.04	<1.6	>2 mm	20-40 cm	
16.89±0.22	0.71±0.06	3.92±0.08	0.28±0.02	4.73±0.10	0.70±0.01	<1.6			
14.98±0.15	2.49±0.10	11.99±0.13	0.52±0.02	7.79±0.12	1.30±0.05	1.6-1.8			
9.29±0.14	2.29±0.10	6.92±0.13	0.42±0.03	3.90±0.09	1.50±0.05	1.8-2			
	5.76	24.67			4.30	Total< 2			
2.32±0.10	96.68±0.92	73.55±0.84	0.28±0.01	0.65±0.01	95.70±0.81	>2			
18.35±0.22	0.58±0.04	3.24±0.12	0.23±0.01	4.22±0.10	0.60±0.12	<1.6	2-0.25mm		
14.03±0.18	1.69±0.06	7.31±0.35	0.37±0.01	5.19±0.05	1.10±0.10	<1.6			
12.24±0.16	3.46±0.11	13.16±0.75	0.70±0.03	8.57±0.08	1.20±0.11	1.6-1.8			
9.24±0.12	3.15±0.11	9.07±0.15	0.59±0.03	5.45±0.04	1.30±0.12	1.8-2			
	8.88	32.78			4.20	Total< 2			
2.43±0.08	89.54±0.87	68.23±0.91	0.23±0.02	0.56±0.02	95.80±0.21	>2			شالیزار
16.33±0.22	0.55±0.05	2.29±0.08	0.03±0.01	0.49±0.08	2.50±0.08	<1.6	0.25-0.053mm		Rice field
11.58±0.20	1.85±0.08	5.24±0.08	0.12±0.03	1.39±0.12	2.00±0.09	<1.6			
10.03±0.14	3.05±0.08	7.26±0.15	0.35±0.05	3.51±0.14	1.10±0.05	1.6-1.8			
8.36±0.12	3.78±0.09	7.48±0.15	0.28±0.02	2.34±0.09	1.0±0.10	1.8-2			
	9.23	22.27			6.60	Total< 2			
3.46±0.08	92.70±0.91	78.49±0.76	0.13±0.01	0.45±0.01	93.40±0.41	>2			
8.00±0.12	1.46±0.08	1.79±0.06	0.03±0.006	0.24±0.01	1.70±0.03	<1.6	<0.053mm		
5.60±0.11	4.28±0.09	3.61±0.11	0.05±0.006	0.28±0.02	3.00±0.02	<1.6			
5.57±0.09	7.50±0.11	5.89±0.23	0.07±0.006	0.39±0.01	3.50±0.01	1.6-1.8			
5.33±0.09	5.95±0.08	4.21±0.28	0.06±0.005	0.32±0.01	3.00±0.01	1.8-2			
	19.19	15.50			11.20	Total< 2			
7.33±0.08	83.72±1.02	83.10±0.91	0.03±0.005	0.22±0.01	88.80±0.31	>2			

www.SID.ir

Archive of SID

بوجیلا و گالالی (۲۰۱۰) اثر نوع کاربری اراضی را بر مقدار کربن آلی خاک، مقدار POM و پایداری خاکدانه‌ها مطالعه کردند. تغییر کاربری اراضی از جنگل طبیعی به مرتع و زمین کشاورزی به‌طور معنی‌دار میزان کربن آلی خاک و کربن آلی ذره‌ای را کاهش داده بود (۲). دانگیت و همکاران (۲۰۱۲) نیز با مطالعه تأثیر تغییر کاربری بر اجزای ماده آلی بیان نمودند که جزء سبک (Light fraction) شاخص اولیه و بسیار حساس به تغییرات کوتاه‌مدت زمین می‌باشد (۸). نتایج مطالعات کالامبوکاتو و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که در کاربری جنگل که خاک به‌صورت دست‌نخورده باقی می‌ماند، وجود مقادیر بیش‌تر کربن آلی ذره‌ای مربوط به تجمع کربن است که توسط خاکدانه‌ها حفاظت می‌شوند. (۱۷). ساینپو و همکاران (۲۰۱۸)، مقدار بیش‌تر کربن آلی ذره‌ای درختچه‌زارها در مقایسه با اراضی مرتعی و کشاورزی را به مقادیر بیش‌تر لاشبرگ و برهم خوردن کم‌تر خاک نسبت دادند. آنان به‌طور غیرمنتظره‌ای کم‌ترین مقدار کربن‌آلی ذره‌ای را در مراتع مشاهده کردند و علت آن را چرای مفرط دام که منجر به ورود کم‌تر بقایای گیاهی به خاک می‌شود، عنوان نمودند (۲۳).

نتیجه‌گیری کلی

تغییر کاربری از جنگل بکر به اراضی شالیزاری تأثیر نامطلوب روی ذخیره کربن آلی خاک داشت و موجب کاهش کربن آلی در خاکدانه‌ها با اندازه مختلف شد. مقدار کاهش در خاکدانه‌های بزرگ بیش‌ترین و در خاکدانه‌های کوچک کم‌ترین مقدار بود در تمام اندازه خاکدانه‌ها در اثر تغییر کاربری از مقدار کربن اجزا به‌صورت درصدی از کربن آلی خاک در اجزای با دانسیته کوچک‌تر از ۲ گرم بر سانتی‌مترمکعب کاسته و به مقدار کربن در جز با دانسیته بزرگ‌تر از ۲ گرم بر سانتی‌مترمکعب اضافه گردید حساس‌ترین و مقاوم‌ترین جزء به تغییر کاربری به‌ترتیب جزء با دانسیته کوچک‌تر از ۱/٦ گرم بر سانتی‌مترمکعب (موادآلی ذره‌ای آزاد و موادآلی ذره‌ای محبوس شده در خاکدانه‌ها) و جز با دانسیته بزرگ‌تر از ۲ گرم بر سانتی‌مترمکعب می‌باشد. به‌طورکلی تخریب خاکدانه‌ها به‌ویژه تبدیل خاکدانه‌های بزرگ به کوچک موجب آزاد شدن کربن آلی حفاظت‌شده گردید. در اثر عملیات خاک‌ورزی تهویه خاک افزایش می‌یابد که آن موجب افزایش سرعت تجزیه بقایا می‌گردد.

تقدیر و تشکر

این مقاله منتج از پایان‌نامه دکتری اینجانب در گروه علوم خاک دانشگاه زنجان است و برای انجام این پایان نامه از امکانات دانشگاه زنجان استفاده شده است.

داده‌ها و اطلاعات

منبع و منشأ این مقاله مربوط به پایان‌نامه دکتری است که در تابستان ۹۸ در دانشگاه زنجان انجام شده است این مقاله از این پایان‌نامه منتج گردیده است.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافعی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

1. Amara, D.M.K., Koroma, S.A., Kamanda, P.J., Kamara, A.M. and Saidu, D.H. 2016. Effects of land use on soill organic carbon fraction in soils of Njala landscape in Sierra Leone. International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology. 1:4. 637-645.
2. Bouajita, A. and Gallali, T. 2010. Land use effect on soil and particulate organic carbon and aggregate stability in some soils in Tunisia. African Journal of Agricultural Research. 5: 8. 764-774.
3. Bremner, J.M. and Mulvaney, C.S. 1982. Nitrogen total. In: A.L. Page, Miller, R.H. and Keeney, D.R. (eds.). Methods of soil analysis. Part 2. Chemical analysis. American Society of Agronomy Inc. and Soil Science Society of American Inc. Madison, WI, pp. 595-624.
4. Canadell, J. and Noble, I. 2001. Challenges of a changing Earth. Trend Ecology and Evolution. 16: 12. 664-666.
5. Chaneton, E.J. and Lavado, R.S. 1996. Soil nutrients and salinity after long-term grazing exclusion in a flooding pampa grassland. Journal of Range Management. 49: 2. 182-187.
6. Christensen, E., Curbera, F., Meredith, G. and Weerawarana, S. 2001. Web services description language (WSDL) 1.1.of Soil and Water Resources Conservation. 5: 3. 14-25.
7. Conant, R.T., Six, J. and Paustian, K. 2004. Land use effects on soil carbon fractions in the southeastern United States. Changes in soil carbon fractions along a forest to pasture chronosequence. Biology and Fertility of Soils. 40: 194-200.
8. Dungait, J.A.J., Hopkins, D.W., Gregory, A.S. and Whitmore, A.P. 2012. Soil organic matter turnover is governed by accessibility not recalcitrance. Global Change Biology. 18: 1781-1796.
9. Fallahzade, J. and Hajabbasi, M.A. 2010. Evaluation of organic matter storage in aggregate of clayey soils under degreded pasture and cropland in central Zagros. Journal of Water and Soil Conservation. 17: 3. 181-194. (In Persian)
10. Fang, H.J., Cheng, S.L., Zhang, X.P., Liang, A.Z., Yang, X.M. and Drury, C.F. 2006. Impact of soil redistribution in a sloping landscape on carbon sequestration in Northeast China. Land degradation and development. 17: 1. 89-96.
11. Golchin, A., Oades, J.M., Skjemstad, J.O. and Clarke, P. 1994. Study of free and occluded particulate organic matter in soils by solid state 13C CP/MAS NMR spectroscopy and scanning electron microscopy. Soil Research. 32: 2. 285-309.
12. Golchin, A., Oades, J.M., Skjemstad, J.O. and Clarke, P. 1995a. Structural and dynamic properties of soil organic-matter as reflected by 13C natural-abundance, pyrolysis mass-spectrometry and solid-state 13C NMR-spectroscopy in density fractions of an oxisol under forest and pasture. *Soil Research*. 33: 1. 59-76.
13. Golchin, A., Clark, P., Oades, J.M. and Skjemstad, J.O. 1995b. The effects of cultivation on the composition of organic matter and structural stability of soils. Australian Journal of Soil Research. 33: 975-993.
14. Gregorich, E.G., Carter, M.R., Angers, D.A., Monreal, C.M. and Ellert, B. 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. Canadian Journal of Soil Science. 74:4. 367-385.
15. Jastrow, J.D. 1996. Soil aggregate formation and the accrual of particulate and mineral-associated organic matter. Soil Biology and Biochemistry. 28: 656-676.
16. Jastrow, J.D., Amonette, J.E. and Bailey, V.E. 2007. Mechanisms controlling soil carbon turnover and their potential application for enhancing carbon sequestration. Climatic Change. 80: 5-23.
17. Kalambukattu, J.G., Singh, R., Patra, A.K. and Arunkumar, K. 2013. Soil carbon pools and carbon management index under different land use systems in the Central Himalayan region. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science. 63: 3. 200-205.

www.SID.ir

Archive of SID

18. Kaykhah, E. and Niknahad Gharmakher, H. 2015. Impact of an alternative system on some soil properties as compared with forest and cropland systems. Journal of Water and Soil Conservation. 22: 2. 127-142.
19. Kemper, C.T., Osborne, R.L. and Bellows, J.C. 1985. U.S. Patent No. 4,517,468. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office. 7: 1-2. 133-138.
20. Moges, S. and Holden, M.N. 2008. Soil fertility in relation to slope position and agricultural land use: a case study of umbulo catchment in Southern Ethiopia. Environmental Management. 42: 753-763.
21. Nelson, R.E. 1982. Carbonate and gypsum. In: Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R. Methods of soil analysis. Part 2, Chemical and microbiological properties (2nd Ed). 2: 643-698.
22. Owji, A.R., Landi, A. and Hojati, S. 2017. Effects of grazing management on different froms of organic carbon in Peneti plain of Izeh area in Khuzestan province. J. of Water and Soil Conservation. 24: 3. 113-129. (In Persian)
23. Sainepo, B.M., Gachene, C.K. and Karuma, A. 2018. Assessment of soil organic carbon fractions and carbon management index under different land use types in Olesharo Catchment, Narok County, Kenya. Carbon balance and management. 13: 1. 1-9.
24. Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S. and Denef, K. 2004. A history of research on the link between micro aggregate, Soil biota and soil organic matter dynamics. Soil and Tillage Research. 79: 7-31.
25. Tan, Z., Lal, R., Owens, L. and Izaurralde, R.C. 2007. Distribution of light and heavy fractions of soil organic carbon as related to land use and tillage practice. Soil and Tillage Research. 92: 1-2. 53-59.
26. Wagai, R., Mayer, L.M. and Kitayama, K. 2009. Nature of the "occluded" low-density fraction in soil organic matter studies: a critical review. Soil Science and Plant Nutrition. 55: 1. 13-25.
27. Wen, D., He, N. and Zhang, J. 2016. Dynamics of soil organic carbon and aggregate stability with grazing exclusion in the Inner Mongolian grasslands. Plos one. 11: 1. e0146757.

www.SID.ir

Arc

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Research Full Paper

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 28(1), 2021
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2021.17258.3271

Change of physical fractions of soil organic carbon in different aggregate sizes in a natural forest soil after conversion to paddy rice field and determination of the most sensitive and resistant fractions to land use change

Z. Varasteh Khanlari[*1], A. Golchin[2] and P. Alamdari[3]
[1]Assistant Prof., Dept. of Soil Science, University of Malayer, [2]Professor, Dept. of Soil Science, University of Zanjan, [3]Assistant Prof., Dept. of Soil Science, University of Zanjan
Received: 10.16.2019; Accepted: 09.28.2020

Abstract

Background and Objectives: Human activities such as deforestation, conversion of natural ecosystems to farming, biomass burning, tillage and cultivation, grazing, fertilizer use have a significant and negative impact on soil organic carbon pool. In particular, the conversion of natural ecosystems to agriculture reduces soil organic carbon pools. Understanding the spatial distribution of organic carbon in soil is particularly important for understanding the role of soil in the global carbon system. Therefore, the purpose of the present study was to investigate the changes of total carbon and its components in different sizes of aggregates of a forest soil after conversion to paddy.

Materials and Methods: For this study, Poplar Research Station in Guilan province was selected. Soil samples were collected from two uses of forest and adjacent paddy fields at two depths (0-20 and 20-40 cm). The factors included land use type at two levels and soil depth at two levels that were studied in three replications. Therefore, the number of experimental treatments was 4, and by applying 3 replications, there were a total of 12 experimental units. In the soil samples, aggregates of different sizes (>2 mm, 2-0.25 mm, 0.25-0.053 mm and <0.053 mm) were separated and the amount of organic carbon in these aggregates was measured. Organic carbon was then densified based on density in different sizes of these aggregates.

Results: Investigation of organic carbon distribution in relation to aggregate size in two land uses showed that with increasing aggregate size, organic carbon content increase. The amount of organic carbon is 4.5 and 3.3 times higher in Populus natural forest and rice fields (average of two depths per use) in aggregates larger than 2 mm (larger aggregates) than smaller aggregates 0.053 mm, respectively. The amount of organic carbon in the aggregates decreased with the change from natural forest to paddy fields. However, the decrease was greater in aggregates larger than 2 mm and lowest in aggregates (0.25–0.053 mm). Results of soil organic carbon fractionation showed that percentage of soil weight in fractions increased with increasing density in two land use. This situation was visible in two depths and in all the aggregate sizes. By increasing the density of fractions, the concentration of organic carbon in the fractions decreased. The organic carbon content of the fractions as a percentage of organic carbon content of whole soil, in all the aggregate sizes, and in the fractions with density < 2 g cm^{-3} was smaller than those of fractions with density > 2 g cm^{-3}. In all of the aggregates, with increasing depth, organic carbon content of the fractions with density < 2 g cm^{-3} as a percentage of organic carbon content of whole soil decreased while those of the fractions with density of > 2 g cm^{-3} increased. By increasing the density of fractions, the C/N ratio of the fractions decreased. In all

* Corresponding Author; Email: z.khanlari93@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

of the aggregate, due to the change of land use from natural forests to rice field, organic carbon content of the fractions as a percentage of organic carbon content of whole soil, reduced in the fractions with density < 2 g cm^{-3} and increased in the fractions with density > 2 g cm^{-3} and this was more pronounced in aggregates of larger size. The most sensitive and resistant fractions to land use change were fraction <1.6 g cm^{-3} (free particulate organic matter and occluded particulate organic matter) and fraction > 2 g/cm^3 respectively. The ratio of carbon to nitrogen decreased as a result of land use change from natural forest to the rice field.

Conclusion: The change of land use and long-term cultivation in virgin forests and its transformation in rice field has changed organic carbon content of the fractions. The amount of free and occluded particulate organic matter in the aggregate (light fraction), which plays a very important role in the nutrition of the crop, was greatly reduced. This reduces the soil's health and the potential for carbon sequestration in the soil.

Keywords: Free particulate organic matter, Land use change, Occluded particulate organic, Organic carbon fractionation, Soil quality

www.SID.ir