تأثیر کوتاه و بلند مدت کاربرد زغال چوب بر خصوصیات خاک (مطالعه موردی در خاکهای جنگلی شمال ایران)

سید مصطفی عمادی
استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی منابع طبیعی ساری،
Email: mostafaemadi@gmail.com

چکیده

به منظور بررسی امکان توصیه فنی در زمینه کاربرد زغال چوب در خاکهای جنگلی شمال کشور، تغییرات خصوصیات خاک ناشی از حضور کوتاه و طولانی مدت زغال چوب (بایوچار) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد خاکهای غنی از زغال در دراز مدت (بیش از ۱۲۰سال)، در مقایسه با خاک شاهد و خاک تیمار شده با زغال چوب (۹۰ روز در رطوبت ظرفیت زراعی) دارای کیفیت خاک به مراتب بالاتر بوده به نحویکه مقدار و ذخیره کربن، وضعیت عناصر غذایی، ظرفیت تبادل کاتیونی، هدایت هیدرولیکی اشباع و ظرفیت آب قابل استفاده افزایش چشمگیر داشته است. بهبود کیفیت خاک و ترسیب مقدار زیادی از کربن در این خاکها میتواند ضمن مقابله با گرم شدن زمین، ویژگیهای مثبتی همانند خاکهای سیاه آمازون (تراپرتا) را داشته است، اگرچه از لحاظ پدوژنتیکی دارای تفاوتهای زیادی با این خاکهاست.

واژه های کلیدی: خاکهای جنگلی، زغال چوب، ترسیب کربن، کیفیت خاک، خاک سیاه

مقدمه

تغییر کاربری اکوسیستم های طبیعی به اکوسیستم های مدیریت شده، اگر به صورت مناسبی انجام نشود، اثرات زیانباری بر خصوصیات خاک دارد به گونه‌ای که قطع درختان جنگلی و تبدیل آن به اراضی کشاورزی باعث تخریب یا اختلال در اکوسیستم‌های طبیعی و کاهش ظرفیت تولید فعلی و آینده خاک را در پی دارد (کلیک و همکاران، ۲۰۰۵). تبدیل جنگل به اراضی کشاورزی معمولا با کاهش مقدار کربن آلی، مواد مغذی، تخریب ساختمان و افت کیفیت خاک همراه است (عمادی و همکاران، ۲۰۰۹). با توجه به اینکه خاک‌های جنگلی در اراضی مرتفع شمال ایران به علت فعالیت‌های متراکم و شدید کشاورزی تغییر کاربری یافته و تخریب شده، بنابراین یافتن یک راهکار مناسب برای مدیریت خاک، امری حیاتی می‌باشد. خاک‌های تیره مناطق استوایی که دارای ماده آلی فراوان و پتانسیل ذخیره کربن بالایی هستند، به عنوان موضوع تحقیقاتی مهمی مورد توجه محققان قرار گرفته است. منشا زمین‌های دارای افق‌های سطحی تیره رنگ، به منطقه آمازون بر می‌گردد و این خاکها در منطقه مورد نظر به نام Terra preta de indio (تراپرتا) شناخته می‌شوند که از طریق استفاده از تکنیک‌های بریدن و زغال کردن جنگلها و درختان، خاک سیاه را ایجاد کرده اند (گلیسر و بریک، ۲۰۱۳؛ لمان و همکاران، ۲۰۰۹). ویدنر و همکاران (۲۰۱۵) بیان داشتند خاکهای تراپرتا به علت داشتن ماده آلی بالا، امروزه به عنوان مدلی جهت حاصلخیزی پایدار و ترسیب طولانی مدت کربن در مناطق حاره هستند و در مقابله با افزایش رشد جمعیت، که منجر به افزایش تقاضای محصول و افت کیفیت خاک میشود، اثرات سودمندی خواهد داشت. به استثنای مواردی که در بلژیک، استرالیا و آلمان گزارش شدند، مطالعات انجام شده در خصوص اثرات دراز مدت کربن سیاه بر خاک‌های مناطق غیر حاره به ندرت دیده می‌شود. هرناندز-سوریانو و همکاران (۲۰۱۶) بیان کردند که زمین‌هایی با لکه‌های سیاه غنی از زغال چوب در بلژیک که از زمان تولید زغال چوب در آنها بیش از ۷۵۰ سال می‌گذرد، نسبت به خاک‌های مجاور از لحاظ مقدار کربن آلی، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مناسبتر هستند.

در ایران انجام تحقیقاتی که نشان دهنده‌ی تاثیر طولانی مدت زغال چوب بر روی خصوصیات خاک‌ها چه در مناطق معتدله، خشک و نیمه خشک شمال ایران باشد، ضروری به نظر می‌رسد. با این حال تاکنون هیچ کار تحقیقاتی در خصوص تاثیرات افزودن زغال چوب حاصل از ساخت بشر در مدت طولانی بر روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکها در ایران انجام نشده است. از آنجا که انجام آزمایشات آزمایشگاهی طولانی مدت (چند دهه) برای تاثیر کاربرد زغال چوب(بایوچار) بر روی خاک‌های مناطق شمال ایران با اقلیم مدیترانه‌ای عملا غیر قابل اجرا میباشد، بنابراین مطالعه خاک‌هایی که در مکان‌های تولید زغال چوب هستند به ما در درک بهتر تاثیرات بلند مدت زغال چوب (بایوچار) بر خصوصیات خاک کمک میکند. مکان‌هایی در استان مازندران مانند ارتفاعات منطقه گلوگاه شهرستان بابل وجود دارد که زغال چوب و بقایای کوره‌های تولید زغال چوب در سالیان گذشته را مرتبا به خاک آن منطقه اضافه میکردند که امروزه آن خاک‌ها کاربری‌های مختلفی از جمله جنگل، زمین زراعی و باغی دارند و از لحاظ ظاهری بسیار تیره هست. لذا هدف از این تحقیق، بررسی اثرات طولانی مدت (بیش از یک قرن) حضور زغال چوب بر برخی خصوصیات خاکهای جنگلی شمال کشور در ارتفاعات شهرستان بابل استان مازندران در مقایسه با کاربرد کوتاه مدت کاربرد زغال چوب می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مشخصات کلی منطقه

این مطالعه در استان مازندران و در ارتفاعات کوهستانی و پوشیده از جنگلهای راش و ممرز در جنوب شهرستان بابل در منطقه گلوگاه با موقعیت جغرافیایی"۳۸ '۳۸ °۵۲ شرقی و"۵۰ '۱۶ °۳۶ شمالی با ارتفاع ۶۰۰ متر از سطح دریا صورت گرفت. خاک‌های موجود در این مکان عمدتا از نهشته های رسوبی آهکی و سنگ آهک نشات گرفته اند. در این منطقه رژیم دمایی و رطوبتی خاک براساس نرم افزار نیوهال به ترتیب ترمیک و یودیک است. در جنگل‌های مرتفع جنوب شهرستان بابل، مکان‌های تاریخی تولید زغال چوب وجود دارد که در دوره قاجار تولید انبوه زغال برای شهر تهران را انجام می‌دادند. در این مکانها باقیمانده زغال و در برخی مواد بسترهای کوره‌ها را در زمین‌های (جنگلهای) اطراف پخش می‌کردند و افراد بومی این بقایا را با خاک مخلوط کرده و این اراضی برای کشت دیم و یا از این اراضی برای تولید محصولات باغی استفاده میکردند. در این مطالعه ناحیه‌ای که در آن خاک سیاه شناسایی شد، منطقه‌ای در حدود ۲ هکتار بوده که دست نخورده و کاربری فعلی آن جنگل اما در گذشته تحت کشت گندم دیم بوده است. خاک‌های تیره موجود در این منطقه براساس تحقیقات محلی به بیش از ۱۲۰ سال پیش بر می‌گردد، که در آن زمان مواد زغالی شده و بقایای حاصل از مکان‌های تولید زغال چوب، به حال خود رها شده و نقاط سیاهی در سطح زمین در حدود ۲ تا ۳ هکتار را به وجود آورده اند. به منظور بررسی اثر کوتاه مدت کاربرد زغال بر خصوصیات خاک جنگلی (شاهد)، زغال چوب تهیه شده از کوره‌های تولید زغال سنتی از درختان راش و ممرز منطقه تهیه و به نسبت ۵ گرم در کیلوگرم به خاکها (خاکهای برداشته شده از دو عمق ۰-۲۰ و ۲۰-۴۰ سانتیمتر) اضافه و بعد از انکوباسیون به مدت ۹۰ روز در رطوبت مزرعه، برای آنالیزهای مربوطه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته شد.

نمونه برداری و آنالیزهای خاک

به منظور شناسایی و کمی کردن تغییرات خصوصیات خاک در خاکهای سیاه جنگلی (که در حدود ۱۲۰ سال گذشته به آن زغال چوب‌های غالب منطقه از چوب درختان راش و ممرز) و همچنین اثرات کوتاه مدت کاربرد زغال به خاکها نسبت به خاک شاهد (خاک جنگلی) نمونه های خاک دست‌خورده و دست‌نخورده از دو عمق ۰-۲۰ و ۲۰-۴۰ سانتیمتر (مشابه عمق نفوذ زغال چوب در خاک) برداشته شد. نمونه های خاک جهت آزمایشهای فیزیکوشیمیایی هوا خشک و پس از کوبیده شدن از الک ۲ میلی متری عبور داده شدنداسیدیته (pH) در حالت گل اشباع با استفاده از دستگاه pH متر، قابلیت هدایت الکتریکی[1] (EC) با دستگاه هدایت سنج الکتریکی (پیچ و همکاران، ۱۹۸۷) اندازه گیری شد. برای اندازه گیری مقدار کربن

[1] -Electrical conductivity

آلی کل[۲] (TOC)، در ابتدا برای از بین بردن کربن معدنی (کربناتها) نمونه های خاک با اسید کلریدریک ۱ مولار مخلوط شدند و بعد از شستشو با آب مقطر خشک شده و مقدار کربن آلی کل با دستگاه CHN آنالایزر تعیین گردید. برای افقهایی که دارای کربن سیاه (زغال) بودند در ابتدا با روش برودوسکی و همکاران (۲۰۰۶) مقدار کربن سیاه (زغال) محاسبه شد و از مقدار کربن آلی کل بدست آمده با دستگاه CHNS، کم شد تا مقدار کربن آلی طبیعی خاک بدست آید. ذخیره یا تراکم کربن آلی خاک[۳] در هر متر مربع با در نظر گرفتن مقدار کربن آلی طبیعی، وزن مخصوص ظاهری و ضخامت خاک محاسبه شد. ازت کل[۴] (TN) به وسیله دستگاه کلدال (وسترمن، ۱۹۹۰)، ظرفیت تبادل کاتیونی[۵] (CEC) به روش چاپمن (۱۹۶۵) و کلسیم، منیزیم، پتاسیم و سدیم قابل تبادل با روش جایگزینی با استات آمونیوم و با دستگاه فلیم فتومتر تعیین گردید (وسترمن، ۱۹۹۰). فسفر قابل جذب نیز بوسیله روش اولسن محاسبه شد. مقدار آب قابل استفاده با کسر ظرفیت زراعی از نقطه پژمردگی دائم با دستگاه صفحات فشاری اندازه گیری شد. هدایت هیدرولیکی اشباع و وزن مخصوص ظاهری در نمونه های دست نخورده در دو عمق اندازه گیری شد.

نتایج و بحث

خلاصه نتایج حاصل از میانگین خصوصیات خاک متاثر از حضور کوتاه و بلند مدت زغال چوب در جدول ۱ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده میشود با کاربرد کوتاه مدت زغال چوب حاصل از درختان ممرز و راش، پی اچ و هدایت الکتریکی را افزایش داده و کاتیونهای بازی نیز به شدت افزایش یافته است و ترسیب کربن در طول ۹۰ روز چندان جدی نبوده است. بیشترین میزان pH با میانگین ۷/۶ در لایه دوم (۲۰-۴۰ سانتیمتر) خاک غنی از زغال و کمترین میزان pH در افق سطحی خاک جنگل مشاهده شده است (جدول ۱). گلیسر و بریک (۲۰۱۲) افزایش pH در خاک سیاه منطقه آمازون (تراپرتا) را به غلظت نسبتا بالای کلسیم و منیزیم تبادلی موجود در زغال چوب نسبت دادند. نواک و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که بایوچارها غنی از کاتیون‌هایی مانند کلسیم، پتاسیم، منیزیم و سدیم هستند که در طول فرایند پیرولیز می‌توانند تبدیل به اکسیدهای قلیایی و یا کربنات‌ها شوند و پس از انتشار این اکسیدها در محیط زیست، با هیدروژن و گونه‌های آلومینیوم واکنش دهند و منجر به افزایش pH خاک شوند. روند جزئی افزایش pH در خاک سیاه در این مطالعه نسبت به خاک‌های مجاور تا عمق تقریبی ۴۰ سانتی متر دیده میشود. مقدار قابلیت هدایت الکتریکی در هر دو عمق خاک تیماره شده با زغال بیشتر از خاک سیاه و شاهد بوده است (جدول ۱). آبشویی نمکها و مواد محلول در خاک سیاه، احتمالا منجر به کاهش EC در این خاکها شده است زیرا با افزایش خاکدانه‌سازی در خاک سیاه منطقه مورد مطالعه، هدایت هیدرلیکی اشباع نیز افزایش چشمگیر داشته که تایید کننده این امر میباشد. از طرفی بارش مناسب در این منطقه موجب آبشویی خاک شده و شرایط برای شستشوی هرچه بیشتر خاک و کاهش اثرات مضر افزایش pH و EC اضافه کردن زغال چوب را فراهم کرده است. بر طبق گزارش ویدنر و همکاران (۲۰۱۵) مقدار EC در خاک سیاه شمال آلمان، پایین تر از خاکهای جنگلی مجاور بوده است.

در بررسی پروفیل خاک سیاه، خاک جنگلی و خاک زراعی مجاور (نتایج آورده نشده است)، افق A خاک سیاه غنی از زغال با تیره‌ترین رنگ (۷۸/۴ g/kg) بیشترین مقدار کربن آلی کل را داشته است (شکل ۲). این روند در مقدار کربن آلی طبیعی و همچنین ذخیره کربن آلی نیز وجود داشته است. به نظر می‌رسد که زغال چوب از طریق حفاظت فیزیکی و شیمیایی منابع کربن آلی خاک، نرخ معدنی سازی کربن را کاهش داده و منجر به تجمع و ترسیب کربن در یک قرن گذشته شده است. ویدنر و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که مواد آلی زغالی شده منجر به افزایش سطوح بالای مواد آلی و به خصوص فرمهای مستحکم مواد آلی از نظر شیمیایی شده، که آن را می‌توان به پایداری ذاتی شیمیایی و بیوشیمیایی ترکیبات گروه آروماتیک زغال چوب مرتبط دانست. اکسید شدن سطوح زغال چوب و متعاقبا تشکیل گروه های عاملی حاوی اکسیژن

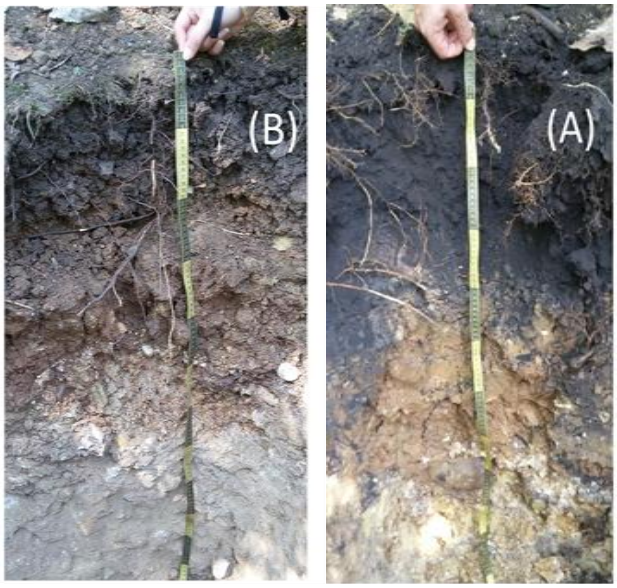
[2] -Total organic carbon
[3] - Soil organic carbon stocks
[4] -Total nitrogen
[5] -Cation exchange capacity

در طی یک قرن، میتواند جذب و ترسیب کربن آلی محلول خاک را در پی داشته باشند. در ضمن زغال چوب دارای سطح ویژه بالایی درونی است که میتواند مواد آلی قرار گرفته در آن را از تجزیه و اکسیداسیون محافظت کند. دوونی و همکاران (۲۰۱۱) بین داشتند خاک سیاه (شبیه تراپرتا) در استرالیا قادر به ذخیره کربن به مقادیر بسیار بیشتری نسبت به خاک‌های اطراف بوده اند که با نتایج و مشاهدات این تحقیق نزدیک بوده که نیاز به اثبات و تکرار در سایر نقاط کشور می‌باشد.

جدول ۱. مقایسه میانگین برخی خصوصیات خاکهای سیاه، خاک تیمار شده با زغال چوب و خاک جنگلی (شاهد)

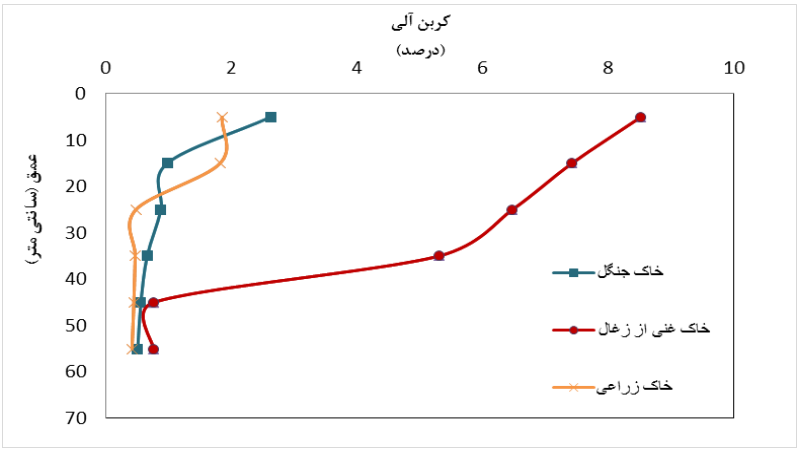
خصوصیات خاک	خاکهای سیاه		خاک تیمار شده با زغال چوب	خاک جنگلی (شاهد)	
	۲۰-۰ سانتیمتر	۴۰-۲۰ سانتیمتر	۲۰-۰ سانتیمتر	۲۰-۰ سانتیمتر	۴۰-۲۰ سانتیمتر
pH	۷/۱۰ b	۷/۲ b	۷/۵a	۶/۴۸ c	۶/۶ c
EC (dS m^{-1})	۰/۴۶ c	۰/۴۸ c	۱/۵ a	۰/۶۶ b	۰/۶۱ b
کربن آلی کل (g/kg)	۷۸/۴ a	۲۱/۹ b	۲۸/۲ b	۲۷/۲ b	۸/۲ c
کربن آلی طبیعی کل (g/kg)	۵۶/۷ a	۸/۹ c	۲۳/۲ b	۲۲/۹b	۷/۱ c
ذخیره کربن آلی (kg/m^2)	۱۵/۶ a	۴/۶ c	–	۶/۲ bc	۲/۲ c
نیتروژن کل(٪)	۶/۰۸ a	۱/۸۳ c	۳/۸ b	۳/۷۷ b	۰/۷۸ c
فسفر قابل جذب (mg/kg)	۲۰/۱ a b	۶/۵ c b	۱۱/۱ b	۱۰/۸ b c	۵/۴ c c
کلسیم تبادلی (mg/kg)	۹۱۵۲/۴ b	۸۳۷۶/۹ b	۱۰۲۵/۱ a	۵۲۴۵/۰ c	۵۹۴۳/۷ c
منیزیم تبادلی (mg/kg)	۲۴۵۲/۴	۱۶۶۰/۸	۲۴۵۲/۵ a	۱۴۸۴/۳	۱۸۰۱/۳
پتاسیم تبادلی (mg/kg)	۲۳۹/۹ a	۱۹۵/۵ b	۲۰۹/۴ b	۱۹۲/۷ b	۱۵۰/۵ c
سدیم تبادلی (mg/kg)	۱۸۶/۶ b	۱۷۱/۴ b	۲۲۰/۵ a	۱۴۵/۶ c	۱۷۲/۰ b
ظرفیت تبادل کاتیونی (meq/100gr)	۵۹/۲ a	۴۴/۶ b	۴۴/۴ b	۴۳/۸ b	۳۰/۱ c
وزن مخصوص ظاهری (gr/cm^3)	۱/۰۰ c	۱/۱۳ b	–	۱/۱۴ b	۱/۳۴ a
ظرفیت آب قابل استفاده (٪)	۲۲/۳ a	۱۷/۶ b	۱۸/۵ b	۱۶/۶ b	۱۴/۹ c
هدایت هیدرولیکی اشباع (cm/h)	۸/۷ a	۵/۷ b	–	۵/۷ b	۳/۷ c

نیتروژن کل در لایه سطحی خاک غنی از زغال، در مقایسه با افقهای سطحی خاکهای جنگل و خاک تیمار شده با زغال بالاتر بوده است (جدول ۱). با توجه به بالا بودن کربن آلی در خاک غنی از زغال، مقدار نیتروژن که همبستگی بالایی با کربن آلی خاک دارد در این خاک نیز افزایش یافت. بورچارد و همکاران (۲۰۱۴) بالا بودن نیتروژن مشاهده شده در خاکهای سیاه را به کاهش آبشویی نیترات و یا به چرخه کارآمدتر نیتروژن در خاک سطحی غنی از زغال چوب نسبت دادند. بیشترین مقدار پتاسیم تبادلی در لاسه سطحی خاک غنی از زغال مشاهده شده است (جدول ۲). مقادیر بالای پتاسیم موجود در بقایای گیاهی و در زغال حاصل از آنها می تواند تاثیر مهمی بر وضعیت پتاسیم خاک ها داشته باشد. همچنین ماده آلی با ورود در محل های بین لایه ای و تولید اسید های آلی موجب تبدیل بیشتر اسمکتیت به ورمی کولایت شده که با توجه به ظرفیت تبادل کاتیونی و ماده آلی بالا فراهمی پتاسیم تبادلی را در خاک افزایش می دهد. نتایج تحقیقات بورچارد و همکاران (۲۰۱۴) در خاک با بافت رسی در آلمان نشان داد حضور دراز مدت کربن سیاه یا زغال، موجب افزایش کربن آلی خاک شده و باعث افزایش ذخایر نیتروژن، نیتروژن نیتراته و پتاسیم شد.



شکل ۱- پروفیل های حفر شده در دو کاربری مختلف (A) خاک غنی از زغال، (B) خاک جنگل

ظرفیت تبادل کاتیونی در لایه سطحی خاک غنی از زغال بیشترین مقدار بدست آمد. به نظر می‌رسد بایوچار نه تنها مسئول پایداری و ثبات طولانی مدت ماده آلی است، بلکه سبب بالا بردن CEC در خاک های غنی از زغال در طولانی مدت نیز می‌باشد. ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و نگهداشت بالای عناصر غذایی در خاکهای غنی از زغال می تواند ناشی از مکان‌های تبادلی زیادی باشد، که در صورت بالا بودن سطح ماده آلی خاک و به خصوص غلظت بایوچار و افزایش بار سطحی منفی (در نتیجه وجود گروه های عاملی کربوکسیلی و فنولی فراوان) به وجود آمده است. خاک‌های سیاه منطقه مورد مطالعه، به دلیل ماده آلی زیادتر و همچنین فراوانی بیشتر کانی ورمیکولایت (نتایج در اینجا نشان داده نشده) نسبت به خاکهای جنگل و تیمار شده با زغال دارای ظرفیت تبادل کاتیونی بالاتری هستند.



شکل ۲- تغییرات عمقی مقدار کربن آلی طبیعی خاک در سه نیمرخ با کاربری های مختلف در منطقه مورد مطالعه

به طور کلی، نتایج نشان داد خاکهای غنی از زغال در مقایسه با خاک جنگلی و خاک تیمار شده با زغال در مدت ۹۰ روز، دارای رنگی بسیار تیره، ساختمان مناسبتر، افق سطحی ضخیمتر، کربن آلی و نیتروژن کل بیشتری است. افزودن زغال چوب از گذشته در این خاکها، سبب افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی به واسطه افزایش ظرفیت ذخیره کربن خاک و همچنین ایجاد شرایط برای پایداری و افزایش فراوانی نسبی کانی ورمیکولایت شد. خاک غنی از زغال، به علت داشتن خصوصیات افق پرتیک، به عنوان خاک سیاه در این تحقیق معرفی شده و شباهت‌های زیادی با خاک‌های تراپرتای مناطق حاره از نظر ذخیره بالای

کربن آلی داشته اما از لحاظ پدوژنتیکی تفاوتهای زیادی با آن دارد. البته این خاک شرایط لازم برای قرارگیری در گروه آنتروسول در سیستم WRB را ندارد. به طور کلی می‌توان بیان داشت اگر چه تغییر کاربری از جنگل به زمین زراعی، با افت کیفیت خاک همراه است، ولی افزودن زغال چوب به خاک، به علت داشتن کربن آلی زیاد و پیوند های مستحکم، موجب ترسیب کربن خاک زیادی در خاکهای این منطقه شد. این امر، دیدگاه جدیدی را در خصوص اثرات مثبت طولانی مدت کاربرد زغال چوب، به عنوان یک عملیات مدیریتی پایدار جایگزین و به صرفه، جهت ترسیب مقادیر زیاد کربن و بهبود کیفیت خاک، در خاک‌های جنگلی فراهم کرده است که نیاز به مطالعات بیشتر در مکانهای مختلف ایران برای تصدیق این نتایج در کل کشور می‌باشد.

منابع

Borchard N., Ladd B., Eschemann S. and Hegenberg D. 2014. Black carbon and soil properties at historical charcoal production sites in Germany. Geoderma 232-234: 236-242.

Brodowski S., Rodionon A., Haumaier L., Glaser B. and Amelung W. 2005. Revised black carbon assessment using benzene polycarbonxylic acids. Organic Geochemistry 36: 1299-1310.

Celik. 2005. Land use effect on organic matter and physical properties of soil in a southern Mediterranean highland of Turkey. Soil Tillage Research 83: 270-277.

Chapman, H. D. 1965. Cation exchange capacity. In: methods of soil analysis. Part 2. Black, c. A. (ed.). ASA. Richards, L.A. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. USDA Hand b. No. 60. U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC. 160 p.

Downie A. E., Zwieten L. V., Smernik R. J., Morris S. and Munroe P. R. 2011. Terra preta astralis: Reassessing the carbon strage capacity of temperate soil. Agriculture, Ecosystems and Environment 140: 137-147.

Emadi M., Baghernejad M. and Memarian H. R. 2009. Effect of land use change on soil fertility characteristics within water-stable aggregates of two cultivated soil in northern Iran. Land Use Policy 26: 452-457.

Glaser B. and Brik J.J. 2012. State of the scientific knowledge on properties and genesis of anthropogenic dark earths in central Amazonia (terra preta de Indio). Geochimical et Cosmochimica Acta 82: 39-52.

Hernandez-Soriano M. C., Kerrer B., Goos P., Hardy B., Dufey J., Smolders E. 2016. Long-term effect of biochar on the stabilization of recent carbon : soils with historical inputs on charcoal. Bioenergy 8: 371-381.

Lehmann J. 2009. Terra preta nova- where to from here? In: woods. Teixeira W.I., Lehmann W.G., Steiner C., Prins A. W. Amazonian dark earths: win sombrok s vision. Springer 473-486.

Novak J. M., Busscher J. W., Laird D. L., Ahmedna M. D. W., Watts M. A. and Niandou S. 2009. Impact of biochar amendment on fertility of a southeastern coastal plain soil. Soil Science. 174: 105-112.

Page M. C., Sparks D. L., Woll M. R. and Hendricks G. J. 1987. Kinetics and mechanisms of potassium release from sand middle Atlantic costal plain soils. Soil Science Society of American Journal 51: 1460-1465.

Wiedner K., Schneeweiß J., Dippold M.A., Glaser B. 2015. Anthropogenic Dark Earth in Northern Germany, The Nordic Analogue to terra preta de Índio in Amazonia. Catena 132: 114-125.

Effect of short and long term application of charcoal on soil properties (a case study in Forest soils of northern Iran)

Seyed Mostafa Emadi
Assistant Professor, Soil Science Department, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

Abstract
In order to investigate the possibility of technical recommendation of charcoal application in forestlands of northern Iran, the changes of soil properties induced by short (90 days in the moisture of field capacity) and long-term (more than 120 years) presence of charcoal in forest soils of Galoogah area in Babol city (Mazandaran province) was studied. Results of this study shows that the historical enriched charcoal soils has had significantly higher quality in such a way that the content and soil carbon, nutrient status, cation exchange capacity, saturated hydraulic conductivity and available water capacity is surprisingly increased. The results of this study provide new insights and strongly support for the long-term benefits of charcoal application as a management strategy for improving soil productivity as well as sequestering large quantities of durable carbon in soils of the region and fight global warming.

Keywords: Forest soils, Charcoal, Carbon sequestration, Soil quality, Black soils