

بررسی تأثیر تغییر کاربری دیمزار کم‌بازده به مدیریت جنگل زراعی بر ویژگی‌های فیزیکی ذخیره کربن آلی خاک

یحیی پرویزی^{۱*}، منوچهر گرجی^۲، رامین حسینی جودکی^۳ و خسرو پرویزی^۴

^۱استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، کرمانشاه

^۲دانشیار گروه خاک‌شناسی، دانشگاه تهران، کرج

^۳دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه خاک‌شناسی، دانشگاه تهران، کرج

^۴استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان، همدان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۸/۳۰)

چکیده

عامل انسانی از عواملی است که می‌تواند با نحوه مدیریت همانند تغییر پوشش گیاهی، یا نوع استفاده از اراضی، و تأثیر بر مقدار کربن آلی و موجودات زنده خاک، در تشکیل و تکامل خاک اثرگذار باشد. در این پژوهش اثر تغییر کاربری دیمزارها به مدیریت جنگل زراعی بر ویژگی‌های کمی و کیفی ذخایر کربن آلی خاک بررسی شد. به این منظور تغییر کاربری دیمزار به جنگل زراعی با دیگر الگوهای کشت دیمزارها از جمله الگوی سنتی لگوم غلات با خاک‌ورزی متوسط و دیگر الگوهای کشت نظیر خاک‌ورزی متراکم و سوزاندن بقایا مقایسه شد. نتایج نشان داد که اجزای کربن سبک آزاد و درون خاکدانه‌ای در سامانه جنگل-زراعی بیش از دو برابر دیمزارهای با کمینه خاک‌ورزی و تناوب گونه‌های لگوم و بیش از ده برابر همین اجزای کربن در سامانه‌های خاک‌ورزی شدید همراه با کلش‌سوزانی است. مقادیر کربن آلی ذره‌ای بزرگ‌تر از ۲۵۰ میکرون، کربن آلی ذره‌ای بین ۵۳ تا ۲۵۰ میکرون و کربن آلی کوچک‌تر از ۵۳ میکرون به ترتیب در مزارع دیم جنگل زراعی ۳/۷، ۴/۶ و ۲۲ گرم در کیلوگرم خاک بود. این در حالی است که مقادیر این اجزای کربن در دیمزارهای با خاک‌ورزی شدید و کلش‌سوزانی به طور متوسط به ترتیب ۰/۲، ۰/۳ و ۴ گرم در کیلوگرم خاک بودند. بدین ترتیب تغییر کاربری اراضی از دیمزار به ویژه دیمزار کم‌بازده به جنگل-زراعی ضمن حفظ و ارتقای ذخایر کربن آلی خاک، دوره برگشت و تصاعد کربن به اتمسفر را طولانی‌تر می‌کند و در حفظ تعادل بیلان کربن اتمسفر و بیوسفر بسیار مؤثر است.

واژه‌های کلیدی: جزءبندی کربن آلی، جنگل-زراعی، کربن آلی درون خاکدانه‌ای، مدیریت خاک.

مقدمه و هدف

مدیریت و استفاده‌های مختلف از اراضی مانند مرتع، کشاورزی و غیره می‌تواند آثار متفاوتی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک داشته باشد. گنجاندن لگوم‌های درختچه‌ای، در سامانه‌های کشاورزی، فرسایش خاک را کاهش می‌دهد و سبب بهبود بهره‌وری خاک می‌شود. کاربری زراعت-جنگل، مواد آلی خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد و در مقایسه با سامانه‌های معمول کشاورزی خاک‌دانه‌سازی را بهبود می‌بخشد (Atsivor et al., 2001).

ذخیره کربن آلی یکی از ویژگی‌های مهم خاک است و تحت تأثیر مدیریت انسان همانند نوع کاربری و کشت‌وکار، مدیریت بقایای گیاهی، نوع و شدت خاک‌ورزی، می‌تواند تغییر کند. شخم می‌تواند کربن آلی خاک را در لایه سطحی، زیر و رو کند و سرعت تجزیه آن را افزایش دهد، از دست دادن کربن آلی موجب کاهش حاصلخیزی خاک می‌شود و می‌تواند در درازمدت تولید محصول را کاهش دهد (Martens, 2000). عملیات مدیریتی موثر در افزایش ذخیره کربن آلی شامل تغییر کاربری اراضی (از زراعت به مرتع و یا جنگل)، در کنار آن زراعت-جنگل، بهبود سامانه کشت‌وکار (از طریق مدیریت تناوب و بهینه‌سازی عملیات زراعی)، کاهش خاک‌ورزی و به‌کار بستن سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی و مدیریت بقایا، توزیع مناسب دام و استفاده از گونه‌های لگوم است (Smith et al., 2012).

اثر مدیریت خاک و مزرعه نظیر نظام خاک‌ورزی، تناوب و مدیریت بقایا در کمیت و کیفیت کربن آلی خاک در مطالعات مختلفی بررسی شده است (Lemek et al., 2010; Smith et al., 2012). Fernandez et al. (2010) تأثیر طولانی‌مدت روش بی‌خاک‌ورزی را در مقایسه با خاک‌ورزی سنتی بر محتوای کربن در آرژانتین بررسی کردند. نتایج نشان داد که خاکدانه‌های بزرگ در سطح خاک تحت سامانه بی‌خاک‌ورزی دارای ۸/۲ گرم بر کیلوگرم کربن

بیشتر نسبت به خاک‌ورزی سنتی بودند. ازاین‌رو خاکدانه‌های با اندازه متوسط و ریز، کمتر تحت تأثیر خاک‌ورزی قرار می‌گیرند. (Salvo et al., 2010). تحقیقی را با هدف مقایسه تأثیر مدیریت‌های مختلف خاک بعد از ده سال بر توزیع کربن آلی خاک و اجزای اندازه آن انجام دادند. تأثیرات اصلی سامانه‌های خاک‌ورزی و تناوب پس از ۱۰ سال در کربن آلی خاک و اجزای آن تنها در لایه (۰-۳ سانتی‌متر) یافت شد.

(Ann et al., 2010) نشان دادند که توزیع کربن در جزءهای مختلف خاک‌دانه خاک‌های جنگل و سیستم‌های جنگل-زراعی در مقایسه با زراعت‌های مرسوم و زمین‌های تحت خاک‌ورزی مداوم به‌شدت افزایش می‌یابد. همچنین پایداری خاکدانه‌ها در مدیریت‌های جنگل-زراعی به‌صورت چشمگیری بیشتر از مدیریت‌های زراعت مرسوم و سامانه‌های خاک‌ورزی متداول است و خاکدانه‌های درشت نسبت به خاکدانه‌های ریز، کربن آلی بیشتری را در خود نگه می‌دارند. نسبت بالای کربن به نیتروژن در خاکدانه‌های درشت مدیریت‌های جنگل، زراعت-جنگل، و سامانه‌های بدون خاک‌ورزی نشان‌دهنده گردش سریع مواد آلی در خاک‌های سطحی این مدیریت‌هاست. در مدیریت جنگل، مقدار لاشبرگ ورودی به خاک و سرعت تجزیه بر ذخیره کربن آلی خاک تأثیرگذار است. (Gruenberg et al., 2013). نشان دادند که ۳۷ درصد از کربن آلی خاک در جزء سبک آزاد ذخیره شده است و ذخیره کربن در لایه‌های آلی، خود مربوط به نوع مدیریت جنگل است. جزءبندی فیزیکی به‌معنای دقیق شامل جدا کردن ترکیبات اولیه آلی-معدنی بر اساس اندازه و چگالی در خاکدانه‌ها و کل خاک است (Christensen, 2001). جزءبندی فیزیکی شامل استفاده از تیمارهای مختلف از هم پاشیدن خاکدانه‌ها از جمله الک تر و خشک، شکستن در آب، پراکندگی به کمک امواج فراصوت، جداسازی بر اساس چگالی و

آلی خاک را شامل می‌شود (Basile et al., 2009). این پژوهش با هدف بررسی نقش مدیریت زراعی به‌طور عام و به‌طور خاص اثر تغییر کاربری اراضی زراعی دیم به جنگل زراعی و نیز تعدیل سامانه خاک‌ورزی در کمیت و جزءبندی اجزای فیزیکی ذخایر کربن آلی خاک انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش دو مزرعه دیمزار تغییر کاربری یافته به جنگل-زراعی و چهار مزرعه کشاورزی با عملیات مدیریتی متفاوت (خاک‌ورزی، مدیریت بقایا، استفاده از کود دامی و تناوب زراعی) در محدوده اراضی دیمزار حوضه آبخیز سرفیروزآباد کرمانشاه، انتخاب‌شده و بررسی شدند. دیمزارهای محدوده مورد مطالعه، وسعتی معادل ۱۴۰۰۰ هکتار دارد. این زیرحوضه در ۲۰ کیلومتری جنوب شرقی کرمانشاه و در مختصات ۴۷ درجه، ۴ دقیقه، و ۴۵ ثانیه تا ۴۷ درجه، ۲۲ دقیقه، و ۴۷ ثانیه طول شرقی و ۳۴ درجه، ۰ دقیقه، و ۳۸ ثانیه تا ۳۴ درجه، ۹ دقیقه، و ۳۱ ثانیه عرض شمالی با اقلیم نیمه‌مرطوب سرد، قرار گرفته است. مدیریت‌های انتخاب‌شده عبارتند:

AF_{leg1}: جنگل-زراعی، کاشت لگوم؛

AF_{leg2}: جنگل-زراعی، کاشت لگوم در دیمزار کم‌بازده با سنگ و سنگریزه زیاد؛

DF_{leg}: شخم مرسوم با ادوات سبک، تناوب سنتی لگوم غلات؛

DF_m: افزایش تعداد و توالی خاک‌ورزی، برداشت بقایا، کلش‌سوزانی؛

DF_{tb}: خاک‌ورزی متراکم، استفاده از دیسک‌های سنگین، کلش‌سوزانی؛

DF_{tbs}: خاک‌ورزی شدید، شخم در جهت شیب، برداشت ۷۰ درصد بقایا، کلش‌سوزانی.

شکل ۱ محدوده مورد مطالعه و موقعیت نقاط نمونه‌برداری را نشان می‌دهد. نمونه‌های خاک جمع‌آوری‌شده به‌منظور بررسی نقش مدیریت‌های

رسوب است (Elliott and Cambardella, 1991).

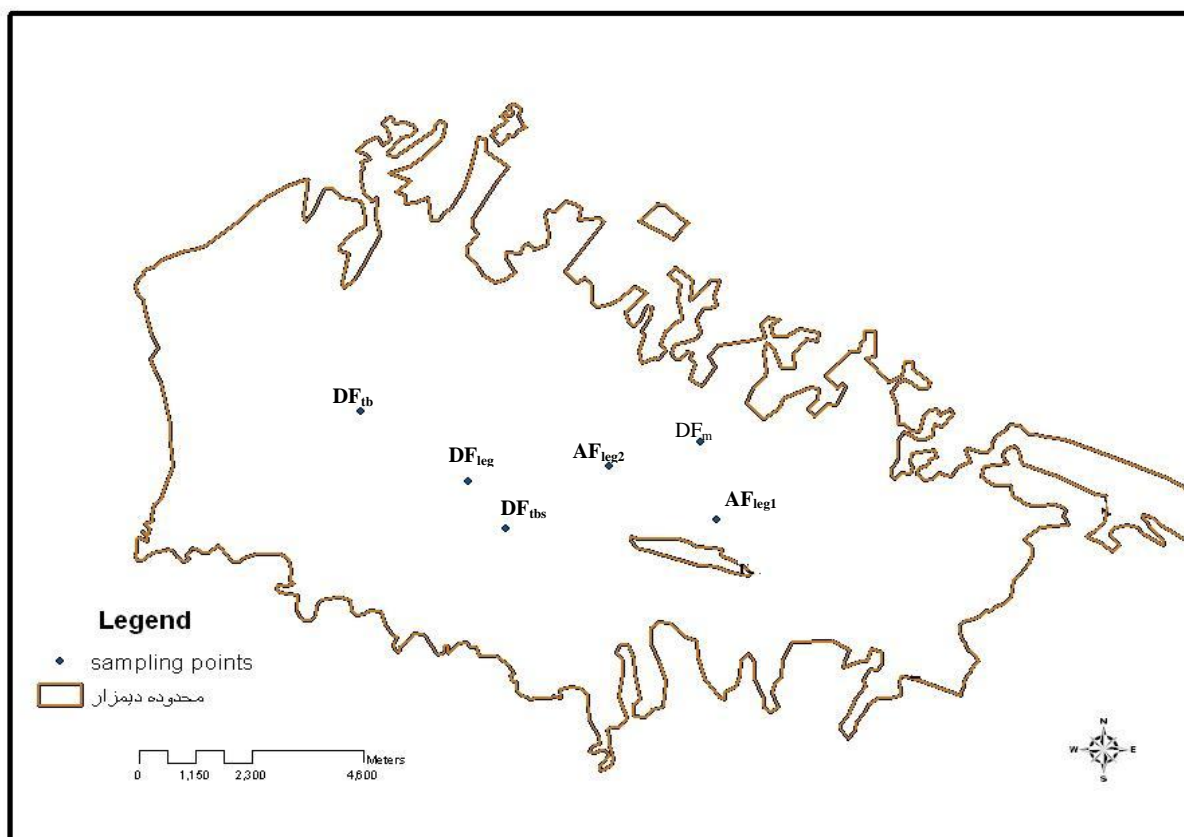
مواد آلی ترکیب‌نشده، مجموعه‌ای از اجزای مواد آلی هستند که به ذرات معدنی خاک متصل نیستند و براساس چگالی یا اندازه از یکدیگر جدا می‌شوند. این جزء کربن آلی خاک برای مطالعه شکل، نقش اجزای کربن آلی خاک، و نیز ارزیابی تأثیرات تغییر کاربری اراضی، مدیریت اراضی، و نوع پوشش گیاهی بر ذخیره و گردش کربن آلی خاک، جداسازی می‌شوند (Olk and Gregorich, 2006).

جزء سبک مواد آلی با چگالی کم، دارای کربن زیاد، مشابه بافت گیاهی و با پایداری کم (Golchin et al., 1994)، عامل مؤثر بر تنفس خاک است (Alvarez and Alvarez, 2000)، و نقش مهمی در تشکیل و پایداری خاکدانه‌ها و به‌خصوص خاکدانه‌های درشت دارد (Kay, 1998). از آنجا که این جزء از نظر شیمی، همانند بافت‌های گیاهی جوان است، دارای زمان بازگشت به‌نسبت کوتاه (چند سال) و در مقایسه با کل مواد آلی خاک، به تغییر مدیریت خاک حساس‌تر است (Baisden et al., 2002; Swanston et al., 2002; Paul et al., 2004; Payan et al., 2007). جزء سنگین و محصورشده درون خاکدانه، دارای کربن کمتر و پایداری، اما با چگالی زیاد است (Golchin et al., 1995)، و به‌دلیل کمی کربن قابل معدنی شدن، رابطه ضعیفی با تنفس دارد (Alvarez and Alvarez, 2000).

ذرات مواد آلی درون خاکدانه‌ها، کمتر تخریب شده‌اند و گردش آهسته‌تری نسبت به ذرات مواد آلی سبک دارند و در نتیجه در مقایسه با مواد آلی سبک ماندگارترند (Gregorich et al., 2006). کربن آلی متصل به اجزای معدنی خاک، که در ترکیبات پیچیده آلی-معدنی وجود دارد، جزء اصلی و حتی غالب کربن آلی خاک است. چنین جزئی اهمیت زیادی در ذخیره طولانی‌مدت کربن در خاک دارد (Von Lutzow et al., 2008). ذخیره کربن آلی متصل‌شده به سطوح معدنی ۲۵ تا ۹۸ درصد کل مواد

ظاهری خاک با استفاده از روش استوانه (نمونه دست‌نخورده) در اعماق (۱۵ - ۰ و ۳۰ - ۱۵ سانتی‌متری) محاسبه شد. پس از هواخشک شدن و جدا کردن بقایای آلی درشت، آزمایش‌ها به صورت زیر بر روی نمونه‌ها انجام گرفت.

مختلف اعمال شده در مزارع بر ساختمان و کیفیت و کمیت کربن آلی خاک در قالب نمونه‌های مرکب و به صورت کاملاً تصادفی از عمق سطحی (۰ - ۱۵) سانتی‌متر، شش مزرعه تحت مدیریت‌های مختلف جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شد. جرم مخصوص



شکل ۱- محدوده دیمزارها و موقعیت نقاط نمونه‌برداری در حوزه سرفیروزآباد کرمانشاه

جزء سبک آزاد مواد آلی خاک است که در بوته در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد خشک شده و کربن آلی آن اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری جزء سبک درون خاکدانه‌ای^۲ کربن آلی مواد باقی‌مانده در تیوب‌های سانتریفیوژ به کمک دستگاه فراصوت^۳ با توان ۵۸ وات و به مدت ۱۹۵ ثانیه پراکنده شد. سوسپانسیون حاصل مجدداً سانتریفیوژ شد. سپس

توزیع اندازه ذرات و در نتیجه بافت خاک، با استفاده از هیدرومتر بایکاس و براساس قانون استوکس اندازه‌گیری شد. مقدار کربن آلی کل خاک به روش والکلی - بلک تعیین شد. برای جدا کردن جزء سبک آزاد^۱ مواد آلی، ۴۰ گرم خاک با محلول یدید سدیم با چگالی ۱/۸ گرم بر سانتی‌متر به مدت ۱۵ دقیقه با ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس محلول رویی با کاغذ صافی مخصوص با اندازه منافذ ۱/۶ میکرون صاف شد. مواد باقی‌مانده بر روی کاغذ صافی،

^۱Free light fraction

^۲Intra aggregate light fraction

^۳Ultrasonic

لحاظ کلاس‌های بافتی مشهود نیست. کل منطقه نیز در یک حوضه آبخیز قرار دارد که منشأ زمین‌شناسی و نیز فرایندهای خاک‌سازی یکسانی را تجربه کرده است. اما میانگین چگالی ظاهری خاک تحت تاثیر مدیریت‌های مختلف خاک قرار دارد در مزارع AF_{leg1} و AF_{leg2} که با مدیریت‌های جنگل‌زراعی اداره می‌شوند اما شرایط فیزیکی خاک و هندسه مزارع متفاوت است میزان جرم مخصوص ظاهری خاک کمتر از مزارع DF_{tb} ، DF_m و DF_{tbs} است که الگوهای مدیریتی اجرا شده در آنها شامل خاک‌ورزی شدید، سوزاندن بقایا و اجرای تناوب نامناسب است. از سوی دیگر با توجه به جدول ۱، درصد رس در مزارع مورد بررسی زیاد است، که این امر سبب کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک در همه مزارع مورد بررسی شده است.

کربن آلی کل خاک

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در شکل ۲، مزارع شماره AF_{leg1} و AF_{leg2} بیشترین مقدار کربن آلی را دارند. این مزارع به‌صورت سامانه جنگل-زراعی اداره می‌شوند. در این مزارع شاهد اجرای خاک‌ورزی حفاظتی و تناوب مناسب با استفاده از گیاهان لگوم هستیم. مدیریت‌های اعمال‌شده در این دو مزرعه، موجب کمترین مقدار هدررفت کربن آلی خاک و تثبیت کربن آلی شده است. نکته جالب توجه تفاوت اندک ذخیره کربن کل مزرعه AF_{leg2} نسبت به مزرعه AF_{leg1} ، با وجود کلاس ضعیف‌تر تناسب کاربری برای دیمزار و شیب و سنگریزه بیشتر نسبت به آن بود. به-عبارت بهتر، این مزرعه با آنکه شرایط فیزیکی نامناسب‌تر به‌منظور استقرار پوشش گیاهی داشت، عملیات جنگل-زراعی در این دیمزار کم‌بازده نیز به ارتقای معنی دار ذخیره کربن کل، در سطحی معادل مزرعه AF_{leg1} (با کلاس بالاتر تناسب اراضی) منجر شده بود.

محلول رویی تیوب‌ها با کاغذ صافی صاف و با آب مقطر شست‌وشو شد. آنچه بر روی کاغذ صافی باقی ماند به بوته انتقال یافت و در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد در آن خشک شد و پس از خشک شدن کربن آلی آن اندازه‌گیری شد تا مقدار جزء سبک درون خاکدانه‌ای کربن آلی خاک تعیین شود. مواد سنگین باقی مانده برای تعیین کربن آلی ذره‌ای در تیوب‌های سانتریفیوژ وارد دستگاه الک شد (Sohi et al., 2001).

کربن‌های آلی ذره‌ای عبارتند از سه جزء که بر اساس اندازه جدا می‌شوند و با نام‌های کربن آلی ذره‌ای بزرگ‌تر از ۲۵۰ میکرون^۱، کربن آلی ذره‌ای بین ۵۳ تا ۲۵۰ میکرون^۲ و کربن آلی هم‌اندازه با ذرات سیلت و رس (کوچک‌تر از ۵۳ میکرون)^۳ شناخته می‌شوند. برای تعیین کربن آلی ذره‌ای، مواد الک‌های ۲۵۰ و ۵۳ میکرون به‌کمک فشار آب و ارتعاشات مکانیکی دستگاه به مدت ۳ دقیقه عبور داده شدند. سپس مواد باقی‌مانده بر روی هر الک جمع‌آوری شد و در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد خشک، و کربن آن اندازه‌گیری شد. جزء باقی‌مانده بر روی الک ۲۵۰ میکرون کربن آلی ذره‌ای درشت^۴، و اجزای باقی‌مانده بر روی الک ۵۳ میکرون کربن آلی ذره‌ای ریز را تشکیل می‌داد. از اجزای عبور کرده از الک ۵۳ میکرون بعد از افزودن ۵ میلی‌لیتر محلول کلرید کلسیم و کلرید منیزیم ۰/۲۵ مولار و هم‌آوری رس‌ها، جزء کمپلکس‌های رس+سیلت با هوموس جمع‌آوری شده و کربن آلی این جزء نیز تعیین شد.

نتایج

خصوصیات مزارع و خاک مورد بررسی در جدول ۱ آمده است. مقایسه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزارع آزمایشی که نتایج آن در جدول ۱ آورده شده، نشان می‌دهد که اختلاف زیادی بین مزارع از

¹Course particulate organic carbon

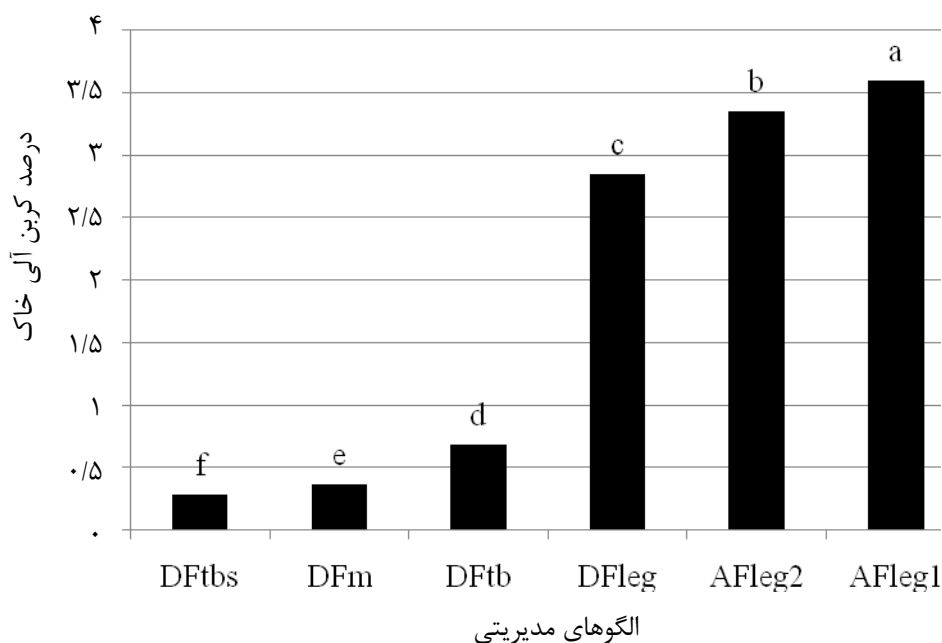
²Fine particulate organic carbon

³Carbon associate with silt and clay

⁴Course POM

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مزارع بررسی شده

الگوی مدیریت	ارتفاع متر	شیب %	سنگریزه %	pH	EC (ds/m)	رطوبت اشباع %	کربن آلی %	چگالی ظاهری خاک (gr/cm ³)	رس %	سیلت %	شن %	بافت
DF _{tbs}	۱۶۴۳	۱۰	۷	۷/۲	۰/۲۱۹	۴۴	۰/۴۷	۱/۳۱	۳۳/۶	۳۵/۷	۳۰/۷	لوم رسی
DF _{leg}	۱۶۹۶	۲	۲۰	۷/۸	۰/۲۴۵	۵۴	۱/۶۷	۱/۲۲	۴۶	۴۴	۱۰	رس سیلتی
AF _{leg2}	۱۵۹۲	۱۰	۶۰	۷/۹	۰/۲۹۳	۵۲	۳/۳۱	۱/۱۳	۳۶/۸	۴۳/۲	۲۰	لوم سیلتی رسی
AF _{leg1}	۱۵۴۳	۳	۰	۷/۹	۰/۲۸۸	۶۰	۳/۷	۱/۱	۴۳/۷	۴۴/۹	۱۱/۴	سیلتی رسی
DF _m	۱۵۴۶	۴	۱۵	۷/۳	۰/۲۲۵	۵۲	۰/۳۸	۱/۳۲	۴۰/۸	۳۷/۶	۲۱/۶	رسی
DF _{tb}	۱۵۸۳	۳	۳	۷/۸	۰/۲۷۵	۴۸	۱/۸	۱/۱۳	۴۰	۴۱/۴	۲۴/۶	لوم سیلتی رسی



شکل ۲- مقایسه میانگین کربن آلی کل خاک در مدیریت‌های مختلف

اعمال می‌شود. مزارع DF_{tb}، DF_m و DF_{tbs} با دارا بودن کمتر از ۰/۵ درصد کربن آلی خاک، کمترین مقدار کربن آلی خاک را به خود اختصاص داده‌اند.

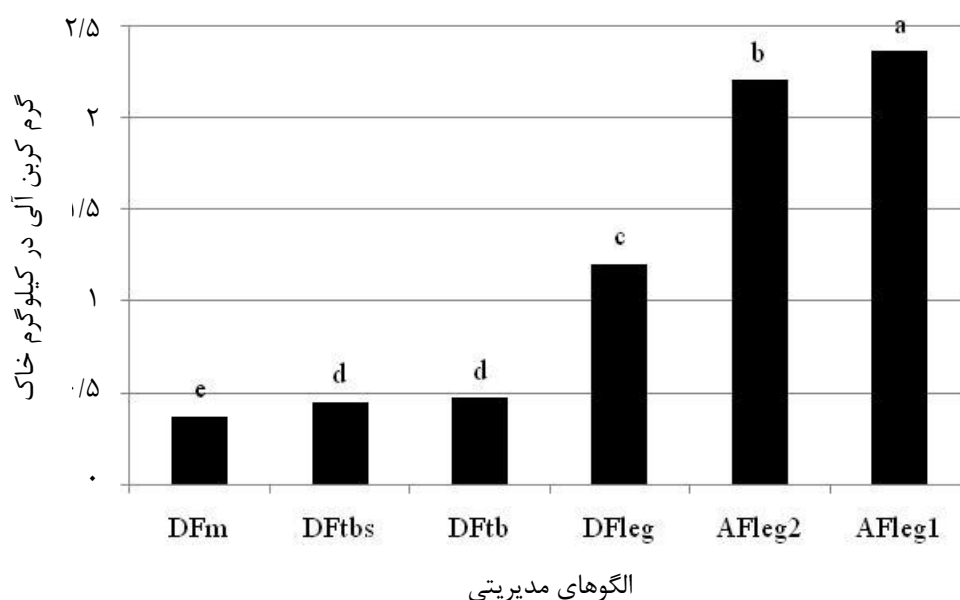
اجزای فیزیکی کربن آلی خاک بخش سبک آزاد

از میان اجزای کربن آلی خاک، جزء سبک آزاد، معرف مراحل اولیه تجزیه مواد آلی در خاک است. این جزء نسبت به کربن کل خاک شاخص بهتری برای

شیوه‌های مدیریتی اعمال شده در مزرعه DF_{leg} سبب شده که مقدار کربن آلی کل خاک در این مزارع در حد متوسط باشد. در این مزرعه شاهد اجرای عملیات خاک‌ورزی هستیم؛ اگرچه این عملیات با ادوات سبک انجام می‌گیرد و به‌طور معمول گیاهان لگوم در این مدیریت کشت می‌شود. سامانه تناوبی سنتی شامل کشت غلات- لگوم یا غلات- غلات - لگوم است. محصول غله، گندم یا جو است. برداشت متمرکز و چرای دام به‌صورت پس‌چر در این مزرعه

به راحتی دستخوش تغییرات قرار می‌شود. در مزرعه DF_{leg} سامانه خاک‌ورزی سنتی انجام می‌گیرد. اجرای این گونه عملیات زراعی، کاهش کربن آلی آزاد در مزارع یادشده را در پی داشته است. در مزارع DF_{tb} ، DF_m و DF_{tbs} خاک‌ورزی متراکم، شخم در جهت شیب و سوزاندن بقایا از جمله عملیات زراعی اجرا شده در این سه مزرعه است. کربن آلی آزاد در این مزارع تحت تاثیر مدیریت‌های اعمال شده به شدت کاهش یافته و به کمترین مقدار خود رسیده است.

مقایسه مدیریت‌های مختلف زراعی است (Von Lutzow et al., 2008). در این پژوهش جزء سبک آزاد در شش مدیریت مختلف زراعی تجزیه و تحلیل شده است. همان‌طور که در شکل ۳ دیده می‌شود، مزارعی که به صورت جنگل زراعی اداره شده‌اند، کربن آزاد بیشتری نسبت به سایر مدیریت‌های زراعی بررسی شده دارند. میزان کربن آزاد در این مزارع در حدود پنج برابر سایر مزارع است. شکل ۳ نشان می‌دهد که جزء سبک آزاد کربن آلی، تحت تاثیر عملیات زراعی از جمله خاک‌ورزی



شکل ۳- مقایسه میانگین کربن آلی آزاد در مدیریت‌های بررسی شده

مدیریت‌های بررسی شده به خود اختصاص دادند.

کربن آلی ذره‌ای

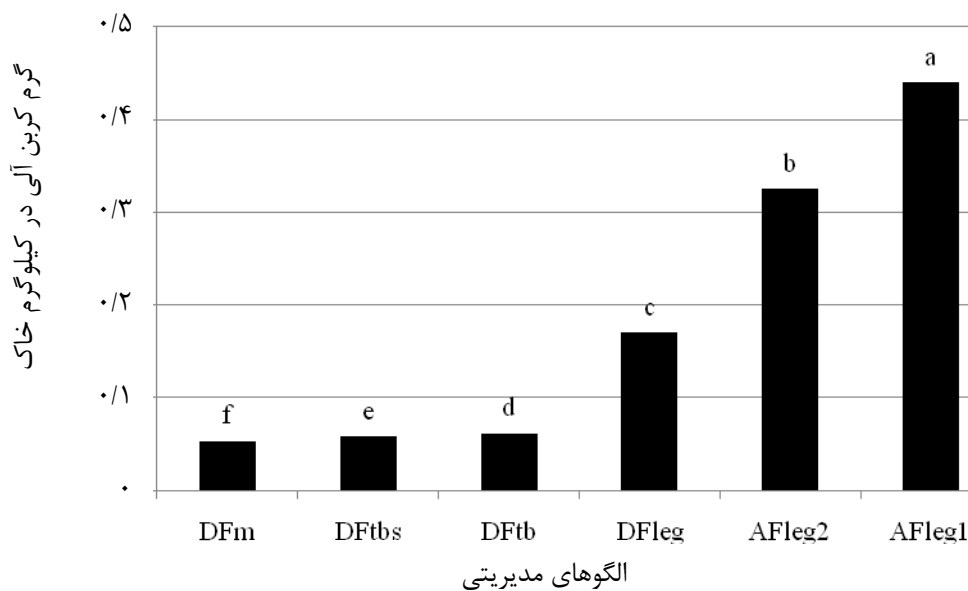
شکل‌های ۵، ۶ و ۷ به ترتیب مقایسه میانگین کربن آلی ذره‌ای بزرگ‌تر از ۲۵۰ میکرون، کربن آلی ذره‌ای ۵۳ تا ۲۵۰ میکرون و کربن آلی هم‌اندازه سیلت و رس (کوچک‌تر از ۵۳ میکرون) را در مدیریت‌های مختلف نشان می‌دهند. همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، مدیریت‌های جنگل زراعی بیشترین مقدار کربن آلی ذره‌ای بزرگ‌تر از ۲۵۰

جزء سبک درون خاکدانه‌ای

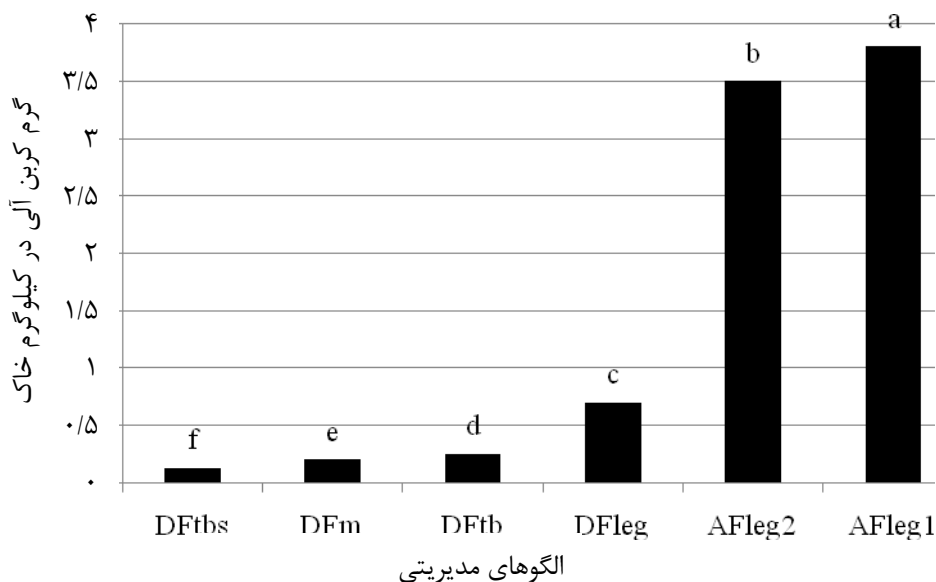
یکی دیگر از اجزای فیزیکی کربن آلی خاک، جزء سبک درون خاکدانه است. با توجه به شکل ۴، مقدار این جزء نیز تحت تاثیر مدیریت‌های مختلف خاک گرفته است. مزارعی که به صورت جنگل-زراعی اداره شده‌اند، دارای بیشترین مقدار جزء سبک درون خاکدانه‌ای بودند و مزارعی که با مدیریت‌های نامناسب اداره می‌شوند، (مزارع DF_{tb} ، DF_m و DF_{tbs}) کمترین مقدار جزء سبک درون خاکدانه‌ای را در میان

روش‌های نامناسب مدیریتی از قبیل سوزاندن بقایا و شخم در جهت شیب اجرا شده است.

میکرون را دارند. مقدار کربن آلی ذره‌ای در این دو مدیریت در حدود هفت برابر مزارعی است که در آنها



شکل ۴- مقایسه میانگین کربن آلی سبک درون خاکدانه‌های در مدیریت‌های مختلف



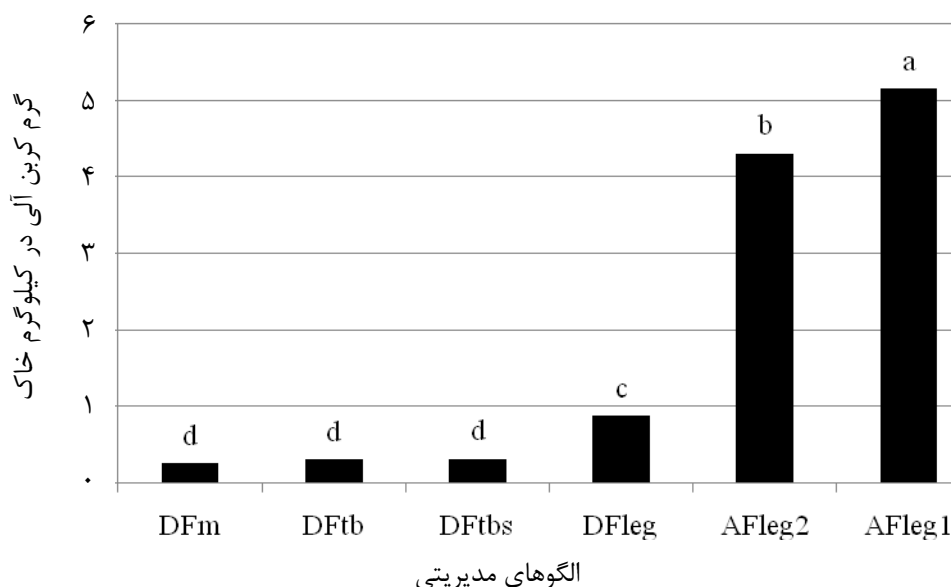
شکل ۵- مقایسه میانگین کربن آلی ذره‌ای بزرگ‌تر از ۲۵۰ میکرون در مدیریت‌های مختلف

نتایج، مدیریت‌های زراعت- جنگل، بیشترین مقدار کربن آلی ذره‌ای را در بین مدیریت‌های مطالعه‌شده

شکل ۶، کربن آلی ذره‌ای (۲۵۰-۵۳ میکرون) را در مدیریت‌های مختلف بررسی می‌کند. براساس این

سوزاندن بقایا، افزایش تعداد شخم و حذف تدریجی کشت لگوم‌ها در دوره تناوب هستیم. این مدیریت‌ها کمترین مقدار کربن آلی ذره‌ای ۲۵۰-۵۳ میکرون را دارند.

دارند. در مزرعه DF_{leg} سامانه خاک‌ورزی مرسوم اجرا شده است؛ بنابراین کربن آلی ذره‌ای ۲۵۰-۵۳ میکرون کاهش یافته است. در مدیریت‌های مزارع DF_{tb} ، DF_m و DF_{tbs} ، شاهد اجرای مدیریت خاک ناصحیح نظیر شخم در جهت شیب با ادوات سنگین،

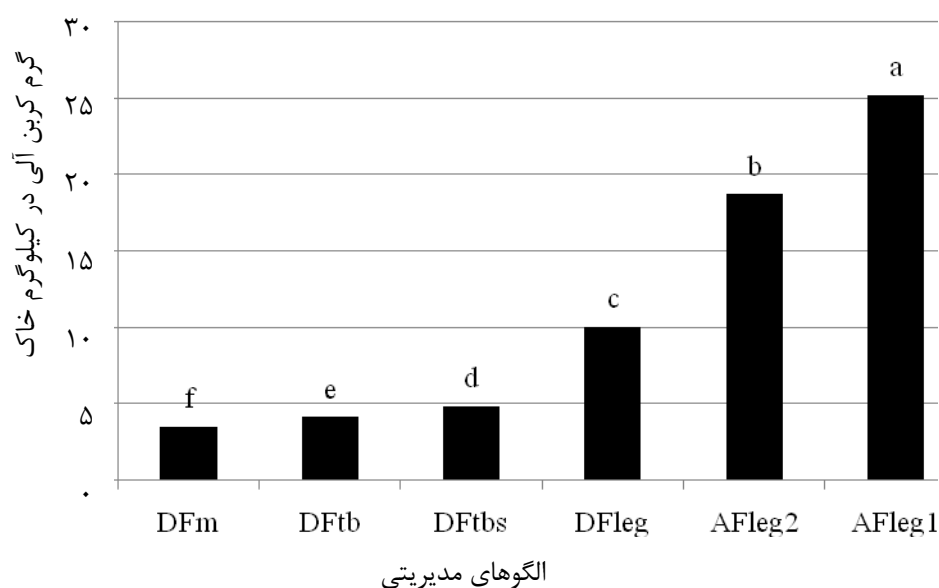


شکل ۶- مقایسه میانگین کربن آلی ذره‌ای ۲۵۰-۵۳ میکرون در مدیریت‌های مختلف

می‌شود.

نتایج به‌خوبی نشان می‌دهد که در مزارعی که اقدامات شاخص مدیریتی اجرا شده، این اقدامات شامل حداقل خاک‌ورزی و اجرای تناوب صحیح، استفاده از گیاهان لگوم بوده است علاوه بر حفظ منابع بومی کربنی آلی خاک، در تمام بخش‌های اندازه‌ای خاکدانه‌ها، مقدار کربن آلی هم‌اندازه رس و سیلت به‌طور چشمگیری افزایش یافته است اما در مزارعی که با خاک‌ورزی شدید و متراکم، عدم اجرای تناوب مناسب و از بین بردن بقایا از سطح خاک مواجهیم، کربن آلی هم‌اندازه ذرات سیلت و رس به‌شدت کاهش یافته است.

شکل ۷ مقایسه میانگین کربن آلی هم‌اندازه سیلت و رس را نشان می‌دهد. جزء کربن آلی هم‌اندازه سیلت و رس، اغلب جزء بزرگ و حتی غالب کربن آلی خاک را تشکیل می‌دهد و اهمیت زیادی در ذخیره طولانی‌مدت کربن در خاک دارد (Von Lutzow *et al.*, 2008). این ذخیره کربن آلی به سطوح معدنی متصل شده و ممکن است ۲۵ تا ۹۸ درصد کل کربن آلی خاک را شامل شود (Basile *et al.*, 2009). بیشتر کربن آلی خاک در ارتباط با اجزای معدنی به‌ویژه ذرات رس و سیلت هستند. همان‌طور که شکل ۷ نشان می‌دهد، بیشترین مقدار کربن آلی هم‌اندازه ذرات سیلت و رس در مدیریت جنگل-زراعی دیده



شکل ۷- مقایسه میانگین کربن آلی هم‌اندازه سیلت و رس در مدیریت‌های مختلف

بحث

تمامی اجزای آن در مدیریت جنگل زراعی دیده می‌شود. بنابراین می‌توان گفت که مدیریت جنگل-زراعی می‌تواند بهترین نوع مدیریت برای حفظ و تثبیت کربن خاک باشد. از سوی دیگر، وجود لگوم در دوره تناوب به‌ویژه در درون سامانه جنگل زراعی ضمن افزایش ماده آلی خاک، وزن مخصوص ظاهری خاک را به‌طرز محسوسی تقلیل می‌دهد. نتایج این پژوهش با مشاهدات (Lemke *et al.* (2010) که کاهش ۲۲ درصدی ذخیره کربن را در اثر برداشت بقایای لگوم از سطح و حذف آن از دوره تناوب گزارش، همسوست. Lal (2010) بیان کرد خاک‌های کشاورزی به‌دلیل شخم و فرسایش، از مواد آلی تخلیه می‌شوند. از این رو وقتی به‌جای سامانه خاک‌ورزی شدید از خاک‌ورزی حفاظتی استفاده شود، ذخیره کربن آلی خاک افزایش می‌یابد.

مزارع DF_{tb}، DF_m و DF_{tbs} کمترین مقدار کربن آلی خاک را به خود اختصاص داده‌اند. نقاط ضعف مدیریتی این مزارع شخم در جهت شیب است که به‌ویژه

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که اجرای اقدامات مختلف زراعی، کربن آلی کل خاک و اجزای آن را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. روش‌های مناسب مدیریتی مانند خاک‌ورزی حداقل، کاشت گیاهان لگوم در تناوب، و به‌ویژه سامانه جنگل زراعی به‌طرز بسیار محسوسی ذخیره کربن آلی خاک را در کلیه بخش‌های سبک آزاد، سبک درون خاکدانه‌ای و بخش‌های ترکیب‌شده با اجزای معدنی خاک‌های منطقه افزایش می‌دهند و در مقابل شیوه‌های نامناسب مدیریتی از قبیل خاک‌ورزی شدید و متراکم، استفاده از ادوات سنگین، سوزاندن و از بین بردن بقایای گیاهی سبب کاهش ذخیره کربن آلی خاک می‌شوند. این کاهش، در بخش‌های سبک آزاد و سبک درون خاکدانه‌ای ملموس‌تر است. اما سهم اجزای به‌سختی تجزیه‌پذیر درون خاکدانه‌ای نظیر کمپلکس‌های رس با مواد آلی از کل کربن آلی افزایش می‌یابد. بیشترین مقدار کل کربن آلی خاک و بیشترین مقدار

تشکیل خاکدانه‌های درشت، آثار کاربری و مدیریت اراضی بر ذخیره کربن آلی خاک ارائه دهد. اما هنوز سازوکار و نقش اجزای مختلف کربن آلی در فرایند پایداری ساختمان خاک به خوبی مستند نشده است (Lee et al., 2009). بیشتر بودن مقدار آلی آزاد درون خاکدانه‌های ریز بیانگر نقش بیشتر خاکدانه‌های ریز در توقف طولانی مدت کربن از طریق حفاظت و تثبیت قطعات مواد آلی است (Puget et al., 2000).

جدول ۲ توزیع اجزای مختلف کربن خاک را نسبت به کربن کل خاک در هر مدیریت نشان می‌دهد. در تمام مدیریت‌های ذکر شده، کربن هم‌اندازه سیلت و رس قسمت اعظم کربن خاک را تشکیل می‌دهد. به‌عنوان مثال در مدیریت جنگل زراعی AF_{leg1} توزیع کربن در بخش‌های مختلف اندازه‌ای به این ترتیب است که از کربن کل خاک ۷ درصد مربوط به جزء سبک آزاد، ۱/۳ درصد مربوط به بخش سبک درون خاکدانه‌ای، ۱۱/۳ درصد مربوط به کربن آلی ذره‌ای بزرگ‌تر از ۲۵۰ میکرون، ۱۴/۶ درصد مربوط به کربن آلی ذره‌ای ۲۵۰-۵۳ میکرون و ۶۵/۵ درصد مربوط به کربن آلی هم‌اندازه سیلت و رس است.

در سال‌های کشت غلات با خاک‌ورزی نسبتاً متراکم نیز همراه است و نتیجه آن بروز اشکال بسیار واضح فرسایش سطحی و تشکیل شیارهای متعدد در سطح مزرعه است. سوزاندن بقایا، هرساله و شدید است، به‌نحوی که بقایا بلافاصله بعد از برداشت سوزانده می‌شوند و حتی برای پس‌چر نیز به کار نمی‌رود. بر اساس بررسی‌ها، سوزاندن بقایا در ۱۰ سال گذشته رواج داشته است. چالش اصلی در این اراضی، افزایش تعداد و توالی عملیات خاک‌ورزی و همچنین برداشت حجم زیاد بقایای گیاهی و پس‌چر مزارع و در انتها کلش است. اقدامات انجام‌شده موجب هدررفت کربن آلی خاک در این مزارع شده است. باقی گذاشتن مقداری از بقایای گیاهی به‌عنوان خاک پوش، قسمتی از خاک‌ورزی حفاظتی قلمداد می‌شود. استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی با کاهش دست‌خوردگی خاک، موجب افزایش کربن آلی، کاهش فرسایش، افزایش نفوذپذیری، حفظ رطوبت و افزایش تنوع زیستی در خاک خواهد شد.

کربن آلی آزاد درون خاکدانه‌ای در مزارع جنگل‌زراعی به‌صورت بسیار معنی‌داری، بیشتر از مزارع دیم با مدیریت بهره‌برداری متمرکز سنتی بود. این جزء کربن آلی می‌تواند نتایج مهمی در زمینه

جدول ۲- توزیع اجزاء مختلف کربن خاک در مدیریت‌های مختلف

الگوی مدیریتی	کربن آلی کل	بخش سبک آزاد	بخش سبک درون خاکدانه‌ای	بخش ترکیب‌شده با مواد معدنی (میکرون)		
				> ۵۳	۲۵۰-۵۳	< ۲۵۰
AF_{leg1}	۳۷*	۲/۵۷(۷)@	۰/۴۸(۱/۳)	۵/۴(۱۴/۶)	۴/۱۷(۱۱/۳)	
AF_{leg2}	۳۳/۱	۲/۵۳(۷/۶)	۰/۳۹(۱/۱۷)	۴/۹۵(۱۴/۹۵)	۳/۷۴(۱۱/۳)	
DF_{leg}	۱۶/۷	۱/۵۵(۹/۲۸)	۰/۲۱(۱/۲۵)	۱/۰۷(۶/۴)	۰/۸۳(۴/۹۷)	
DF_m	۳/۸	۰/۲۵(۶/۵۷)	۰/۰۶(۱/۵۷)	۰/۱۶(۴/۲۱)	۰/۱۳(۳/۴۲)	
DF_{tbs}	۴/۷	۰/۲۱(۴/۴۶)	۰/۰۳(۰/۶۳)	۰/۲۰(۴/۲۵)	۰/۳۳(۷/۰۲)	
DF_{tb}	۸	۰/۵۸(۷/۲۵)	۰/۰۶(۰/۷۵)	۰/۴۴(۵/۵)	۰/۳۵(۴/۳۷)	

* اعداد درون جدول بر اساس گرم کربن بر کیلوگرم خاک است.

@ اعداد درون () درصد هر جزء کربن آلی را نسبت به کربن آلی کل خاک را نشان می‌دهد.

مدیریت‌ها بیشترین افزایش را داشته است، به‌نحوی که بیشترین سهم کمی این جزء در سامانه DF_{leg}

در سامانه‌های مدیریتی با حداقل خاک‌ورزی، سهم جزء سبک آزاد از کل کربن آلی خاک، نسبت به دیگر

لگوم بوده است در تمام بخش‌های اندازه‌های خاکدانه‌ها، میزان همه اجزای اندازه‌های کربن آلی به‌طور چشمگیری افزایش یافته است؛ اما در مزارعی که با خاک‌ورزی شدید و متراکم، عدم اجرای تناوب مناسب، و از بین بردن بقایا از سطح خاک مواجهیم، میزان همه اجزای اندازه‌های کربن آلی در تمامی بخش‌های اندازه‌های خاکدانه‌ها به‌شدت کاهش یافته است. همچنین با کوچک شدن اندازه خاکدانه در تمامی مدیریت‌ها، مقدار کربن آلی ذره‌ای و کربن آلی هم‌اندازه سیلت و رس افزایش پیدا کرد. (Gregorich *et al.*, 2006) بیان داشتند که مقدار کربن آلی ذره‌ای به اقلیم، کاربری اراضی، روش خاک‌ورزی، نوع خاک، پوشش گیاهی، و عوامل تأثیرگذار بر ورودی مواد آلی و تجزیه آنها، بستگی دارند. به دلیل تغییر در ورودی مواد آلی و عملیات مدیریتی، مقدار و کیفیت قطعات مواد آلی خاک به‌طور گسترده با زمان و مکان تغییر می‌کند.

براساس بررسی‌های (Kolbl *et al.*, 2005)، کربن آلی ذره‌ای در خاک از بقایای گیاهی نسبتاً تجزیه‌نشده یا تخریب‌یافته نشأت گرفته و کاملاً با خاکدانه‌سازی مرتبط است. (Chen *et al.*, 2009) بیان داشت کربن آلی ذره‌ای در داخل خاکدانه‌های درشت و ریز شاخص بهتری از کیفیت خاک نسبت به کربن آلی کل خاک است. این مواد، هسته اولیه تشکیل خاکدانه است و ارتباط آن با بخش معدنی سبب توقف بیشتر کربن می‌شود. کربن آلی ذره‌ای و محصورشده در خاکدانه‌ها براساس اندازه خاکدانه متفاوت است، به طوری که خاکدانه‌های بزرگ‌تر غنی از مواد آلی جوان‌ترند، و قطعات مواد آلی خیلی تجزیه‌یافته در خاکدانه‌های ریز (کمتر از ۲۵۰ میکرون) تثبیت شده‌اند. (Six *et al.*, 2006). کربن آلی ذره‌ای و محصورشده اطلاعات مهمی از تأثیرات کاربری و مدیریت اراضی بر ذخیره کربن آلی فراهم می‌کند. بیشتر بودن مقدار کربن آلی ذره‌ای درون خاکدانه‌های ریز بیانگر تأثیر بیشتر خاکدانه‌های ریز

مربوط به یک شخم اولیه در سال با ادوات سبک (پنجه‌غازی) همراه با تناوب سنتی لگوم غلات است. (Chen *et al.*, 2009) تأثیر سامانه‌های خاک‌ورزی، (بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم) و کشت گیاهان پوششی بر کربن آلی کل و جزء سبک آزاد را بررسی کردند و بیان داشتند که استفاده از روش‌های بدون خاک‌ورزی و کاشت گیاهان پوششی در مزرعه، ذخیره کربن آلی کل و جزء سبک آزاد را به‌صورت چشمگیری افزایش می‌دهد. (Pinheiro *et al.*, 2004) نیز نتایج مشابهی در زمینه تأثیر سامانه‌های خاک‌ورزی بر منبع کربن آلی و اجزای فیزیکی آن گزارش کردند. (Christensen, 2001) گزارش داد جزء سبک آزاد به دلیل تجزیه به‌نسبت آسان، نقش مهمی در بهبود حاصلخیزی خاک دارد. جزء سبک آزاد در خاک‌های تحت سامانه بدون خاک‌ورزی در خاک سطحی درصد زیادی از کربن آلی خاک را به خود اختصاص می‌دهد. (Skjemstad *et al.*, 1993) دریافتند که جزء سبک آزاد، در مدیریت‌هایی که همواره دارای گیاهان پوششی‌اند، مثل مدیریت جنگل زراعی، و مراتع حفاظت‌شده، تجمع چشمگیری داشته است.

همچنین در این مطالعه مشاهده شد که جزء کربن آلی ذره‌ای بزرگ‌تر از ۲۵۰ میکرون به تغییر مدیریت حساس است و در مدیریت جنگل-زراعی بیشترین مقدار کربن آلی را دارد و در سایر مدیریت‌ها درصد آن کاهش یافته است. این جزء، در مقایسه با سایر اجزای کربن آلی یا کربن کل خاک، شاخص مهم‌تری برای ارزیابی مدیریت خاک محسوب می‌شود. (Gregorich and Beare, 2008) تأثیر مدیریت‌های زراعی بر اجزای کربن آلی خاک را بررسی کردند و بیان داشتند کربن آلی ذره‌ای، نسبت به کربن آلی کل خاک و سایر اجزای آن شاخص مهم و حساس‌تری به تغییر مدیریت خاک است.

اقدامات شاخص مدیریتی در مزارع، شامل حداقل خاک‌ورزی، اجرای تناوب صحیح و استفاده از گیاهان

Basile-Doelsch, I., T. Brun, D. Borschneck, A. Masiona, C. Marol, and J. Balesdent, 2009. Effect of landuse on organic matter stabilized in organomineral complexes: A study combining density fractionation, mineralogy and $\delta^{13}C$, *Geoderma*, 148: 18-25.

Baisden, WT., R. Amundson, A.C. Cook, and D.L. Brenner, 2002. Turnover and storage of C and N in five density fractions from California annual grassland surface soils, *Global Biogeochemical Cycle*, 16(4): 1117-1125.

Chan, K.Y., 2001. Soil particulate organic carbon under different land use and management, *Soil Use and Management*, 17:217-221.

Chen, H., R. Hou, Y. Gong, H. Li, M. Fan, and Y. Kuzyakov, 2009. Effects of 11 years of conservation tillage on soil organic matter fractions in wheat monoculture in Loess Plateau of China, *Soil and Tillage Research*, 106: 85-94.

Christensen, B.T., 2001. Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover, *European Journal of Soil Science*, 52: 345-353.

Elliott, E.T., and C.A. Cambardella, 1991. Physical separation of soil organic matter, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 34: 407-419.

Fernandez, R., A. Quiroga, C. Zorati, E. Noellemeyer, 2010. Carbon contents and respiration rates of aggregate size fractions under no-till and conventional tillage, *Soil & Tillage Research*, 109: 103-109.

Golchin, A., P. Clarke, J.M. Oades and J.O. Skjemstad. 1995. The effects of cultivation on the composition of organic-matter and structural stability of soils, *Soil Research*, 33(6): 975-993.

Golchin, A., J.M. Oades, J.O. Skjemstad, and P. Clarke. 1994. Soil structure and carbon cycling, *Australian Journal of Soil Research*, 32: 1043-1068.

Gregorich, E.G., M.H. Beare, U.F. McKim, and J.O. Skjemstad. 2006. Chemical and biological characteristics of physically uncomplexed organic matter, *Soil Science Society of American Journal*, 70: 975-985.

در توقف طولانی مدت کربن از طریق حفاظت و تثبیت قطعات مواد آلی است (Puget *et al.*, 2000).

در مزارع تغییر کاربری یافته از دیمزار به جنگل-زراعی، کل کربن آلی و همچنین اجزای سبک، سبک درون خاکدانه‌ای، و کربن آلی ذره‌ای افزایش زیادی داشته است. جزء کربن آزاد درون خاکدانه‌ای چهار تا پنج برابر افزایش یافته است، اما بیشترین افزایش مربوط به اجزای ترکیب شده با ذرات خاک یا جزء ذره‌ای و به ویژه اجزای بین ۵۳ تا ۲۵۰ و بیش از ۲۵۰ میکرون است که افزایش ۱۰ تا ۱۵ برابری را نشان می‌دهند. همچنین جزء کربن ترکیب شده با ذرات رس نیز افزایش چهار تا پنج برابری را در این کاربری نسبت به دیگر مدیریت‌ها نشان داد. از آنجا که کربن آلی ذره‌ای دوره برگشت بسیار طولانی تری را نسبت به دیگر اجزای کربن آلی خاک دارد، تغییر کاربری دیمزارهای کم‌بازده به کاربری جنگل‌زراعی، ضمن حفظ و ارتقای ذخایر کربنی خاک دوره برگشت و تجزیه آنها و در نتیجه تصاعد کربن به اتمسفر را طولانی تر می‌کند و در شرایط حاضر که تغییرات اقلیمی ناشی از تصاعد گازهای گلخانه‌ای کربنی از منابع اراضی و دیگر منابع روند تشدید را طی می‌کند، می‌تواند بسیار حائز اهمیت باشد.

منابع

Alvarez, R., and C.R. Alvarez, 2000: Soil organic matter pools and their associations with carbon mineralization kinetics, *Soil Science Society of American Journal*, 64: 184-189.

Ann, S., A. Mentler, H. Mayer, and W. Blum, 2010. Soil aggregation, aggregate stability, organic carbon and nitrogen in different soil aggregate fractions under forest and shrub vegetation on the Loess Plateau, China, *Catena*, 81: 226-233.

Atsivor, L., G.N. Dowuona, and S.G.K. Adiku, 2001. Farming system induced variability of some soil properties in a sub-humid zone of Ghana, *Plant and Soil*, 236: 83-90.

- Gregorich, E.G., and M.H. Beare. Physically uncomplexed organic matter. In: Carter, M.R., and E.G. Gregorich, (eds), 2008. Soil sampling and methods of analysis, Canadian society of soil science, Second edition, Taylor and Francis Group, LLC: Chapter 47.
- Gruenberg, E., I. Schoning, D. Hessenmoller, E.D. Schulze, 2013. Weisser W.W., Organic layer and clay content control soil organic carbon stocks in density fractions of differently managed German beech forests, *Forest Ecology and Management*, 303: 1–10.
- Kay, B.D., 1998. Soil structure and organic carbon: a review. In: Lal, R., Kimble, J.M., Follett, R.F., Stewart, B.A. (Eds.), Soil processes and the carbon cycle. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 169–197.
- Kolbl, A., J. Leifeld, and I. Kogel-Knabner, 2010. A comparison of two methods for the isolation of free and occluded particulate organic matter, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168: 660–667.
- Lal, R., 2010. Soils as source and sink of environmental carbon dioxide. In: J. Xu and P.M., Huang,(ed), molecular environmental soil science at the interfaces in the earth's critical zone, 1: 11-12.
- Lee, S.B., C.H. Lee, K.Y. Jung, K.D. Park, D. Lee, P.K. Carolina, C. Lisboa, T. Richard Conant, M.L. Haddix, C. Eduardo, P. Cerri, and C.C. Cerri, 2009. Soil carbon turnover measurement by physical fractionation at a forest-to-pasture chronosequence in the Brazilian amazon, *Ecosystems*, 12: 1212–1221.
- Olk, DC., and G.E. Gregorich, 2006. Overview of the symposium proceedings, meaningful pools in determining soil carbon and nitrogen dynamics, *Soil Science Society of American Journal*, 70: 967–974.
- Paul, E.A., H.P. Collins, K. Paustian, E.T. Elliott, S. Frey, N. Juma, H. Janzen, CA. Campbell, R.P. Zentner, G.P. Lafond, and A.P. Moulin, 2004. Management effects on the dynamics and storage rates of organic matter in long-term crop rotations, *Canadian Journal of Soil Science*, 84: 49–61.
- Payan, F., D.L. Jones, and J. Beer, 2007. Dynamics of size–density fractions of soil organic matter following the addition of tree litter to organic coffee farms, *Geoderma*, 141: 15–22.
- Pinheiro, E.F.M., M.G. Pereira, and L.H.C Anjos, 2004. Aggregate distribution and soil organic matter under different tillage systems for vegetable crops in a Red Latosol from Brazil, *Soil and Tillage Research*, 77: 79–84.
- Puget, P., C. Chenu, and J. Balesdent, 2000. Dynamics of soil organic matter associated with particle-size fractions of water-stable aggregates, *European Journal of Soil Science*, 51: 595–605.
- Salvo I., J. Hernandez, and O. Ernst, 2010. Distribution of soil organic carbon in different size fractions, under pasture and crop rotations with conventional tillage and no-till systems, *Soil and Tillage Research*, 109: 116–122.
- Six, J., and J.D. Jastrow, 2006. Organic matter turnover. In: Lal, T. (Ed.), Encyclopedia of Soil Science, Marcel Dekker, New York, 936–942.
- Six, J., P. Callewaert, S. Lenders, S. De Gryze, S.J. Morris, E.G. Gregorich, and E.A. Paul, 2002. Measuring and understanding carbon storage in afforested soils by physical fractionation, *Soil Science Society of American Journal*, 66: 1981–1987.
- Skjemstad, J.O., L.J. Janik, M.J. Head, and S.G. McClure, 1993. High energy ultraviolet photo-oxidation: A novel technique for studying physically protected organic matter in clay-and silt-sized aggregates, *Journal of Soil Science*, 44: 485-499.
- Smith, W.N., B.B. Grant, C.A. Campbell, B.G. McConkey, R.L. Desjardins, R. Kröbel, and S.S. Malhi, 2012. Crop residue removal effects on soil carbon: Measured and inter-model comparisons, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 161: 27–38.
- Sohi, S.P., N. Mahieu, J.R.M. Arah, B. Madari, and J.L. Gaunt, 2001. A procedure for isolation soil organic matter fractions suitable for modeling, *Soil Science Society of America Journal*, 65: 1121-1128.

Swanston, C.W., B.A. Caldwell, P.S. Homann, L. Ganio, and P. Sollins, 2002. Carbon dynamics during a long-term incubation of separate and recombined density fractions from seven forest soils, *Soil Biology and Biochemistry*, 34: 1121–1130.

Von Lutzow, M., I. Kogel-Knabner, B. Ludwig, E. Matzner, H. Flessa, K. Ekschmitt, G. Guggenberger, B. Marschner, and K. Kalbitz, 2008. Stabilization mechanisms of organic matter in four temperate soils: development and application of a conceptual model, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 171: 111-124.

Effects of land use change from low yield drylands to agro-forestry on soil physical properties and organic carbon stock

Y. Parvizi^{1*}, M. Gorji², R. Husaini Joodaki³, and K. Parvizi

¹Assistant Prof., Agriculture and Natural Resource Research Center of Kermanshah, I. R. Iran

²Associated Prof., Soil Science Department, University of Tehran, I. R. Iran

³M.Sc. Graduated, Soil Science Department, University of Tehran, I. R. Iran

⁴Assistant Prof., Agriculture and Natural Resource Research Center of Hamadan, I. R. Iran

(Received: 1 June 2015, Accepted: 21 November 2015)

Abstract

Human caused major impacts on formation and development of soil by management operations including changes in land cover and use. This research was conducted to evaluate the land use change and management operation type on qualitative and quantitative properties of soil organic carbon. For this purpose, land use changes of drylands to agro-forestry were compared with other crop management operation types including legume-cereal rotation type with medium and intensive tillage system and straw burning. Results indicated that free light fraction and inter aggregate light fraction organic carbon in agro-forestry land use type were doubled and 10 folded compared to semi-intended tillage with legumes in rotation system and intensive tillage with straw burning farms, respectively. Course particulate organic carbon, fine particulate organic carbon and carbon associated with silt and clay in agro-forestry land use type were 3.7, 4.6 and 22 gr/kg soil, respectively. Also, amounts of these carbon fractions in miss management drylands were 0.2, 0.3 and 4 gr/kg soil, respectively. Thus, land use changes from dryland, especially, low yield dryland, to agro-forestry, while maintaining and enhancing soil organic carbon stocks, can increase the return period and degradation intensity of carbon stock and resulted in longer time of emission of carbon into the atmosphere. This can improve the atmosphere and biosphere carbon balance which is useful for climate change mitigation.

Keywords: Agro-forestry, Inter aggregate soil organic carbon, Organic carbon fractionation, Soil management.