نسبت لایه‌بندی ماده آلی خاک و پایداری خاکدانه‌ها تحت تأثیر آتش‌سوزی در مراتع نیمه استپی چهارمحال و بختیاری

جلال حیدری، شجاع قربانی دشتکی[1]، فایز رئیسی و پژمان طهماسبی

دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه خاکشناسی دانشگاه شهرکرد؛ Heidary.jalal@yahoo.com

استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه شهرکرد؛ shoja2002@yahoo.com

استاد گروه خاکشناسی دانشگاه شهرکرد؛ fayez.raiesi@gmail.com

استادیار گروه مرتع و آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه شهرکرد؛ tahmas56@yahoo.com

دریافت: 91/6/19 و پذیرش: 92/7/22

چکیده

نسبت لایه‌بندی ماده آلی خاک و پایداری خاکدانه‌ها را می‌توان به عنوان شاخص‌های کیفیت خاک تحت شرایط مختلف از جمله آتش‌سوزی پوشش گیاهی مراتع محسوب کرد. هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر آتش‌سوزی پوشش گیاهی بر نسبت لایه‌بندی ماده آلی خاک، پایداری خاکدانه‌ها و توزیع ماده آلی در خاکدانه‌های ریز و درشت در مراتع نیمه استپی کرسنک واقع در استان چهارمحال و بختیاری بود. بدین منظور، مراتعی با تاریخچه‌ی آتش‌سوزی متفاوت که طی سال‌های 1387، 1388 و 1389 به ترتیب 3، 2 و 1 سال پیش از مطالعه دچار آتش‌سوزی شده بودند، انتخاب گردید. نمونه‌برداری از دو عمق سطحی (10-0 سانتی‌متر) و زیر سطحی (25-15 سانتی‌متر)، مربوط به هر نقطه دچار آتش-سوزی و نقطه مجاور آن که دچار آتش نشده بود (شاهد) در 9 تکرار (مجموعاً 108 نمونه) انجام شد. سپس تأثیر آتش‌سوزی بر نسبت لایه‌بندی ویژگی‌های ذکر شده با آزمون t مستقل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد ماده آلی خاک و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) در نمونه‌های سطحی تیمارهای 1 و 2 سال پس از آتش‌سوزی در مقایسه با شاهد به صورت معنی‌دار کاهش یافت. همچنین، ماده آلی ذره‌ای (POM) در نمونه‌های سطحی در تمام سال‌های مورد مطالعه در مناطق سوخته شده به طور معنی‌داری کمتر از مناطق شاهد مجاور بود. تأثیر آتش‌سوزی بر نسبت لایه‌بندی ماده آلی خاک در تیمارهای 1 و 2 سال پس از آتش‌سوزی در مقایسه با مناطق شاهد معنی‌دار بوده و به ترتیب 26 و 22 درصد کاهش یافت. ماده آلی بخش درشت در لایه سطحی و زیر سطحی تیمار 1 سال پس از آتش‌سوزی در مقایسه با شاهد کاهش معنی‌دار داشت. در حالی که، ماده آلی بخش ریز در لایه زیر سطحی تیمار 1 سال پس از آتش‌سوزی نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار نشان داد. یافته‌های این پژوهش نشان داد که تأثیر آتش‌سوزی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، در لایه سطحی به دلیل شدت بیشتر آتش‌سوزی، نسبت به لایه زیر سطحی بیشتر بود. افزون بر آن، آتش‌سوزی باعث کاهش ماده آلی خاک و همچنین پایداری خاکدانه‌ها و در نتیجه افت (تنزل) کیفیت خاک اراضی مرتعی مورد مطالعه گردید.

واژه‌های کلیدی: چرخه کربن، ساختمان خاک

مقدمه

خاک به عنوان یک منبع طبیعی، زیربنای اصلی حیات روی کره‌ی زمین را تشکیل می‌دهد و باید با مدیریتی پایدار برای آینده حفظ شود.

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: شهرکرد، بلوار رهبر، دانشگاه شهرکرد، دانشکده کشاورزی، گروه خاکشناسی، صندوق پستی 115

این در حالی است که بر اثر وقوع آتش‌سوزی‌های عمدی و سهوی در مراتع، پوشش گیاهی مراتع یکباره به خاکستر تبدیل شده و در نتیجه آن، ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک این اکوسیستم‌ها دستخوش تغییر می‌شوند. آتش‌سوزی به عنوان یک فرایند اکولوژیک و یک پدیده طبیعی و قابل تکرار، تأثیر زیادی بر اکوسیستم‌ها، به ویژه اکوسیستم‌های مرتعی دارد و به موجب آن ویژگی‌های کمی و کیفی مراتع از جمله کیفیت خاک آن تغییر یافته و توان اکولوژیک این منابع عظیم مختل گردیده (مصداقی، 2004) و کیفیت خاک این اراضی نیز دچار تنزل می‌شود.

با توجه به کمبود مواد آلی در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک، در صورت وقوع آتش‌سوزی‌های مکرر در مراتع این مناطق، خسارات جبران ناپذیری بر کیفیت خاک و اکوسیستم وارد می‌شود، به‌طوری که گاهی آتش‌سوزی پوشش گیاهی سبب بروز تغییرات دائمی و غیرقابل بازگشت در ویژگی‌های خاک می‌گردد و ممکن است اثرات زیان‌آوری بر ماده آلی و متعاقب آن بر دیگر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک داشته باشد (سرتینی، 2005). به عنوان مثال هنگام آتش‌سوزی، پوشش گیاهی و لایه لاشبرگ به‌طور مستقیم از بین می‌روند و با سوختن ماده آلی و گرم شدن خاک سطحی، ماده آلی خاک کاهش می‌یابد. کاهش ماده آلی بر اثر آتش‌سوزی، کاهش پایداری خاکدانه‌ها، کاهش تهویه و افزایش جرم ویژه ظاهری را به دنبال خواهد داشت (ولز و همکاران، 1979).

به منظور بررسی تأثیر آتش‌سوزی بر ویژگی‌های خاک و نهایتاً کیفیت خاک دو راه وجود دارد. نخست اینکه مقادیر مطلق ویژگی‌های تعیین‌کننده‌ی کیفیت خاک مورد استفاده و مقایسه قرار گیرند و دیگر اینکه مقادیر نرمال‌شده‌ی این ویژگی‌ها به منظور انجام مقایسات به‌کار گرفته شوند. در صورتی که مقدار مطلق کمیت (به عنوان مثال ماده‌ی آلی) لحاظ گردد، تأثیر آتش‌سوزی در دو منطقه با تاریخچه آتش‌سوزی متفاوت که دارای ماده آلی یکسانی هستند، معلوم نخواهد شد. به عبارت دیگر، با مقادیر مطلق ویژگی، تغییرات آن را در اثر آتش‌سوزی در دو منطقه نشان نخواهد داد. بنابراین، می‌توان قضاوت نمود که کیفیت خاک در این دو منطقه برابر است. با این وجود به نظر می‌رسد مقادیر مطلق ماده آلی روش مناسبی برای ارزیابی اثر آتش‌سوزی بر ویژگی‌های خاک و کیفیت خاک نخواهد بود. زیرا ممکن است در منطقه مورد مطالعه دیگر عوامل مؤثر بر مقدار ماده آلی خاک مانند اقلیم یا تفاوت ارتفاع، شیب و جهت شیب، مانع از تجمع یا کاهش ماده آلی در یکی از مناطق گردد. به منظور غلبه بر این محدودیت‌های محیطی و تعیین اثر آتش‌سوزی بر کیفیت خاک بهتر است از مقادیر نرمال شده‌ی ویژگی‌ها یعنی نسبت لایه‌بندی[1] استفاده شود. در این صورت امکان مقایسه خاک‌های مناطق اکولوژیکی متفاوت و در موقعیت‌های مختلف چشم انداز[2] نیز فراهم می‌گردد. در این راستا، درجه یا نسبت لایه‌بندی ماده آلی خاک و پایداری خاکدانه‌ها را می‌توان به عنوان شاخص کیفیت خاک تحت شرایط مختلف از جمله خاکورزی و آتش‌سوزی پوشش گیاهی محسوب کرد (فرانزلوبرز و همکاران، 2007؛ زوریتا و گرو، 2002)، زیرا ماده آلی و ساختمان خاک به هم وابسته بوده و تغییر در یکی سبب تغییر در دیگری می‌شود و هر دو برای کنترل فرسایش، نفوذ آب به خاک و نگهداری عناصر غذایی خاک ضروری می‌باشند.

طبق تعریف، نسبت لایه‌بندی ویژگی‌های خاک عبارت از مقادیر ویژگی‌های سطحی خاک تقسیم بر مقادیر همان ویژگی‌ها در لایه زیر سطحی است (فرانزلوبرز، 2002). استفاده از نسبت لایه‌بندی ماده آلی خاک برای قضاوت در مورد بسیاری از عملکردهای خاک در اکوسیستم‌های طبیعی از قبیل مراتع ضروری است (فرانزلوبرز و همکاران، 2007؛ زوریتا و گرو، 2002). در پژوهش‌های انجام شده در این خصوص، اغلب تأثیر عملیات کشاورزی و روش‌های مختلف خاکورزی بر نسبت لایه‌بندی ماده آلی مورد مطالعه قرار گرفته است. در پژوهشی فرانزلوبرز (2002) تغییرات نسبت لایه‌بندی ماده آلی خاک تحت تأثیر شخم معمولی و بدون شخم را در 3 منطقه مورد مطالعه قرار داد. نتایج این پژوهشگر نشان داد که نسبت لایه‌بندی ماده آلی خاک در هر 3 منطقه بر اثر شخم سنتی نسبت به بدون شخم کاهش معنی‌دار نشان داد.

مطالعات پیشین در زمینه تأثیر آتش‌سوزی بر توزیع مواد آلی خاک حاکی از کاهش حدود 42 درصدی ذخیره کربن خاک پس از آتش‌سوزی است (نوارا و همکاران، 2010). طی پژوهشی، کایود و همکاران (2008) تأثیر سوزاندن کاه و کلش مزارع بر کیفیت خاک را مورد ارزیابی قرار دادند. در این پژوهش دو سایت آزمایشی در خاک آلفی‌سول برای ارزیابی تغییرات ویژگی‌های فیزیکی خاک تحت تأثیر آتش‌سوزی انتخاب شدند. آن‌ها گزارش کردند که در نتیجه آتش‌سوزی، میانگین وزن قطر خاکدانه‌ها (MWD) در سایت 1 در عمق‌های 5-0 و 10-5 سانتی‌متری به ترتیب 30/8 و

1. Stratification Ratio
2. Landscape

43/5 درصد و در سایت 2 به ترتیب 46/2 و 44/7 درصد کاهش یافت و در نهایت آتش‌سوزی سبب کاهش کیفیت خاک شد. گرانجید و همکاران (2011) نیز تغییرات تدریجی ویژگی‌های خاک مناطق مدیترانه‌ای در طول 3 سال پس از آتش‌سوزی آزمایشی را مطالعه کردند. این محققین گزارش کردند که ماده آلی در طول 3 سال آتش-سوزی نسبت به شرایط قبل از آتش‌سوزی کاهش یافت و در نتیجه‌ی کاهش درصد ماده آلی و تغییر بافت خاک پس از آتش‌سوزی، جرم ویژه ظاهری خاک افزایش و پایداری خاکدانه‌ها کاهش یافت.

سوزاندن پوشش گیاهی مراتع برای افزایش گونه‌های گیاهی یک ساله و کاهش گونه‌های چوبی از دیر باز در تمام نقاط جهان متداول بوده است (هاوبنساک و همکاران، 2009). در چند سال اول پس از آتش‌سوزی، جمعیت گونه‌های گیاهی چوبی کاهش و گیاهان خوشخوراک مرتعی افزایش می‌یابد که این پدیده مورد توجه دامداران می‌باشد و یکی از دلایل اصلی آتش‌سوزی در مراتع نیمه استپی کرسنک واقع در استان چهارمحال و بختیاری می‌باشد. این مراتع که اغلب تحت چرای دام‌های عشایر و اهالی منطقه قرار دارد تاکنون آتش‌سوزی‌های متعددی را به خود دیده است. با توجه به کمبود مواد آلی در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک، وقوع آتش‌سوزی‌های سالانه در مراتع، خساراتی بر ویژگی‌های خاک و به طور کلی اکوسیستم وارد می‌کند. از دیگر سو، تاکنون مطالعه‌ای در زمینه تأثیر سوزاندن پوشش گیاهی مراتع بر نسبت لایه‌بندی ماده آلی خاک و پایداری خاکدانه‌ها در اراضی مرتعی نیمه استپی صورت نگرفته است. لذا هدف از این پژوهش، مطالعه تأثیر آتش‌سوزی بر نسبت لایه‌بندی ماده آلی خاک و پایداری خاکدانه‌ها در مراتع نیمه استپی منطقه کرسنک واقع در استان چهارمحال و بختیاری بود.

$$MWD = \sum_{i=1}^{n} x_i w_i \qquad (1)$$

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مراتع نیمه استپی کرسنک با ارتفاع متوسط 2574 متر از سطح دریا با میانگین بارندگی 560 میلی‌متر درسال و مختصات جغرافیایی 32 درجه و 30 دقیقه و 19 ثانیه تا 32 درجه و 32 دقیقه و 33 ثانیه عرض شمالی و 50 درجه و 26 دقیقه و 4 ثانیه تا 50 درجه و 27 دقیقه و 35 ثانیه طول شرقی انجام گرفته است. از نظر تقسیمات کشوری، این محدوده در شمال غربی شهرستان شهرکرد و فاصله آن تا شهرستان شهرکرد 67 کیلومتر است. اقلیم منطقه خشک و نیمه خشک و میانگین درجه حرارت سالانه آن 9/91 درجه سانتی‌گراد است. رژیم رطوبتی منطقه زریک[1] و رژیم حرارتی آن مزیک[2] است. این منطقه شامل 3 تیپ عمده گیاهی شامل *Astragalus adscendense*، *Agropyron repense* و *Broumus tomentelus* است، که عمده آتش‌سوزی‌ها در دو تیپ اول اتفاق افتاده است.

منطقه کرسنک، دارای مراتعی با تاریخچه‌ی متفاوت آتش‌سوزی است که در تابستان سال‌های 1387، 1388 و 1389 دچار آتش‌سوزی شده بودند. افزون بر آن، در مجاور مناطق سوخته شده، مناطق فاقد آتش‌سوزی نیز وجود داشت که به عنوان شاهد در نظر گرفته شد که از نظر توپوگرافی، پوشش گیاهی و دیگر عوامل مؤثر بر ویژگی‌های خاک شرایط یکسانی با مناطق سوخته داشتند. در این پژوهش 6 تیمار شامل 3 تیمار تحت تأثیر آتش-سوزی که به ترتیب 3، 2 و 1 سال پیش از مطالعه حاضر دچار آتش‌سوزی شده بودند و 3 تیمار شاهد (بدون آتش‌سوزی) مجاور آن‌ها انتخاب گردید. برای هر کدام از تیمارهای ذکر شده، 9 تکرار لحاظ و آزمایش‌های مربوطه در هر تکرار انجام گردید. بنابراین، تعداد نمونه‌های خاک برای مطالعات آزمایشگاهی با توجه به دو عمق سطحی (10-0 سانتی‌متر) و زیر سطحی (25-15 سانتی‌متر)، 108 نمونه بود که جامعه آماری این تحقیق را تشکیل دادند. نمونه‌های خاک به آزمایشگاه منتقل و پس از هوا خشک شدن برای اندازه‌گیری پایداری خاکدانه‌ها، از نمونه‌های عبور داده شده از الک 4 میلی‌متری و برای اندازه‌گیری دیگر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از نمونه‌های عبور داده شده از الک 2 میلی‌متری استفاده شد.

برای تعیین پایداری خاکدانه‌ها به روش غربال کردن در آب ارائه شده توسط کامباردلا و الیوت (1993) استفاده گردید و به کمک رابطه زیر میانگین وزنی قطر[3] (MWD) خاکدانه‌ها محاسبه شد. برای جداسازی ذرات شن از خاکدانه‌ها روی هر الک با استفاده از کالگن، تصحیح شن صورت گرفت.

که در آن: xi متوسط قطر یا اندازه خاکدانه‌ها در هرکلاس، wi نسبت وزن خاکدانه‌ها روی هر الک به کل خاک است.

برای تعیین کربن آلی نمونه‌های خاک تفکیک شده (بر اساس اندازه خاکدانه‌ها) در دو جزء درشت (2-0/25 میلی‌متر) و ریز (کوچکتر از 0/25 میلی‌متر) و

1. Xeric Moisture Regime
2. Mesic Thermal Regime
3. Mean Weight Diameter (MWD)

تفکیک نشده (در مجموع 324 نمونه) از روش اکسیداسیون تر با دی‌کرومات‌پتاسیم و تیتراسیون برگشتی با فروسولفات آمونیوم استفاده شد (نلسون و سامر، 1996). در این پژوهش، ماده آلی ذره‌ای[1] (POM) به روش شناورسازی اندازه‌گیری شد (گرگوریچ و بیر، 2008).

داده‌های بدست آمده در نرم‌افزار SPSS 16 مورد تجزیه و تحلیل نهایی قرار گرفت و برای اثبات وجود اختلاف معنی‌دار بین مناطق سوخته شده و شاهد از آزمون t مستقل در سطح احتمال 5 درصد استفاده شد.

نتایج

نتایج مربوط به مقایسه مقادیر مطلق ماده آلی خاک، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها و ماده آلی ذره‌ای در در تیمارهای شاهد و دچار آتش‌سوزی در جدول (1) ارائه شده است. دامنه تغییرات ماده آلی در مناطق سوخته شده در لایه سطحی 7/95 تا 25/5 و در لایه زیر سطحی 6/63 تا 23/2 گرم بر کیلوگرم و در مناطق شاهد در لایه سطحی 15/6 تا 27/5 و در لایه زیر سطحی 9/28 تا 19/8 گرم بر کیلوگرم بود. تجزیه و تحلیل آماری داده‌های مقدار ماده آلی در مناطق سوخته شده و شاهد نشان می‌دهد آتش سبب کاهش معنی‌دار ماده آلی در لایه سطحی در تیمارهای 1 و 2 سال پس از آتش نسبت به شاهد شد و در مقایسه با مناطق شاهد به ترتیب 35 و 22 درصد کاهش یافت. تأثیر آتش بر ماده آلی خاک در لایه زیر سطحی در تیمارهای 1، 2 و 3 سال پس از آتش نسبت به مناطق شاهد معنی‌دار نبود (شکل 1).

دامنه تغییرات میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) در مناطق سوخته شده در لایه سطحی 0/58 تا 0/94 و در لایه زیر سطحی 0/49 تا 0/83 میلی‌متر و در مناطق شاهد در لایه سطحی 0/68 تا 0/98 و در لایه زیر سطحی 0/5 تا 0/86 میلی‌متر بود. MWD در لایه سطحی و زیر سطحی تیمار 1 سال پس از آتش‌سوزی نسبت به شاهد به ترتیب 18 و 24 درصد کاهش یافت و همچنین در لایه سطحی تیمار 2 سال پس از آتش‌سوزی نسبت به شاهد 12 درصد کمتر بود، در حالی که آتش‌سوزی تأثیری بر MWD لایه زیر سطحی در این تیمار نداشت. در لایه سطحی و زیر سطحی تیمار 3 سال پس از آتش‌سوزی نیز، MWD تفاوتی نسبت به شاهد نداشت. نتایج نشان داد که در لایه سطحی در تیمارهای 1 و 2 سال پس از آتش‌سوزی، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) نسبت به مناطق شاهد کاهش معنی‌دار داشت. همچنین MWD در لایه زیر سطحی تنها در تیمار 1 سال پس از آتش‌سوزی در مقایسه با مناطق شاهد کاهش معنی‌دار نشان داد (شکل 1).

ماده آلی ذره‌ای (POM) بخشی از ماده آلی است که از نظر مقدار تجزیه حد واسط بقایای گیاهی تازه و هوموس می‌باشد و به عنوان ذخیره موقتی مواد آلی خاک شناخته می‌شود. این بخش از ماده آلی هرچند سهم ناچیزی از حجم خاک را به خود اختصاص می‌دهد، ولی به دلیل داشتن زمان بازگشت کوتاه و نیز غنی بودن از عناصر غذایی و کربن، یکی از شاخص‌های مهم کیفیت خاک محسوب می‌شود (کامباردلا و الیوت، 1992). افزون بر آن، ماده آلی ذره‌ای به عنوان یک شاخص حساس به تغییرات ماده آلی خاک، در نتیجه شیوه‌های مدیریتی متفاوت از جمله آتش‌سوزی پوشش گیاهی است (گریگوریچ و همکاران، 1997). آتش‌سوزی پوشش گیاهی با کاهش ماده آلی خاک و لایه لاشبرگ موجب کاهش ماده آلی ذره‌ای می‌شود و در نتیجه آن کیفیت خاک تنزل می‌یابد. دامنه تغییرات ماده آلی ذره‌ای (POM) در مناطق سوخته شده در لایه سطحی 2/01 تا 8/91 و در لایه زیر سطحی 0/79 تا 7/75 گرم بر کیلوگرم و در مناطق شاهد در لایه سطحی 5/84 تا 13/6 و در لایه زیر سطحی 1/72 تا 11/6 گرم بر کیلوگرم بود. در تمامی سال‌های مورد مطالعه، POM در مناطق سوخته شده در لایه سطحی به ترتیب 39، 28 و 27 درصد کمتر از مناطق شاهد بود (جدول 1). نتایج مقایسات میانگین نشان دهنده کاهش معنی‌دار ماده آلی ذره‌ای در نمونه‌های سطحی در تمام سال های مورد مطالعه در مناطق سوخته شده در مقایسه با مناطق شاهد مجاور است (شکل 1).

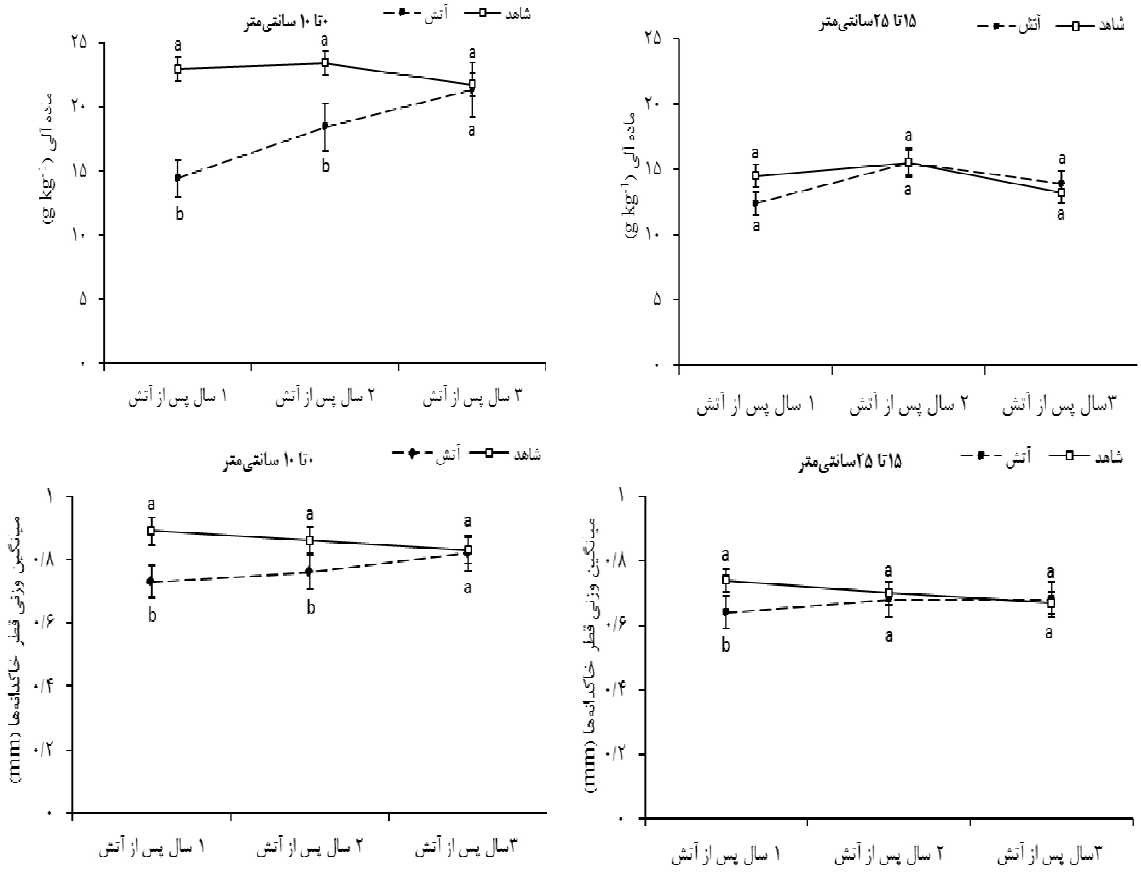
---

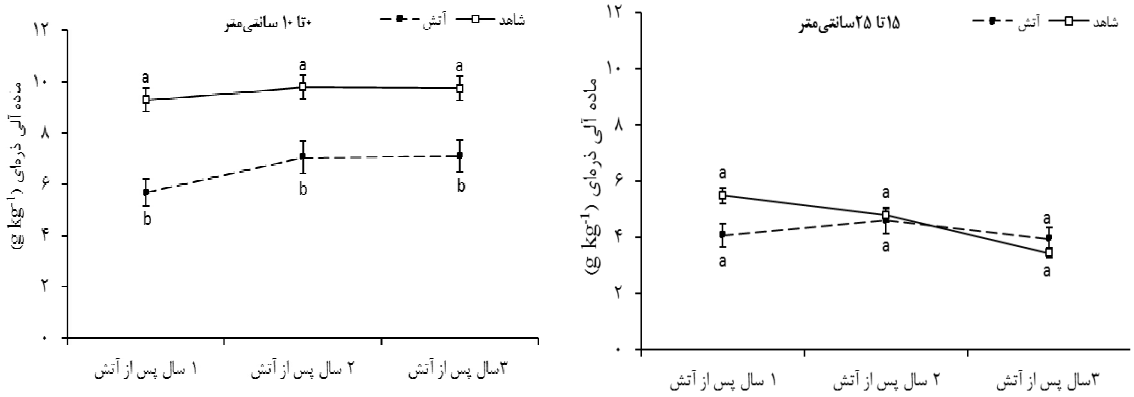
[1] Particular Organic Matter (POM)

جدول 1- مقایسه میانگین مقدار ماده آلی ($g\ kg^{-1}$)، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (mm) و ماده آلی ذره‌ای کل خاک ($g\ kg^{-1}$) در تیمارهای 1، 2 و 3 سال پس از آتش‌سوزی و شاهد

ویژگی	عمق (cm)	1 سال پس از آتش			2 سال پس از آتش			3 سال پس از آتش		
		آتش	شاهد	تفاوت با شاهد	آتش	شاهد	تفاوت با شاهد	آتش	شاهد	تفاوت با شاهد
ماده آلی	0-10	(1/8) 14/4	(1/1) 22/9	-8/5 *	(1/5) 18/2	(0/7) 23/4	-5/2 *	(0/6) 21/3	(1/1) 21/7	-0/4 ns
	15-25	(1/7) 12/4	(1/3) 14/5	-2/1 ns	(1/5) 15/5	(1/1) 15/5	0/0 ns	(0/8) 13/9	(0/5) 13/2	0/7 ns
میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها	0-10	(0/02) 0/729	(0/01) 0/892	-0/163 *	(0/02) 0/764	(0/02) 0/862	-0/116 *	(0/03) 0/817	(0/04) 0/830	-0/013 ns
	15-25	(0/03) 0/642	(0/02) 0/744	-0/102 *	(0/02) 0/678	(0/03) 0/701	-0/023 ns	(0/03) 0/679	(0/02) 0/671	-0/008 ns
ماده آلی ذره‌ای	0-10	(0/6) 5/7	(0/8) 9/4	-3/7 *	(0/4) 7/1	(0/8) 9/8	-2/7 *	(0/4) 7/1	(1/1) 9/7	-2/6 *
	15-25	(0/8) 3/6	(0/9) 5/5	-1/9 ns	(0/6) 4/6	(0/4) 4/8	-0/2 ns	(0/4) 3/9	(0/6) 2/8	1/1 ns

منظور از 1، 2 و 3 سال پس از آتش، به ترتیب آتش‌سوزی در سال‌های 1389، 1388 و 1387 است. میانگین‌های مشخص شده با (*) و (ns) به ترتیب نشانگر تفاوت معنی‌دار و عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال 5% می‌باشند. اعداد داخل پرانتز انحراف معیار می‌باشند.





شکل 1- مقایسه میزان ماده آلی، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) و ماده آلی ذره‌ای (POM) در لایه سطحی (10-0 سانتی‌متر) و زیر سطحی (25-15 سانتی‌متر)، در مناطق آتش‌سوزی و شاهد. منظور از 1، 2 و 3 سال پس از آتش‌سوزی، به ترتیب آتش‌سوزی در سال‌های 1389، 1388 و 1387 است. میانگین‌های مشخص شده با حروف یکسان نشانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال 5% می‌باشد

در شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک (خاک‌هایی با ماده آلی کم) تعیین ماده آلی به تنهایی نمی‌تواند نشان دهنده کیفیت خاک باشد، زیرا ممکن است با تجزیه ماده آلی خاک، تغییرات و حساسیت ماده آلی به مدیریت‌های اعمال شده کند شود (میلرو و همکاران، 2012). در صورتی که مقادیر مطلق ماده آلی به عنوان عامل تعیین کننده کیفیت خاک لحاظ گردد دو منطقه تحت تأثیر آتش‌سوزی با تاریخچه متفاوت که دارای ماده آلی یکسانی هستند، خاک‌هایی با یک کیفیت شناخته می‌شوند. بر همین اساس می‌توان قضاوت نمود که کیفیت خاک در این دو منطقه برابر است. با این وجود به نظر می‌رسد مقادیر مطلق ماده آلی روش مناسبی برای ارزیابی کیفیت خاک بر اثر آتش‌سوزی نخواهد بود. زیرا ممکن است در منطقه مورد مطالعه دیگر عوامل مؤثر بر مقدار ماده آلی خاک مانند اقلیم یا تفاوت ارتفاع، شیب و جهت شیب، مانع از تجمع یا کاهش ماده آلی در یکی از مناطق گردد. به منظور غلبه بر این محدودیت‌های محیطی و تعیین اثر آتش‌سوزی بر کیفیت خاک بهتر است از نسبت لایه‌بندی استفاده شود. در این صورت امکان مقایسه خاک‌های مناطق اکولوژیکی متفاوت و در موقعیت‌های مختلف چشم انداز فراهم می‌گردد. برای محاسبه نسبت لایه‌بندی ماده آلی خاک، پایداری خاکدانه‌ها و ماده آلی ذره‌ای، مقادیر این ویژگی‌ها در لایه سطحی (10-0 سانتی‌متر) بر لایه زیر سطحی (25-15 سانتی‌متر) تقسیم شد، از مقدار کمیت در عمق زیر به منظور نرمال نمودن ارزیابی استفاده می‌شود.

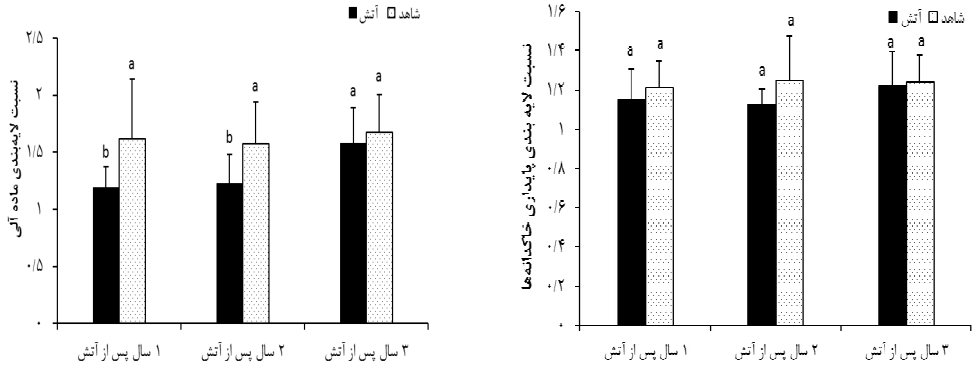
نتایج مربوط به مقایسه نسبت لایه‌بندی ماده آلی خاک، پایداری خاکدانه‌ها و ماده آلی ذره‌ای در تیمارهای شاهد و دچار آتش سوزی در جدول (2) ارائه و نسبت لایه‌بندی شاخص‌های ذکر شده طی سال‌های مختلف آتش‌سوزی با مناطق همجوارشان (شاهد) مقایسه شد و اختلافاتی که در این شاخص‌ها در سال‌های مختلف وجود داشت، آشکار گردید. دامنه تغییرات نسبت لایه بندی ماده آلی در مناطق تحت تأثیر آتش‌سوزی بین 0/66 تا 2/05 و در مناطق شاهد از 1/00 تا 2/51 متغیر بود. نتایج حاصل از مقایس میانگین‌ها نشان داد که تأثیر آتش‌سوزی بر نسبت لایه‌بندی ماده آلی خاک در تیمارهای 1 و 2 سال پس از آتش‌سوزی در مقایسه با مناطق شاهد معنی‌دار بود و نسبت لایه‌بندی ماده آلی خاک را در این تیمارها نسبت به شاهد به ترتیب 26 و 22 درصد کاهش نشان داد. همچنین، نسبت لایه‌بندی ماده آلی خاک در تیمار 3 سال پس از آتش‌سوزی در مقایسه با شاهد کمتر بود اما اختلاف آن‌ها از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (شکل 2). دامنه تغییرات نسبت لایه‌بندی پایداری خاکدانه‌ها نیز در مناطق تحت تأثیر آتش‌سوزی بین 0/88 تا 1/47 و در مناطق شاهد از 1/05 تا 1/78 متغیر بود. با وجود این که نسبت لایه‌بندی پایداری خاکدانه‌ها در تمام سال‌های مورد مطالعه در مناطق سوخته در مقایسه با مناطق شاهد مجاور کمتر بود، ولی اختلاف آن‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود (شکل 2). دامنه تغییرات نسبت لایه بندی ماده آلی ذره‌ای در مناطق تحت تأثیر آتش‌سوزی بین 0/73 تا 3/94 و در مناطق شاهد از 1/08 تا 4/37 متغیر بود. نتایج نشان دهنده کاهش معنی‌دار نسبت لایه‌بندی ماده آلی ذره‌ای تنها در تیمار 3 سال پس از آتش‌سوزی در مقایسه با شاهد بود و در مقایسه با شاهد 34 درصد کاهش یافت. افزون بر آن، نتایج نشان

داد که نسبت لایه‌بندی ماده آلی ذره‌ای در تیمار 1 و 2 سال پس از آتش‌سوزی نسبت به شاهد کمتر بود ولی اختلاف آن‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود (شکل 3).

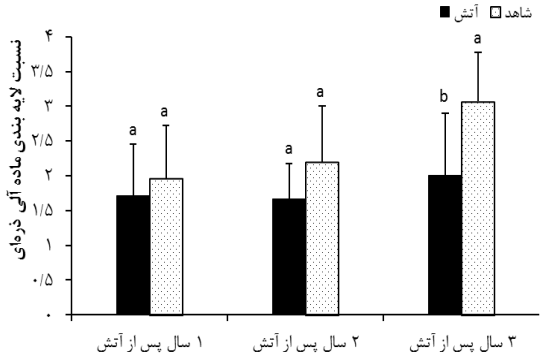
جدول 2- مقایسه میانگین نسبت لایه‌بندی ماده آلی، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها و ماده آلی ذره‌ای کل خاک در تیمارهای 1، 2 و 3 سال پس از آتش و شاهد.

ویژگی	1 سال پس از آتش			2 سال پس از آتش			3 سال پس از آتش		
	آتش	شاهد	تفاوت با شاهد	آتش	شاهد	تفاوت با شاهد	آتش	شاهد	تفاوت با شاهد
نسبت لایه‌بندی ماده آلی	1/19 (0/06)	1/62 (0/17)	-0/43 *	1/23 (0/80)	1/57 (0/12)	-0/34 *	1/58 (0/10)	1/67 (0/11)	-0/09 ns
نسبت لایه‌بندی میانگین وزنی قطر	1/15 (0/15)	1/21 (0/13)	-0/06 ns	1/13 (0/07)	1/25 (0/21)	-0/12 ns	1/22 (0/16)	1/24 (0/11)	-0/02 ns
نسبت لایه بندی ماده آلی ذره‌ای	1/72 (0/24)	1/97 (0/25)	-0/25 ns	1/67 (0/17)	2/19 (0/29)	-0/52 ns	2/01 (0/29)	3/07 (0/23)	-1/06 *

منظور از 1، 2 و 3 سال پس از آتش، به ترتیب آتش‌سوزی در سال‌های 1389، 1388 و 1387 است. میانگین‌های مشخص شده با (*) و (ns) به ترتب نشانگر تفاوت معنی‌دار و عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال 5% می‌باشند. اعداد داخل پرانتز انحراف معیار می‌باشند.



شکل 2- نسبت لایه‌بندی ماده آلی خاک و پایداری خاکدانه‌ها در تیمارهای 1، 2 و 3 سال پس از آتش‌سوزی و شاهد منظور از 1، 2 و 3 سال پس از آتش‌سوزی، به ترتیب آتش‌سوزی در سال‌های 1389، 1388 و 1387 است. میانگین‌های مشخص شده با حروف یکسان نشانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال 5% می‌باشد.



شکل 3- نسبت لایه‌بندی ماده آلی ذره‌ای در تیمارهای 1، 2 و 3 سال پس از آتش‌سوزی و شاهد. منظور از 1، 2 و 3 سال پس از آتش‌سوزی، به ترتیب آتش‌سوزی در سال‌های 1389، 1388 و 1387 است. میانگین‌های مشخص شده با حروف یکسان نشانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال 5% می‌باشد.

درصد وزنی خاکدانه‌ها در دو بخش درشت (2-0/25 میلی‌متر) و ریز (کوچکتر از 0/25 میلی‌متر) در تیمارهای 1، 2 و 3 سال پس از آتش‌سوزی و شاهد در جدول (3) ارائه گردیده است. با توجه به جدول (3)، درصد وزنی خاکدانه‌های درشت (2-0/25 میلی‌متر) در تیمار 1 سال پس از آتش‌سوزی در لایه سطحی و زیر سطحی به ترتیب 18 و 19 درصد کمتر از شاهد بود. اما درصد وزنی خاکدانه‌های ریز (کوچکتر از 0/25 میلی‌متر) در لایه سطحی و زیر سطحی تیمار 1 سال پس از آتش‌سوزی نسبت به شاهد به ترتیب 32 و 26 درصد افزایش داشت. نتایج حاصل از مقایسه میانگین بین درصد وزنی خاکدانه‌ها در مناطق سوخته و شاهد نشان داد که، درصد وزنی خاکدانه‌های درشت در هر دو لایه سطحی و زیر سطحی در تیمار 1 سال پس از آتش‌سوزی نسبت به شاهد کاهش معنی‌دار داشت. این در حالی است که، درصد وزنی خاکدانه‌های ریز در هر دو لایه سطحی و زیر سطحی در تیمار 1 سال پس از آتش‌سوزی نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار نشان داد. اگرچه این روند در تیمارهای 2 و 3 سال از آتش‌سوزی نیز مشاهده شد، اما اختلاف آن‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول 3).

جدول 3- مقایسه میانگین درصد وزنی خاکدانه‌ها در دو بخش درشت (2-0/25 میلی‌متر) و ریز (کوچکتر از 0/25 میلی‌متر) در تیمارهای 1، 2 و 3 سال پس از آتش‌سوزی و شاهد

اندازه خاکدانه	عمق (cm)	1 سال پس از آتش			2 سال پس از آتش			3 سال پس از آتش		
		آتش	شاهد	تفاوت با شاهد	آتش	شاهد	تفاوت با شاهد	آتش	شاهد	تفاوت با شاهد
خاکدانه درشت	0-10	(2/22) 52/8	(1/02) 64/3	-11/5 *	(2/48) 56/9	(1/02) 60/9	-4/0 ns	(3/21) 56/1	(3/25) 60/7	-4/6 ns
	15-25	(3/04) 46/9	(2/75) 57/9	-11/0 *	(2/05) 51/5	(1/7) 52/0	-0/5 ns	(2/47) 51/7	(1/57) 49/3	2/4 ns
خاکدانه ریز	0-10	(2/22) 47/2	(1/02) 35/7	-11/5 *	(2/48) 43/1	(1/02) 39/1	4/0 ns	(3/21) 43/9	(3/25) 39/3	4/6 ns
	15-25	(3/04) 53/1	(2/75) 42/1	-11/0 *	(2/05) 48/5	(1/7) 48/0	0/5 ns	(2/47) 48/3	(1/57) 50/7	-2/4 ns

منظور از 1، 2 و 3 سال پس از آتش، به ترتیب آتش‌سوزی در سال‌های 1389، 1388 و 1387 است. میانگین‌های مشخص شده با (*) و (ns) به ترتب نشانگر تفاوت معنی‌دار و عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال 5% می‌باشند. اعداد داخل پرانتز انحراف معیار می‌باشند.

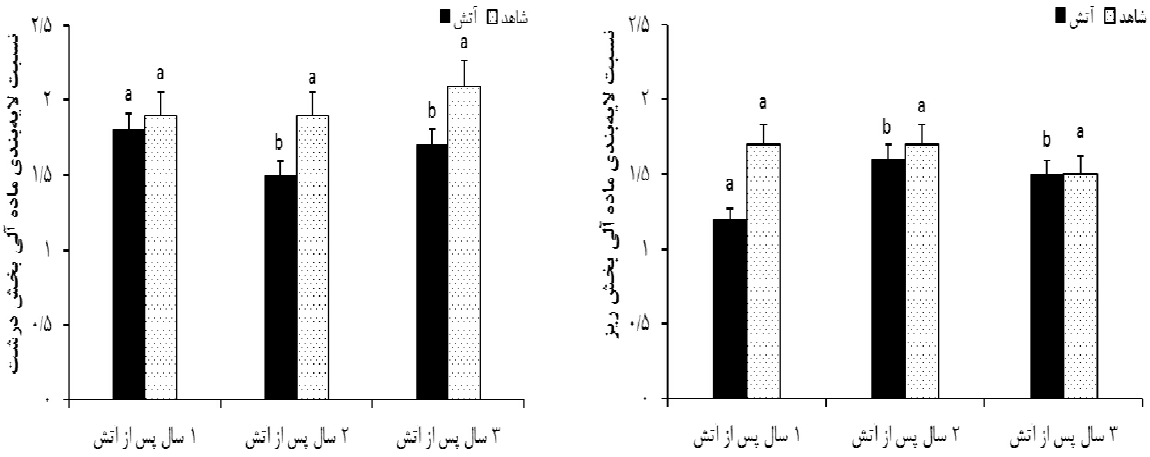
نظر به این که درصد وزنی خاکدانه‌های درشت و ریز بین تیمارها متفاوت است، لذا سهم آن‌ها در کل ماده آلی نیز متفاوت خواهد بود. از این رو، ماده آلی موجود در بخش‌های درشت و ریز بر حسب گرم بر کیلوگرم خاک که حاصلضرب غلظت ماده آلی بر حسب گرم بر کیلوگرم هر بخش ضرب در وزن نسبی هر بخش است، محاسبه و در جدول (4) ارائه گردید. مقایسه میانگین ماده آلی موجود در بخش‌های درشت و ریز در مناطق سوخته شده و شاهد نشان می‌دهد که اثر آتش‌سوزی در لایه سطحی و زیر سطحی تیمار 1 سال پس از آتش‌سوزی بر ماده آلی درشت معنی‌دار بود و آتش‌سوزی باعث کاهش آن در مقایسه با شاهد گردید. همچنین ماده آلی در بخش درشت لایه سطحی تیمار 2 سال پس از آتش‌سوزی به صورت معنی‌داری کمتر از شاهد بود. ماده آلی در بخش ریز نیز تنها در لایه زیر سطحی تیمار 1 سال پس از آتش‌سوزی نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار نشان داد. افزون بر آن با توجه به جدول (4) می‌توان گفت که 46 درصد از کاهش ماده آلی خاک ناشی از کاهش ماده آلی خاکدانه‌های درشت و 6 درصد از کاهش ماده آلی خاک ناشی از کاهش ماده آلی خاکدانه‌های ریز است. به بیان دیگر، ماده آلی خاکدانه‌های درشت به آتش‌سوزی حساس‌تر از خاکدانه‌های ریز می‌باشد. احتمالاً دلیل این امر درآمیختگی کمتر ماده آلی با ذرات اصلی خاک در خاکدانه‌های درشت و منافذ درشت‌تر خاکدانه‌های درشت نسبت به خاکدانه‌های درشت است که دسترسی آتش به ماده آلی در بخش درشت خاکدانه‌ها را فراهم‌تر می‌سازد.

جدول 4- مقایسه میانگین مقدار ماده آلی ($g\ C\ kg^{-1}\ soil$) در دو بخش درشت (2-0/25 میلی‌متر) و ریز (کوچکتر از 0/25 میلی‌متر) 1، 2 و 3 سال پس از آتش‌سوزی و شاهد

اندازه خاکدانه	عمق (cm)	1 سال پس از آتش			2 سال پس از آتش			3 سال پس از آتش		
		آتش	شاهد	تفاوت با شاهد	آتش	شاهد	تفاوت با شاهد	آتش	شاهد	تفاوت با شاهد
خاکدانه درشت	0-10	5/8 (0/39)	10/8 (0/41)	-5/0 *	7/5 ± 0/51	9/8 ± 0/59	-2/3 *	8/8 ± 0/66	10/5 ± 0/66	-1/7 ns
	15-25	3/1 (0/19)	5/7 (0/29)	-2/6 *	5/0 (0/55)	5/1 (0/29)	-0/1 ns	5/2 (0/39)	5/1 (0/36)	0/0 ns
خاکدانه ریز	0-10	2/9 (0/22)	3/2 (0/26)	-0/2 ns	3/5 (0/21)	3/8 (0/41)	-0/3 ns	3/2 (0/19)	3/1 (0/15)	0/0 ns
	15-25	2/5 (0/21)	1/7 (0/11)	0/7 *	2/2 (0/17)	2/3 (0/19)	-0/1 ns	2/1 (0/18)	2/1 (0/11)	0/0 ns

منظور از 1، 2 و 3 سال پس از آتش، به ترتیب آتش‌سوزی در سال‌های 1389، 1388 و 1387 است. میانگین‌های مشخص شده با (*) و (ns) به ترتب نشانگر تفاوت معنی‌دار و عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال 5% می‌باشند. اعداد داخل پرانتز انحراف معیار می‌باشند.

نسبت لایه‌بندی ماده آلی در دو بخش درشت (2-0/25 میلی‌متر) و ریز (کوچکتر از 0/25 میلی‌متر) در تیمارهای 1، 2 و 3 سال پس از آتش‌سوزی و شاهد در شکل (4) ارائه گردیده است. نتایج مقایسات میانگین نسبت لایه‌بندی ماده آلی در بخش‌های درشت و ریز حاکی از کاهش معنی دار نسبت لایه‌بندی ماده آلی در بخش درشت در تیمار 2 و 3 سال پس از آتش‌سوزی نسبت به شاهد است. همچنین، نسبت لایه‌بندی ماده آلی در بخش ریز در تیمار 1 سال پس از آتش‌سوزی در مقایسه با شاهد به صورت معنی‌دار کاهش یافت.



شکل 4- نسبت لایه‌بندی ماده آلی در دو بخش درشت (2-0/25 میلی‌متر) و ریز (کوچکتر از 0/25 میلی‌متر) در تیمارهای 1، 2 و 3 سال پس از آتش‌سوزی و شاهد. منظور از 1، 2 و 3 سال پس از آتش‌سوزی، به ترتیب آتش‌سوزی در سال‌های 1389، 1388 و 1387 است. میانگین‌های مشخص شده با حروف یکسان نشانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال 5% می‌باشد.

بحث

نتایج جدول (1) نشان داد که آتش‌سوزی بیشترین تأثیر را بر کمیت‌های ماده آلی، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) و ماده آلی ذره‌ای (POM) در لایه سطحی خاک داشته و تأثیری چندانی بر ویژگی‌های مورد نظر در لایه زیر سطحی خاک نداشته است. دلیل این را می‌توان ناشی از عمق نفوذ متفاوت گرما در این دو لایه دانست. معمولاً انتقال گرمای حاصل از آتش‌سوزی

پوشش گیاهی در خاک به صورت یک گرادیان نزولی حرارتی است و در عمق 5 سانتی‌متری خاک به ندرت به 150 درجه سلسیوس می‌رسد و اغلب، گرما به عمق 20 سانتی‌متری خاک نخواهد رسید. البته این امر به رطوبت خاک نیز وابسته است. در منطقه مورد مطالعه نیز با توجه به تراکم متوسط پوشش گیاهی و گذرا بودن آتش‌سوزی ناشی از آن، می‌توان گفت که، عمق نفوذ گرمای حاصل از آتش‌سوزی به لایه سطحی خاک محدود شده و گرما قادر به نفوذ به لایه زیر سطحی نبوده است، به همین دلیل آتش‌سوزی پوشش گیاهی تأثیر منفی خود را فقط بر ویژگی‌های لایه سطحی خاک بر جای گذاشته است و اغلب تغییرات جزئی بر ویژگی‌های لایه زیر سطحی خاک داشته است.

از آنجا که تمامی سایت‌های مورد آزمایش در منطقه مورد مطالعه از نظر مواد مادری، اقلیم، بافت خاک و دیگر شرایط محیطی تقریباً مشابه بودند، بنابراین تفاوت در پایداری خاکدانه‌ها در مناطق سوخته شده نسبت به شاهد، را می‌توان ناشی از کاهش ماده آلی خاک در مناطق تحت تأثیر آتش‌سوزی دانست. با کاهش ماده آلی پیوند بین ذرات خاک از بین رفته و در نتیجه پایداری خاکدانه‌ها و ساختمان خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تخریب ساختمان خاک تحت تأثیر عوامل مختلف از جمله آتش-سوزی پوشش گیاهی، باعث نامطلوب شدن ویژگی‌های فیزیکی همچون کاهش تهویه و کاهش نفوذپذیری خاک می‌شود که نتیجه این عمل افزایش رواناب سطحی و به دنبال آن تشدید فرسایش خاک می‌باشد. جیوانینی و همکاران (1988)، وست و همکاران (2005) و هوبرت و همکاران (2006) نیز در تحقیقات خود کاهش پایداری خاکدانه‌ها بر اثر آتش‌سوزی را گزارش کردند و بیان کردند که به دلیل کاهش مواد آلی پس از آتش‌سوزی، همبستگی میان ذرات خاک از بین می رود، فضاهای خالی خاک کم می‌شود و در نتیجه دانه‌بندی مطلوب خاک بر اثر آتش‌سوزی از بین می‌رود و به مرور زمان خاک فشرده می‌شود. همچنین با کاهش ماده آلی خاک پس از آتش-سوزی، سایر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک ممکن است تحت تأثیر قرار گیرند (بالسدنت و همکاران، 2000). نوارا و همکاران (2010) به مطالعه اثر آتش بر توزیع ماده آلی خاک در اراضی جنگلی مدیترانه‌ای پرداختند. این پژوهشگران گزارش کردند که میانگین ماده آلی خاک بر اثر آتش‌سوزی کاهش یافت و در پلات‌های سوخته 40/3 و در پلات‌های کنترل شده (شاهد) 69/3 گرم بر کیلوگرم بود. افزون بر آن، مقادیر ماده آلی خاک در لایه 0-3 سانتی‌متر در پلات‌های سوخته و کنترل شده کاهش معنی‌داری داشت در حالی که اختلاف آن‌ها در لایه 3-10 سانتی‌متر در پلات‌های سوخته و کنترل شده معنی‌داری نبود. گرانجید و همکاران (2011) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند و کاهش ماده آلی خاک بر اثر آتش‌سوزی را گزارش کردند.

از دیگر سو، بالا بودن نسبت لایه‌بندی ماده آلی خاک و پایداری خاکدانه‌ها با بهبود نفوذ آب به خاک، افزایش منافذ درشت خاک با افزایش سرعت آب در پروفیل خاک، افزایش پایداری خاکدانه‌ها و بهبود عناصر غذایی خاک سبب افزایش کیفیت خاک می‌شود (فرانزلوبرز، 2002). با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان گفت که، کاهش نسبت لایه‌بندی ماده آلی خاک و ماده آلی ذره‌ای در مناطق سوخته شده در مقایسه با شاهد موجب کاهش نفوذ آب به خاک و پایداری خاکدانه‌ها می‌شود و به عنوان یکی از عوامل اصلی کاهش کیفیت خاک اراضی مرتعی پس از آتش‌سوزی محسوب می‌شود. بیشترین تفاوت نسبت لایه‌بندی ماده آلی و ماده آلی ذره-ای به ترتیب در تیمارهای 1 و 3 سال پس از آتش‌سوزی مشاهده شد، این در حالی است که، نسبت لایه‌بندی پایداری خاکدانه‌ها در مناطق تحت تأثیر آتش‌سوزی تفاوت چندانی با مناطق شاهد نداشت (جدول 2). پایین بودن نسبت لایه‌بندی ماده آلی، پایداری خاکدانه‌ها و ماده آلی ذره‌ای در مناطق سوخته شده نسبت به شاهد را می‌توان ناشی از مقادیر کمتر این کمیت‌ها در لایه سطحی مناطق تحت تأثیر آتش‌سوزی نسبت به شاهد دانست. تفاوت در ویژگی‌های مورد مطالعه در لایه سطحی و زیر سطحی خاک در نتیجه شدت‌های متفاوت آتش‌سوزی در این دو لایه از خاک است، به طوری که لایه سطحی خاک بیشتر در تماس با حرارت ناشی از آتش‌سوزی می‌باشد و لذا تأثیر آتش‌سوزی در این لایه بیشتر از لایه‌های زیرین خاک است.

افزون بر آن نتایج جدول (4) نشان دهنده کاهش ماده آلی در بخش درشت در تیمار 1 و 2 سال پس از آتش‌سوزی است، و ماده آلی در بخش ریز تنها در تیمار 1 سال پس از آتش‌سوزی کاهش معنی‌دار نشان داد. کاهش ماده آلی درشت پس از آتش‌سوزی به این دلیل است که اغلب ریشه‌ها، هیف‌های قارچی و قطعات بزرگ و تجزیه نشده که قسمت اعظم ماده آلی خاک را تشکیل می‌دهند، در بین خاکدانه‌ها درشت (2-0/25 میلی‌متر) دیده می‌شود، در حالی که مواد تجزیه شده بیشتر در داخل خاکدانه‌های ریز (کوچکتر از 0/25 میلی‌متر) دیده می‌شوند (سیکس و همکاران، 2002)، بنابراین، در نتیجه آتش‌سوزی، ماده آلی درشت بیشتر از ماده آلی ریز در

معرض حرارت ناشی از آتش‌سوزی قرار می‌گیرد و کاهش می‌یابد و در نهایت منجربه خرد و شکسته شدن خاکدانه‌های درشت می‌شود. یافته‌های این پژوهش نشان دهنده آن است که آتش‌سوزی موجب کاهش اندازه خاکدانه‌ها در مناطق سوخته شده نسبت به شاهد شد، به طوری که درصد وزنی خاکدانه‌های درشت (2-0/25 میلی‌متر) کاهش و درصد وزنی خاکدانه‌های ریز (کوچکتر از 0/25 میلی‌متر) افزایش یافت (جدول 3). کاهش اندازه خاکدانه‌ها بر اثر آتش‌سوزی به علت کاهش توزیع ماده آلی درشت می‌باشد، به طوری که با سوختن ماده آلی درشت، پیوند بین ذرات خاک از بین رفته و خاکدانه‌ها بر اثر حرارت حاصل از آتش‌سوزی شکسته شده و به خاکدانه‌هایی با اندازه کوچکتر تبدیل می‌شوند.

از آنجا که فرسایش پذیرترین ذرات خاک در فرایش آبی ذراتی با اندازه 0/002-0/2 میلی‌متر می‌باشد، بنابراین با کاهش اندازه خاکدانه‌ها در نتیجه آتش‌سوزی، ذرات ریز خاک به همراه خاکستر حاصل از سوختن پوشش گیاهی منافذ درشت خاک را مسدود می‌کنند (والزانو و همکاران، 1997) و این امر سبب کاهش ویژگی‌های هیدرولیکی خاک شده و موجب کاهش سرعت جریان آب در پروفیل خاک می‌شود که در نتیجه آن افزایش رواناب و فرسایش‌پذیری خاک افزایش می‌یابد. با توجه به نتایج بدست آمده در جدول (4) می‌توان گفت که، افزایش درصد وزنی خاکدانه‌های ریز (کوچکتر از 0/25 میلی‌متر) در لایه سطحی و زیر سطحی تیمار 1 سال پس از آتش‌سوزی نسبت به شاهد، بیانگر از بین رفتن ماده آلی و پوشش گیاهی سطح خاک، خشک شدن منطقه ریشه، افزایش سرعت تجزیه مواد آلی خاک، کاهش منبع ناپایدار کربن آلی خاک، کاهش پایداری و از بین رفتن خاکدانه‌های درشت و تخریب ساختمان خاک است که در نهایت با تخریب این خاکدانه‌ها، خاکدانه‌های ریز آزاد شده‌اند.

(جاسترو و همکاران، 1996)، در مناطق شاهد به دلیل مواد آلی بیشتر و رشد گیاهان، و اثر ریشه‌های گیاهان و هیف‌های قارچی در به دام انداختن ذرات خاک و آزادسازی ترشحات چسپنده، درصد خاکدانه‌های درشت بیشتر از مناطق سوخته بود. اولیوا و همکاران (1999) نیز بیان کردند که خاکدانه‌های درشت (بزرگتر از 250 میکرومتر) یک منبع مهم از کربن و نیتروژن آلی خاک می‌باشند و نقش مهمی را در پویایی کربن آلی خاک ایفا می‌کنند و تقریباً 80 درصد از کل کربن و ازت خاک را شامل می‌شوند. نتایج این پژوهشگران در زمینه تأثیر سوزاندن کاه و کلش بر کربن و ازت خاکدانه‌ها را در یک جنگل خزان‌دار حاره‌ای نشان داد که سوزاندن کاه و کلش، خاکدانه‌های درشت (ماکرو) را تخریب و کربن آلی آن‌ها را به علت درجه حرارت آتش‌سوزی کاهش داد. به این صورت که خاکدانه‌های درشت و کربن آن‌ها 50 درصد کاهش یافتند این در حالی است که خاکدانه‌های ریز (میکرو) به همان اندازه افزایش داشتند.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج بدست آمده و وقوع آتش‌سوزی‌هایی که به‌طور سالانه در مراتع استان چهارمحال و بختیاری رخ می‌دهد، می‌توان گفت که سوزاندن پوشش گیاهی مراتع اثرات فوری و مستقیمی بر ماده آلی خاک، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) و ماده آلی ذره‌ای (POM) خواهد داشت. از دیگر سو، یکی از اثرات اکولوژیکی و زیست محیطی آتش‌سوزی مراتع، سوختن ماده آلی می‌باشد که یکی از منابع قابل توجه تولید گازهای گلخانه‌ای است و یک خطر جهانی محسوب می‌شود. لازم به ذکر است که سوزاندن پوشش گیاهی مراتع اگرچه در کوتاه مدت، رشد گونه‌های گیاهی خوشخوراک را به دنبال دارد، اما با توجه به کمبود مواد آلی در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک، در دراز مدت ممکن است به دلیل کاهش ماده آلی و ماده آلی ذره‌ای خاک، تخریب ساختمان، کاهش نسبت لایه بندی ماده آلی، کاهش درصد خاکدانه‌های درشت، از بین رفتن گونه‌های گیاهی چند ساله و ایجاد رواناب ناشی از بارش باران خسارات جبران ناپذیری بر خاک و اکوسیستم وارد شود و توانایی اراضی مرتعی در حفظ پوشش گیاهی و مقابله با خطر فرسایش در دراز مدت به‌طور معنی‌دار کاهش یابد (دبانو و همکاران، 1998). بنابراین، به دلیل تأثیر منفی آتش‌سوزی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، استمرار آتش‌سوزی‌ها می‌تواند بر کیفیت خاک اراضی مرتعی اثر گذار باشد و سبب کاهش آن شود.

با توجه به نتایج بدست آمده مقادیر مطلق ماده آلی، پایداری خاکدانه‌ها و ماده آلی ذره‌ای و نسبت لایه-بندی آن‌ها در سال‌های نخستین پس از آتش‌سوزی کمتر از 2 و 3 سال پس از آتش‌سوزی بود و با گذشت زمان از وقوع آتش‌سوزی اثرات منفی آتش‌سوزی بر ویژگی‌های مورد نظر روند کاهشی داشت. بنابراین، آتش‌سوزی در سال‌های اول وقوع آتش‌سوزی آثار منفی بر خاک گذاشته و پس از گذشت 3 سال، احیاء و برگشت شرایط خاک امکان‌پذیر گردید. باتوجه به کمبود ماده آلی در منطقه مورد مطالعه اندازه‌گیری و مقایسه مقادیر مطلق ماده آلی بین مناطق تحت تأثیر آتش‌سوزی و شاهد به تنهایی نمی‌تواند بازگو کننده تغییرات کیفیت خاک اراضی مرتعی

بر اثر آتش‌سوزی باشد، لذا استفاده از نسبت لایه‌بندی جهت مطالعه تأثیر آتش‌سوزی پوشش گیاهی بر کیفیت خاک ضروری می‌باشد.

تشکر و قدردانی

نگارندگان از دانشگاه شهرکرد که اعتبار مالی لازم برای انجام این پژوهش را فراهم نمودند تشکر و قدردانی می‌نمایند.

فهرست منابع:

1. Balesdent, J., Chenu, C. and M. Balabane. 2000. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. Soil and Tillage Research. 53:215-230.
2. Cambardella, C.A. and E.T. Elliott. 1993. Carbon and nitrogen distributions in aggregates from cultivated and grassland soils. Soil Science Society of America Journal. 57:1071-1076.
3. Cambardella, C.A., and E.T. Elliott. 1992. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. Soil Science Society of America Journal. 56:777-782.
4. Certini, G. 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review. Ecological. 143:1-10.
5. DeBano, L.F., Neary, D.G., and P.F. Ffolliott. 1998. Fire effects on ecosystems. Wiley, New York.
6. Franzluebbers, A.J. 2002. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. Soil and Tillage Research. 66:295–106.
7. Franzluebbers, A.J., Schoemberg, H.H., and D.M. Endale. 2007. Surface-soil responses to paraplowing of long-term no-tillage cropland in the Southern Piedmont USA. Soil and Tillage Research. 96:303–315.
8. Giovannini, G., Lucchesi, S., and M. Giachetti. 1988. Effects of heating on some physical and chemical parameters related to soil aggregation and erodibility. Soil Sci 146:255–261.
9. Granged, A.J.P., Zavala, L.M., Antonio, J., and B.G. Moreno. 2011. Post-fire evolution of soil properties and vegetation cover in a Mediterranean heathland after experimental burning: A 3-year study. Geoderma. 164:85–94.
10. Gregorich, E.G., and M.H. Beare. 2008. Physically uncomplexed organic matter. In: M.R. Carter and E.G. Gregorich (eds). Soil sampling and methods of analysis. 2nd ed. Canadian Society of Soil Science. Pp. 607-609.
11. Gregorich, E.G., Carter, M.R., Angers, D.A., Monreal, C.M., and B.H. Ellert. 1997. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. Journal of Soil Science. 74:367–385.
12. Haubensak, K., Antonio, C.D., and D. Wixon. 2009. Effect of fire and environmental variables and composition in grazed salt desert shrub lands of the Great Basin (USA). Journal of Arid Environments. 73:643-650.
13. Hubbert, K.R., Preisler, H.K., Wohlgemuth, P.M., Graham, R.G., and M.G. Narog. 2006. Prescribed burning effects on soil physical properties and water repellency in a steep chaparral watershed, Southern California, USA. Geoderma. 130:284–298.
14. Jastrow, J.D., Boutton, T.W. and R.M. Miller. 1996. Carbon dynamics of aggregate-associated organic matter estimated by carbon-13 natural abundance. Soil Sci. Soc. Am. J. 60:801-807.
15. Kayode, S.A., Gabriel, A., Oluwatosin, O., Adeyolanu, D., and O. Adebayo. 2008. Slash and burn effect on soil quality of an Alfisol: Soil physical properties. Soil and Tillage Research. 103:4–10.
16. Melero, S., pez-Bellido, R.J., pez-Bellido, L.L., Munoz-Romero, V.N., Moreno, F., Murillo, J.M., and A.J. Franzluebbers. 2012. Stratification ratios in a rainfed Mediterranean Vertisol in wheat under different tillage, rotation and N fertilisation rates. Soil and Tillage Research 119:7–12.

17. Mesdaghi, M. 2004. Range management in Iran. 2004. Published by Jahad Daneshgahi. 4th Edition, p.334. ISBN: 964-6582-05-2.
18. Nelson, D.W., and L.E. Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: D. L. Sparks (Ed.), In Methods of soil analysis. part 3: Chemical methods. Soil Science Society of America. Madison Wisconsin. Pp. 961–1011.
19. Novora, A., Gristina, L., Bodi, M.B., and A. Cerda. 2010. The impact of fire on redistribution of soil organic matter on a Mediterranean hill slope under maquia vegetation type. Land Degradation and Development. 10:102-117.
20. Oliva, F.G., Sanford, R.L, and E. Kelly. 1999. Effect of tropical deciduous forest soil in Mexico on the microbial degradation of organic matter. Plant and Soil 206:29–36.
21. Six, J., Conant, R.T., Paul, E.A. and K. Paustian. 2002. Stabilization mechanisms of soil organic matter: implications for C-saturation of soils. Plant and Soil .241:155-176.
22. Valzano, F.P., Greene, R.S.B., and B.W. Murphy. 1997. Direct effects of stubble burning on soil hydraulic and physical properties in a direct drill tillage system. Soil and Tillage Research. 42: 209-219.
23. Wells, C.G., Campbell, R.E., Deano, L.F., Lewis, C.E., Fredriksen, R.L., Franklin, E.C., Froelich, R.C., and P.H. Dunn. 1979. Effects of fire on soil, a state-of-knowledge review. USDA Forest Service, Washington Office, General Technical Report WO-7.
24. Wuest, S.B., Caesar, T.T.C., Wright, S.F., and J.D. Williams. 2005. Organic matter addition, N, and residue burning effects on infiltration, biological, and physical properties of an intensively tilled silt-loam soil. Soil and Tillage Research. 84:154–167.
25. Zorita, M.D., and J.H. Grove. 2002. Duration of tillage management affects carbon and phosphorus stratification in phosphatic Paleudalfs. Soil and Tillage Research. 66:165–174.