



مجله علمی پژوهشی زمین‌شناسی و زمین‌فیزیک

نشریه مرتعداری

سال دوم، شماره اول، ۱۳۹۴

<http://jrm.gau.ac.ir>

بررسی پیامدهای آتش‌سوزی بر خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک مراتع

*محمود گودرزی^۱، مژگان‌السادات عظیمی^۲ و شهرام بانج‌شفیعی^۳

^۱ کارشناس ارشد پژوهشی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران،
^۲ استادیار گروه مرتعداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۳ استادیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و

مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

تاریخ دریافت: ۹۳/۵/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۲/۹

چکیده

آتش‌سوزی‌های طبیعی زیادی در مراتع مناطق خشک و نیمه‌خشک به وقوع می‌پیوندد که ممکن است سبب نابودی علوفه مرغوب شده و خاک با ارزش مرتعی را در معرض فرسایش قرار داده و موجب خسارات مالی و زیست‌محیطی زیادی گردد. برای بررسی پیامد اثر آتش‌سوزی در مراتع نیمه‌استپی، مطالعه‌ای در مراتع آتش گرفته بر روی خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک در مراتع نیمه‌استپی منطقه کردان شهرستان کرج (البرز جنوبی) انجام گرفت. بر این اساس خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در مرتع آتش گرفته و مرتع شاهد با استقرار ۱۵ پلات در هر منطقه مورد اندازه‌گیری و ارزیابی قرار گرفتند. نرمال بودن داده‌های جمع‌آوری شده ابتدا با استفاده از آزمون کولموگراف-اسمیرنوف سنجش شده و سپس با استفاده از آزمون t مستقل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. آنالیز آماری آزمایش‌های خاک بیانگر آن است که بعد از آتش‌سوزی میزان ازت کل، فسفر قابل جذب، کلسیم قابل جذب، کربن آلی خاک (سطح ۱ درصد) و پتاسیم قابل جذب خاک (سطح ۵ درصد) کاهش یافته ولی منیزیم قابل جذب خاک (سطح ۱ درصد) و میزان ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (سطح ۵ درصد) افزایش یافت. همچنین آتش‌سوزی بر میزان افزایش رس خاک تأثیر مثبت داشته (سطح ۵ درصد) اما بر سایر خصوصیات فیزیکی اندازه‌گیری شده خاک (جرم مخصوص ظاهری، درصد شن و درصد سیلت خاک) تأثیری نداشته است.

واژه‌های کلیدی: آتش‌سوزی، خصوصیات شیمیایی خاک، خصوصیات فیزیکی خاک، مراتع کردان

* مسئول مکاتبه: goudarzi@rifr-ac.ir

مقدمه

آتش‌سوزی‌های زیادی در مراتع مناطق خشک و نیمه‌خشک به وقوع می‌پیوندد که ممکن است سبب نابودی علوفه مرغوب و با ارزش شده، خاک با ارزش مرتعی را در معرض فرسایش قرار داده و موجب خسارات مالی و زیست‌محیطی زیادی گردد. آتش‌سوزی شدید مراتع ممکن است اثرات زیان‌آوری بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک داشته باشد (طایفی و همکاران، ۲۰۱۵). آتش پدیده تخریبی طبیعی است که می‌تواند به‌شدت به پوشش گیاهی و خاک آسیب بزند و به این ترتیب مانع برخی عملکردهای اکوسیستمی مانند نگهداری منابع آب، محافظت از فرسایش خاک و تجمع مواد غذایی بشود. با دخالت آتش، معدنی شدن ترکیبات آلی موجود در پوشش گیاهی و سطح خاک بسیار سریع روی می‌دهد (سا و همکاران، ۱۹۹۳). علاوه بر این ممکن است قسمتی از مواد غذایی آزاد شده از طریق فرار شدن یا به‌وسیله معلق شدن در هوا در طول سوختن یا با شستشوی بعدی در آب‌های زیرزمینی از اکوسیستم خارج شود.

بانج‌شفیعی و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی اثر آتش‌سوزی بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک جنگل خیرود کنار بیان داشتند که افزایش شدت آتش‌سوزی سبب افزایش میزان واکنش خاک، هدایت الکتریکی و ظرفیت تبادل کاتیونی و کاهش سایر مشخصه‌ها می‌شود. در این رابطه دوگای و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعه‌ای در اراضی شرق اسپانیا، با بررسی اثرات آتش‌سوزی بر خصوصیات خاک پرداختند. بنابر پژوهش‌های نامبرده آتش‌سوزی باعث کاهش کربن آلی، ازت کل، فسفر کل و فسفر قابل‌جذب خاک می‌شود. ترنر و همکاران (۱۹۹۷) با بررسی آتش‌سوزی در چمن‌زارهای منطقه کانزاس بیان داشتند، از دست رفتن ازت در آتش‌سوزی بهاره در سال‌های با بارندگی نرمال در مقایسه با شاهد معنی‌دار است. نتایج مطالعات چانسوک (۱۹۹۰) بیانگر این است که بعد از آتش‌سوزی سالیانه میزان CEC، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و کربن آلی خاک افزایش می‌یابند که بیش‌ترین افزایش مربوط به پتاسیم با ۵۴/۹۸ درصد است. در خاک‌های زراعی تغییرات خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک در اثر آتش‌سوزی معنی‌دار نیست (مولوی و همکاران، ۲۰۰۹). نتایج مطالعات همت‌بلند و همکاران (۲۰۱۰) در مراتع مریوان بیانگر این است که آتش‌سوزی به‌دلیل بازگرداندن مواد معدنی موجود در لاشه گیاهان و درختان عرصه سوخته شده باعث افزایش مواد معدنی و عناصری چون فسفر، پتاسیم، ازت و کربن آلی خاک می‌شود. نتایج مطالعات حیدری و همکاران (۲۰۱۳) در مراتع نیمه‌استپی چهارمحال و بختیاری نشان داد که اندوخته ماده آلی خاک پس از آتش‌سوزی در برابر شاهد

کاهش معنی‌دار داشت ($P < 0.05$). اثر آتش‌سوزی در بوته‌زارهای مدیترانه‌ای سبب فرسایش خاک و از بین رفتن مواد غذایی خاک می‌شود (گارسیا و همکاران، ۲۰۰۰). همچنین شدت از بین رفتن مواد آلی و ازت خاک ارتباط مستقیمی با درجه آتش‌سوزی دارد به طوری که بیش‌ترین تلفات ازت در آتش‌سوزی با شدت متوسط است. کواری و بتی (۱۹۹۱) با بررسی فسفر قابل‌جذب در بعضی از خاک‌های شمال‌شرقی نیجریه دریافتند که میزان فسفر قابل‌جذب بعد از آتش‌سوزی اراضی با کاه به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش یافته است. کریستنسن (۱۹۹۷) در مطالعه‌ای جهت بررسی اثر آتش بر مواد غذایی خاک در دشت کارولینا بیان داشت که حدود ۴ تا ۶ ماه بعد از آتش‌سوزی، مواد غذایی خاک شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم مناطق آتش‌سوزی شده در مقایسه با منطقه شاهد کاهش می‌یابد، ولی این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نیست. کیم و همکاران (۱۹۹۷) با بررسی آنالیز داده‌های فیزیکی خاک دریافتند که بین اندازه ذرات خاک در دو منطقه آتش‌سوزی شده و شاهد از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. چانسوک (۱۹۹۰) خصوصیات فیزیکی خاک از جمله جرم مخصوص ظاهری، جرم مخصوص حقیقی و میزان ذرات خاک (شن، سیلت و رس) قبل و بعد از آتش‌سوزی ثابت بوده و تغییری نداشته‌اند. عجیب نیست که اثرات آتش به خاک آلی سطحی محدود می‌شود. به‌علاوه افزایش دمای خاک به‌دلیل آتش‌سوزی‌های سطحی با افزایش عمق خاک کاهش می‌یابد (برادستوک و آلد، ۱۹۹۵). اثرات آتش روی لایه‌های معدنی خاک در حداقل ممکن است (آدمز، ۱۹۹۲).

با توجه به این‌که مطالعات اندکی در ارتباط با اثر آتش‌سوزی بر روی خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک مراتع کشور، به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک انجام شده است. بنابراین تعیین دقیق اثرات آتش‌سوزی بر تغییرات خصوصیات خاک و بررسی پی‌آمد ناشی از آن ضروری بوده و این پژوهش به‌منظور بررسی اثرات آتش‌سوزی غیرعمدی که تیرماه ۱۳۸۶ در مراتع نیمه‌استپی اتفاق افتاده در کردان، انجام شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه در ۳۰ کیلومتری شمال‌غرب شهرستان کرج (شمال‌غرب استان البرز) در دامنه جنوبی کوه‌های البرز با مختصات ۳۵ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۵ دقیقه عرض جغرافیایی و ۵۰ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵۱ دقیقه طول جغرافیایی واقع شده است. ارتفاع

محل از سطح دریا ۱۷۰۰ متر و شیب عمومی بیش از ۳۰ درصد با جهت جنوبی است. طبق آمار هواشناسی کرج متوسط بارندگی سالیانه منطقه ۲۲۲ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت سالیانه حدود ۱۰/۴ درجه سانتی‌گراد و بنا بر طبقه‌بندی دومارتن دارای اقلیم نیمه‌خشک است. بیش‌ترین مقدار متوسط بارندگی ماهیانه در طول سال به‌ترتیب در ماه‌های اردیبهشت و فروردین اتفاق می‌افتد. دارای خاک کم‌عمق تا نیمه‌عمیق با بافت سنگین (رسی لومی)، همراه با سنگ ریزه زیاد و زهکشی مناسب می‌باشد. بر اساس مطالعات انجام شده تیپ غالب گیاهی سایت مورد مطالعه *Bromus tomentellus* و *Stipa hohenackeriana* می‌باشد (کریمی و گودرزی، ۲۰۱۱).

روش تحقیق: برای بررسی اثر آتش‌سوزی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، ابتدا بخشی همگن از مرتعی که آتش‌سوزی در آن رخ داده بود به‌عنوان منطقه مورد مطالعه و مرتعی که از نظر تیپ اراضی، پوشش گیاهی، شیب و جهت کاملاً مشابه منطقه رخداد آتش‌سوزی بود به‌عنوان منطقه شاهد، تعیین گردید. سپس از هر دو منطقه (منطقه آتش‌سوزی شده و شاهد) تعداد ۱۵ نمونه خاک (جمعاً ۳۰ نمونه)، به‌صورت نمونه‌برداری مرکب و تصادفی سیستماتیک از طبقات سطحی خاک (۱۵-۰ سانتی‌متر) برداشت شد. بدین شرح که در هر پلات (۱×۱ مترمربعی) تعداد ۵ نمونه خاک به‌صورت سیستماتیک از چهار گوشه و محل برخورد قطرهای مربع پلات برداشت گردید. سپس این نمونه‌ها با هم کاملاً مخلوط شده و یک نمونه خاک تهیه گردید. در واقع جهت تهیه ۱۵ نمونه از هر منطقه، خاک ۷۵ نقطه برداشت شد و آزمایش‌ها روی ۱۵ نمونه که هر کدام از ترکیب خاک ۵ نقطه به‌دست آمده بودند انجام پذیرفت. نمونه‌های خاک با ذکر مشخصات کامل در داخل کیسه‌های نایلونی ریخته و به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس در هوای آزاد خشک و از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شده و آماده برای انجام آزمایش‌ها شدند. در آزمایشگاه خاک بخش تحقیقات بیابان مؤسسه آزمایشات جرم مخصوص ظاهری (روش کلوخه پارافین)، بافت خاک (روش هیدرومتری)، درصد مواد آلی (روش والکلی بلاک)، درصد منیزیم قابل‌جذب (روش تیترومتری)، درصد کلسیم قابل‌جذب (روش تیترومتری)، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (پس از تبادل آمونیوم جانشین شده با سدیم و سپس قرائت سدیم با استفاده از دستگاه فلیم‌فوتومتر)، درصد ازت کل خاک (روش کجلدال)، پتاسیم قابل‌جذب خاک (عصاره‌گیری با استات آمونیوم و سپس قرائت به روش فلیم‌فوتومتر) و فسفر قابل‌جذب خاک (روش السن) نمونه‌های خاک اندازه‌گیری و محاسبه شد (جعفری حقیقی، ۲۰۰۳).

پس از ثبت داده‌ها در نرم‌افزار Excel 2007 برای حصول اطمینان از نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف به منظور مقایسه و بررسی معنی‌دار بودن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در مرتع آتش‌سوزی شده و شاهد از روش آزمون تی-استیودنت مستقل و آنالیز تجزیه واریانس یک‌طرفه و برای نشان دادن تفاوت‌ها از آزمون دانکن استفاده شد، همچنین جهت انجام همه تجزیه و تحلیل‌های بیان شده از نرم‌افزار SPSS17 استفاده گردید.

نتایج

الف- بررسی تغییرات خصوصیات فیزیکی خاک: نتایج آنالیز آماری آزمایش‌های فیزیکی خاک (درصد شن، درصد سیلت، درصد رس و جرم مخصوص ظاهری خاک) در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج بیانگر این است که آتش‌سوزی بر میزان رس خاک تأثیر مثبت داشته ($P < 0/05$) اما بر سایر خصوصیات فیزیکی اندازه‌گیری شده خاک تأثیری نداشته است.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس خواص فیزیکی خاک.

Sig.	T	خطای معیار	درجه آزادی	
0/09 ⁿ	1/7	1/22	28	درصد شن
0/85 ⁿ	0/018	1/47	28	درصد سیلت
0/03 [*]	2/22	1/07	28	درصد رس
0/6 ⁿ	0/45	0/12	28	جرم مخصوص ظاهری خاک

** اختلاف معنی‌دار (در سطح 0/1) و * اختلاف معنی‌دار (در سطح 0/5).

برای تجزیه و تحلیل داده‌های خصوصیات فیزیکی خاک مقایسه بین میانگین‌ها به روش دانکن انجام شد که نتایج به شرح جدول ۲ می‌باشد.

جدول ۲- مقایسه میانگین نتایج آزمایشات خاک.

مناطق	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	جرم مخصوص ظاهری
آتش‌سوزی	22/8 ^a	44 ^a	33/2 ^a	1/29 ^a
شاهد	24/9 ^a	44/3 ^a	30/8 ^b	1/24 ^a

اعداد هم‌حرف معنی‌دار نیستند ($P > 0/05$).

نتایج آنالیز مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که در اثر آتش‌سوزی مقدار جرم مخصوص ظاهری خاک و درصد رس خاک افزایش یافته ولی درصد شن و سیلت خاک تغییر محسوسی نداشته است.

ب- بررسی تغییرات خصوصیات شیمیایی خاک: جهت بررسی اثرات آتش‌سوزی بر خصوصیات شیمیایی خاک، آنالیز آماری نتایج آزمایشات خاک با استفاده از آزمون T مستقل انجام گردید. نتایج تجزیه واریانس در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس خواص شیمیایی خاک.

Sig.	T	خطای معیار	درجه آزادی	
۰/۰۰۹**	۲/۸۱	۰/۰۲	۲۸	ازت کل
۰/۰۰۱**	۴/۰۱	۲۱/۲۷	۲۸	فسفر قابل جذب خاک
۰/۰۳۶*	۲/۲۰	۴۶۸/۵۶	۲۸	پتاسیم قابل جذب خاک
۰/۰۰۰**	۳/۹۸	۴۲۰/۶۸	۲۸	کلسیم قابل جذب خاک
۰/۰۰۱**	۳/۶۸	۱۸۵/۸۸	۲۸	منیزیم قابل جذب خاک
۰/۱۵۶ ⁿ	۱/۴۵	۲/۳۷	۲۸	ظرفیت تبادل کاتیونی
۰/۰۰۷**	۲/۸۸	۰/۲۸	۲۸	کربن آلی

** اختلاف معنی‌دار (در سطح ۱٪)، * اختلاف معنی‌دار (در سطح ۵٪) و ⁿ عدم معنی‌داری.

تجزیه و تحلیل آنالیز آماری آزمایش‌های خاک بیانگر این است که آتش‌سوزی بر میزان ازت کل، فسفر قابل جذب، کلسیم قابل جذب، کربن آلی خاک و منیزیم قابل جذب خاک در سطح (۱ درصد) و پتاسیم قابل جذب خاک و میزان ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در سطح ۵ درصد اثر داشته است.

برای تجزیه و تحلیل داده‌های خصوصیات شیمیایی خاک مقایسه بین میانگین‌ها به روش دانکن انجام شد که نتایج به شرح جدول ۴ است.

جدول ۴- مقایسه میانگین نتایج آزمایشات خاک.

مناطق	ازت کل درصد	فسفر Avail. mg/kg	پتاسیم Avail. mg/kg	کلسیم Avail. mg/kg	منیزیم Avail. mg/kg	ظرفیت تبادل کاتیونی Meq/100g	کربن آلی درصد
آتش سوزی	۰/۱۳۲ ^a	۱۸۴/۹۳ ^a	۱۹۵۱/۷۱ ^a	۶۲۹۳/۳ ^a	۱۷۸۵/۶ ^a	۱۹/۷ ^a	۱/۷۸ ^a
شاهد	۰/۱۹۱ ^b	۲۷۰/۴ ^b	۲۹۸۲/۵۹ ^b	۷۹۶۸ ^b	۱۱۰۰/۸ ^b	۱۶/۲۳ ^a	۲/۶۱ ^b

اعداد هم حرف معنی دار نیستند (P>۰/۰۵).

نتایج مقایسه میانگین بیانگر این است که میزان ازت کل خاک در مراتع آتش سوزی شده کاهش یافته است. میزان فسفر قابل جذب و کلسیم قابل جذب در مراتع آتش سوزی شده دارای کاهش چشمگیر بوده، همچنین میزان کربن آلی و پتاسیم قابل جذب خاک نیز در اثر آتش سوزی با کاهش مواجه بوده است. ولی میزان منیزیم قابل جذب خاک در اثر آتش سوزی دارای افزایش قابل توجه بوده است. ظرفیت تبادل کاتیونی خاک نیز در اثر آتش سوزی کاهش ولی معنی دار نبوده است.

بحث و نتیجه گیری

الف- خواص فیزیکی خاک: نتایج آنالیز آماری آزمایشات فیزیکی خاک (جرم مخصوص ظاهری، درصد شن، درصد سیلت و درصد رس) بیانگر این است که در اثر آتش سوزی مقدار جرم مخصوص ظاهری، درصد شن، درصد سیلت اثری خاک نداشته که با نتایج کیم و همکاران (۱۹۹۷) و محمد عارف و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد. دلیل آن این است که بیش تر آتش ها دارای گرمای کافی نبوده تا بتوانند در خواص فیزیکی خاک تغییر ایجاد نمایند (هانگرفرد و همکاران، ۱۹۹۱). هر چند کاهش کم میزان مواد آلی خاک در اثر آتش سوزی سبب کمی افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک (از $1/24 \text{ g/cm}^3$ به $1/29 \text{ g/cm}^3$) شد، این افزایش از نظر آماری معنی دار نیست. در این خصوص نتایج مطالعات کلرگتون و سانتلیس (۲۰۰۳) نشان داد که تغییر معنی داری در میزان جرم مخصوص ظاهری خاک در اثر آتش سوزی مشاهده نشد.

مقدار رس خاک در اثر آتش سوزی افزایش داشته است. نتایج حیدری و همکاران (۲۰۱۳) در مرتع نیمه استپی کرسنک نشان داد که مقدار رس قابل پراکنش در آب در اثر آتش سوزی افزایش یافته است که نامبردگان علت افزایش رس قابل پراکنش در آب سوزی را ناشی از کاهش ماده آلی خاک در اثر

آتش‌سوزی می‌دانند. در این خصوص نتایج مولوی و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد مقدار رس خاک جنگلی در اثر آتش‌سوزی کاهش یافته و از ۲۱/۸۴ به ۱۲/۲۸ درصد رسید.

ب- **خواص شیمیایی خاک:** نتایج آنالیز آماری نشان داد که مقدار ازت کل خاک در اثر آتش‌سوزی کاهش یافته است که با یافته‌های سایر پژوهشگران از جمله دوگای و همکاران (۲۰۰۷)، گارسیا و همکاران (۲۰۰۰) و ترنر و همکاران (۱۹۹۷) مطابقت دارد. مطالعات مختلفی که در این خصوص صورت گرفته بیانگر این است که از دست رفتن ازت خاک به‌وسیله عمل تبخیر در طی آتش‌سوزی بهاره در سال‌های با بارندگی نرمال زیاد است (ترنر و همکاران، ۱۹۹۷). طی سوختن ماده آلی، مواد غذایی موجود در آن توسط عمل تصعید از خاک خارج شده و از بین می‌رود. بنابراین مقدار این عناصر غذایی به‌ویژه ازت بعد از آتش‌سوزی کاهش می‌یابد (بانج‌شفیعی و همکاران، ۲۰۱۰). در اثر سوختن ازت آلی خاک کاهش می‌یابد چون مقدار زیادی تصعید می‌شود (فیشر و بنکلی، ۲۰۰۰). همچنین نتایج پژوهش‌های همت‌بلند و همکاران (۲۰۱۰) نشان‌دهنده افزایش ازت کل خاک در اثر آتش‌سوزی است.

فسفر قابل‌جذب خاک در اثر آتش‌سوزی کاهش یافته است. که با نتایج دوگای و همکاران (۲۰۰۷)، کریستنسن (۱۹۹۷) و بانج‌شفیعی و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت داشته ولی با یافته‌های همت‌بلند و همکاران (۲۰۱۰)، کواری و بتی (۱۹۹۱) و کستلی و لازاری (۲۰۰۲) مطابقت ندارد. که پژوهشگران اخیر دلیل افزایش فسفر اضافه شدن بقایای به جا مانده از خاکستر گیاهان و لاشبرگ‌ها به خاک می‌دانند.

پتاسیم قابل‌جذب خاک در اثر آتش‌سوزی کاهش یافته است که با نتایج کریستنسن (۱۹۹۷) و بانج‌شفیعی و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت داشته ولی با نتایج بیشتر پژوهشگران از جمله مولوی و همکاران (۲۰۰۹)، همت‌بلند و همکاران (۲۰۱۰)، چانسوک (۱۹۹۰)، کواری و بتی (۱۹۹۱) و کستلی و لازاری (۲۰۰۲) که در آن آتش‌سوزی سبب افزایش پتاسیم قابل‌جذب خاک می‌شود، مطابقت ندارد. این افزایش پتاسیم، احتمالاً در اثر آزاد شدن پتاسیم از کانی‌ها یا خاکستر مواد آلی می‌باشد (مولوی و همکاران، ۲۰۰۹).

کلسیم قابل‌جذب خاک در اثر آتش‌سوزی کاهش یافته است. که با یافته‌های بیشتر پژوهشگران کریستنسن (۱۹۹۷) و کستلی و لازاری (۲۰۰۲) و ایلدز (۲۰۱۰) مطابقت داشته است. ولی نتایج چانسوک (۱۹۹۰) بیانگر افزایش کلسیم بعد آتش‌سوزی است. در خاک‌های جنگلی یک ماه بعد از

آتش‌سوزی مقدار کلسیم قابل جذب خاک به‌طور معنی‌داری از زمان قبل از آتش‌سوزی بیش‌تر بوده است (کرتینی، ۲۰۰۵).

منیزیم قابل جذب خاک در اثر آتش‌سوزی افزایش یافته است. که با نتایج چانسوک (۱۹۹۰) و کیم و همکاران (۱۹۹۷) مطابقت داشته است. دلیل اصلی افزایش منیزیم در اثر سوختن مواد آلی سطح خاک می‌باشد. ولی با یافته‌های کریستنسن (۱۹۹۷)، گارسیا و همکاران (۲۰۰۰) و بانج‌شفیعی و همکاران (۲۰۱۰) تفاوت دارد. همچنین بعضی از بررسی‌ها نشان می‌دهد مقدار منیزیم خاک بعد از آتش‌سوزی تغییری نداشته است (کستلی و لازاری، ۲۰۰۲).

افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در اثر آتش‌سوزی با یافته‌های چانسوک (۱۹۹۰)، کستلی و لازاری (۲۰۰۲) و همت‌بلند و همکاران (۲۰۱۰) همسو است. پس از آتش‌سوزی میزان کاتیون‌های Ca^{2+} ، Mg^{2+} و K^+ به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای در محلول خاک افزایش می‌یابد (همت‌بلند و همکاران ۲۰۱۰). همچنین در این رابطه با نتایج پژوهش‌های ایلدز و همکاران (۲۰۱۰) نشان می‌دهد CEC خاک بعد از آتش‌سوزی ۴۰ درصد کاهش یافته است. مطالعات کیم و همکاران (۱۹۹۷) بیانگر این است که مقدار CEC خاک جنگلی در اثر آتش‌سوزی تغییری نداشته است دلیل آن ممکن است در ارتباط با کاهش میزان مواد آلی خاک باشد.

کربن آلی خاک در اثر آتش‌سوزی به‌طور معنی‌دار کاهش یافته است ($P < 0/01$). که با نتایج دوگای و همکاران (۲۰۰۷)، حیدری و همکاران (۲۰۱۳) و کزیمکزیک و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت دارد. آتش‌سوزی میزان مواد آلی خاک را تا عمق ۲۰ الی ۳۰ سانتی‌متری کاهش می‌دهد (کاظمی، ۲۰۰۵). از بین رفتن مواد آلی خاک ارتباط مستقیمی با درجه آتش‌سوزی دارد (گارسیا و همکاران، ۲۰۰۰). همچنین بر اساس بعضی از گزارش‌ها آتش‌سوزی سالیانه باعث افزایش میزان مواد آلی خاک می‌شود (چانسوک، ۱۹۹۰). آتش‌سوزی با شدت کم در جنگل‌های خیرود کنار سبب افزایش میزان مواد آلی شده است (بانج‌شفیعی و همکاران، ۲۰۱۰). ممکن است به‌دلیل مخلوط شدن خاکستر با مواد معدنی خاک میزان مواد آلی در منطقه آتش‌سوزی کمی بیش‌تر شود (کیم و همکاران، ۱۹۹۷). نتایج پژوهش نوآرا و همکاران (۲۰۱۳) در علفزارهای ایتالیا نشان داد که میزان کربن آلی خاک قبل و بعد از آتش‌سوزی تغییر معنی‌دار نداشته است. دلایل آن را پایین بودن درجه حرارت خاک هنگام

آتش‌سوزی، نرخ بالای معدنی شدن که منجر به ذخیره ناپایدار کربن آلی خاک می‌شود و ذخیره شدن مواد آلی در بین ذرات ریز خاک و حفاظت فیزیکی مواد آلی از آتش‌سوزی می‌شود. در این رابطه برادستوک و آلد (۱۹۹۵) اظهار می‌دارند اثرات آتش به خاک آلی سطحی محدود می‌شود. به‌علاوه افزایش دمای خاک به دلیل آتش‌سوزی‌های سطحی با افزایش عمق خاک کاهش می‌یابد. اثرات آتش روی لایه‌های معدنی خاک در حداقل ممکن است (آدمز، ۱۹۹۲).

منابع

1. Adams, M.A. 1992. Phosphatase activity and phosphorus fractions in Karri (*Eucalyptus diversicolor* F. Muell). Forest soils. Biology and Fertility of Soils. 14: 200-204.
2. Banej Shafiei, A., Akbarinia, M., Azizi, P., and Eshaghi Rad, J. 2010. Impacts of fire on some chemical properties of forest soil in north of Iran (Case study: Kheyroudkenar forest). Iran. J. For. Pop. Res. 18: 3. 365-379. (In Persian)
3. Bradstock, R.A., and Auld, T.D. 1995. Soil temperatures during experimental bushfires in relation to fire intensity: consequences for legume germination and fire management in south-eastern Australia. J. Appl. Ecol. 32: 76-84.
4. Castelli, L.M., and Lazzari, M.A. 2002. Impact of Fire on Soil Nutrients in Central Semiarid Argentina. Arid Land Research and Management. 16: 4. 349-364.
5. Certini, G. 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review. Oecologia. 143: 1-10.
6. Chansuk, U. 1990. Effects of fire frequencies on soil properties in dry Dipterocarp forest at Sakaerat, Changwat Nakhonratchasima. PhD thesis. Kasetsart University, Bangkok, Thailand, 3p.
7. Christensen, N.L. 1997. Fire and soil-plant nutrient relations in a pine-wiregrass savanna on the coastal plain of North Carolina. Oecologia. Pp: 27-44.
8. Crelghton, M.L., and Santelices, R. 2003. Effect of wildfire on soil physical and chemical properties in a *Nothofagus glauca* forest, Chile. Revista Chilena de Historia. 76: 529-542.
9. Czimeczik, C.I., Schmidt, M.W.I., and Schulze, E.D. 2005. Effects of increasing fire frequency on black carbon and organic matter in Podzols of Siberian Scots pine forests. Europ. J. Soil Sci. 56: 3. 417-428.
10. Duguay, B., Rovira, P., and Vallejo, R. 2007. Land-use history and fire effects on soil fertility in eastern Spain. Europ. J. Soil Sci. 58: 1. 83-91.
11. Fisher, R.F., and Binkley, D. 2000. Ecology and management of forest soils. 3rd ed. Wiley, New York. 512p.

12. García, E.G., Andreu, V., and Rubio, J.L. 2000. Changes in organic matter, nitrogen, phosphorus and cations in soil as a result of fire and water erosion in a Mediterranean landscape. *Europ. J. Soil Sci.* 51: 2. 201-210.
13. Heidary, J., Ghorbani Dashtaki, Sh., Raiesi, F., and Tahmasebi, P. 2013. Pool and dynamics of soil carbon after firing the semi steppe rangelands of Chaharmahal and Bakhtiari. *Soil and water science.* 23: 4. 249-264. (In Persian)
14. Hemmatboland, I., Akbarinia, M., and Banej Shafiei, A. 2010. The effect of fire on some soil chemical properties of oak forests in Marivan region. *Iran. J. For. Pop. Res.* 18: 2. 205-218. (In Persian)
15. Hungerford, R.D., Harrington, M.G., Frandsen, W.H., Ryan, R.C., and Niehoff, J.G. 1991. The influence of fire on factors that affect site productivity. In: Harvey, A.C., and L.F. Neuenschwander, Compiles Proceeding-Management and Productivity of Western-Montana Forest Soils. USDA Forest Service, General Technical Report INT-280, Pp: 32-50.
16. Jafari Haghighi, M. 2003. Methods of soil analysis sampling and important physical and chemical with emphasis on theory and practice. Nedayeh zahe publication. 236p. (In Persian)
17. Karimi, G., and Goudarzi, M. 2011. Seasonal changes of production and utilizations of rangelands planets (Karaj-Kordan). Research Institute of Forest and Rangelands. 102p. (In Persian)
18. Kazemi, M. 2005. Fire and forest ecosystems. Monthly livestock farming industry. 70: 46. (In Persian)
19. Kim, C., Lee, W.K., Byun, J.K., Kim, Y.K., and Jeong, J.H. 1997. Short-term Effects of Fire on Soil Properties in Pinus densiflora Stands. *J. For. Res.* 4: 23-55.
20. Kwari, J.D., and Batey, T. 1991. Effect of heating on phosphate sorption and availability in some north-east Nigerian soils. *J. Soil Sci.* 42: 3. 381-388.
21. Mohamed Aref, I., Atta, H.A., and Al Ghamed, A.R.M. 2011. Effect of forest fires on tree diversity and some soil properties. *J. Agric. Biol.* 13: 659-664. (In Persian)
22. Molavi, R., Baghernejad, M., and Adhami, E. 2009. Effects of forest burning and slash burn on physico-chemical properties and clay minerals of top soil. *JWSS-Isfahan University of Technology.* 49: 99-110. (In Persian)
23. Novara, A., Gristina, L., Rühl, J., Pasta, S., D'Angelo, G., La Mantia, T., and Pereira, P. 2013. Grassland fire effect on soil organic carbon reservoirs in a semiarid environment. *Solid Earth.* 4: 381-385.
24. Saa, A., Trasar-Cepeda, M.C., Gil-Sotres, F., and Carballas, T. 1993. Changes in soil phosphorus activity and acid phosphatase activity immediately following forest fires. *Soil Biology and Biochemistry.* 25: 1223-1230.

25. Tayefi, H., Erfanzadeh, R., and Abedi, M. 2015. The effect of fire on aggregate stability and Soil organic matter (Case study: Golestan park). 6th National Conference on Range and Range Management of IRAN. 171p. (In Persian)
26. Turner, C.L., Blair, J.M., Scharz, R.J., and Neel, J.C. 1997. Soil N and plant responses to fire, topography and supplemental N in tallgrass prairie. Ecological Society of America. 78: 1832-1843.
27. Yildiz, O., Derya, E., Murat S., and Bulent, T. 2010. Effects of forest fire on soil nutrients in Turkish pine (*Pinus brutia*, Ten) Ecosystems. J. Environ. Biol. 31: 11-13.