

تأثیر آتش سوزی سطحی بر پویایی برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاک جنگل، سردشت، آذربایجان غربی

پریناز صالحی^۱، عباس بانج شفیعی^{۲*}، محسن برین^۳ و خالد خضری^۴

۱- کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (parinaz.salehi1368@icloud.com)

۲- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (a.banjshafiei@urmia.ac.ir)

۳- استادیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران. (m.barin@urmia.ac.ir)

۴- کارشناس جنگلداری، اداره منابع طبیعی شهرستان سردشت، سردشت، ایران. (khezri@yahoo.ir)

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۴/۰۳

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۲۷

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی اثر آتش سوزی بر برخی از خصوصیات شیمیایی خاک در جنگل‌های شهرستان سردشت که در شهریورماه سال ۹۶ دچار آتش سوزی شد، انتخاب شد. منطقه شاهد یا نسوخته با شرایط یکسان در مجاورت منطقه سوخته انتخاب شد. پس از بررسی شرایط جنگل در هر منطقه تعداد نه قطعه نمونه با مساحت ۵۰۰ مترمربع و در مجموع ۱۸ قطعه نمونه با استفاده از روش سیستماتیک تصادفی و ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ متر پیاده شد. نمونه‌های خاک در مرکز هر قطعه نمونه و در عمق صفر تا ۱۰ سانتی متر طی سه نوبت: ۱- بلافاصله پس از آتش سوزی ۲- سه ماه پس از آتش سوزی و ۳- شش ماه پس از آتش سوزی برداشت شدند. عامل‌های N، Mg، Ca، Oc، P، K، Ec و pH اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که عناصر خاک در منطقه سوخته به مقدار اندکی بیشتر از خاک نسوخته بود که این افزایش از نظر آماری معنی دار نشد. نتایج آنالیز اندازه‌های تکراری نشان داد که تأثیر زمان بر مقدار اسیدیته (pH)، کلسیم و منیزیم در منطقه سوخته و نسوخته از نظر آماری معنی دار است به طوری که بیشترین تغییر در زمان سه ماه پس از آتش سوزی مشاهده شد. در مجموع می‌توان گفت که شدت کم آتش سوزی سطحی اتفاق افتاده در منطقه، تأثیر زیادی بر خصوصیات شیمیایی خاک نداشت به طوری که پس از گذشت ۶ ماه از آتش سوزی، مقدار بیشتر عناصر به سطوح قبل از آن برگشتند.

واژه‌های کلیدی: آتش سوزی جنگل، جنگل‌های بلوط، اندازه‌های تکراری، تأثیر زمان.

مقدمه

بر ویژگی‌های خاک‌های جنگلی مانند منابع عناصر غذایی ضروری (مانند کلسیم، پتاسیم، منیزیم) دارند که این عناصر برای پایدار ماندن حاصلخیزی جنگل در طولانی‌مدت بسیار مورد نیاز هستند (Feller, 1982, Deban et al., 1998). گاهی بروز تغییرات، دائمی و غیرقابل برگشت است. تغییر در خصوصیات خاک در اثر آتش‌سوزی را می‌توان در سه مقطع کوتاه‌مدت، طولانی‌مدت و دائمی بررسی کرد که با توجه به خصوصیات، شدت و تکرار آتش‌سوزی و همچنین شرایط آب و هوایی پس از آتش‌سوزی دوام اثرهای متفاوت است (Certini, 2005).

عامل آتش‌سوزی صرف‌نظر از منشأ پیدایش آن (عمدی و غیرعمدی) می‌تواند به صورت مستقیم بر ریز اقلیم، خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و به صورت غیرمستقیم بر کیفیت رویشگاه از طریق تأثیر بر پوشش گیاهی، توده شاخ و برگ و جانوران خاک‌زی اثر داشته باشد. در اثر حریق، ترکیب جنگل تغییر پیدا کرده و پوشش زنده و مرده جنگل دست‌خوش نابودی می‌شوند (Banj Shafiei et al., 2007). خسارت آتش‌سوزی به دو عامل شدت و طول مدت آتش‌سوزی قابل تفکیک است. ترکیب سوختن و انتقال گرما یک گرادبان نزولی حرارتی را همراه با افزایش عمق خاک ایجاد می‌کند. در عمق ۵ سانتی‌متر اول خاک، دما به ندرت به ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد و اغلب گرما به عمق ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نخواهد رسید (Deban, 2000). عمق نفوذ درجه حرارت در خاک وابسته به ضخامت، نسبت تراکم و رطوبت خاک بستر است (Campbell et al., 1995).

ملموس‌ترین تغییرات در جنگل‌های آتش گرفته در پوشش گیاهی و لاشبرگ آن انجام می‌شود که بسته به شدت آتش‌سوزی قسمتی یا تمامی آن‌ها از بین

جنگل بوم نظامی پویا و پیچیده است که در حالت نرمال اجزای تشکیل‌دهنده آن با یکدیگر در تعادل قرار دارند. هنگامی که تحت تأثیر یک یا چند عامل مخرب محیطی یا مصنوعی قرار می‌گیرد بسته به شدت اثر آن عامل، حالت تعادل یا خودتنظیمی آن ضعیف شده یا از بین می‌رود. پویایی جنگل‌ها تحت تأثیر عوامل و فرآیندهایی از قبیل شرایط رویشگاهی، ترکیب گونه‌ها، زادآوری و آشفته‌گی قرار دارد که در این میان، آتش‌سوزی یکی از مهم‌ترین این آشفته‌گی‌ها محسوب می‌شود که شناخت پیامدهای آن از نظر آگاهی دادن به افراد، مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح امری ضروری تلقی می‌شود (Khalilpour and Jalilvand, 2018).

آتش بخش جدایی‌ناپذیر از بوم‌سازگان‌های گیاهی است اما در شرایط کنونی آتش‌سوزی‌های ناشی از تغییرات اقلیمی، تبدیل به یکی از مهم‌ترین عوامل تخریب شده‌اند (Pausas and Keeley, 2009). آتش به‌عنوان یک عامل پر قدرت تغییردهنده محیط‌زیست، تأثیر بلندمدتی بر چرخه مواد غذایی، اکوسیستم، ترکیب گونه‌ها، رشد گیاهان، موجودات خاک‌زی، آبشویی و فرسایش دارد (Wan et al., 2001). یکی از راه‌های شناخته‌شده تأثیر آتش‌سوزی بر پویایی اکوسیستم جنگل از طریق ایجاد تغییر در خواص و فرآیندهای خاک است (Neary et al., 1999). آتش به‌طور قابل توجهی خواص خاک را تغییر داده و بسته به شدت آن، تنوع و توسعه درختان و درختچه‌ها را به‌طور متفاوت تحت تأثیر قرار می‌دهد. در نتیجه بسته به فراوانی، شدت، وسعت و زمان وقوع آن، سبب ایجاد ویژگی‌های متفاوتی در اکوسیستم‌های محلی و منطقه‌ای می‌شود (Malvar et al., 2016, Fajardo and Gundale, Dzwonko et al., 2015). آتش‌سوزی‌ها اثرهای بلندمدت و کوتاه‌مدت

بازه زمانی بعد از وقوع آتش اقدام به نمونه‌برداری کرد تا نحوه تغییرات ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک را مورد پژوهش قرار داد. در این پژوهش تأثیر آتش-سوزی بر خصوصیات خاک طی چند بازه زمانی در جنگل‌های سردشت مورد بررسی قرار گرفت تا مشخص شود که پویایی عناصر و همچنین بافت خاک در طول زمان چه تغییری خواهند کرد.

مواد و روش‌ها

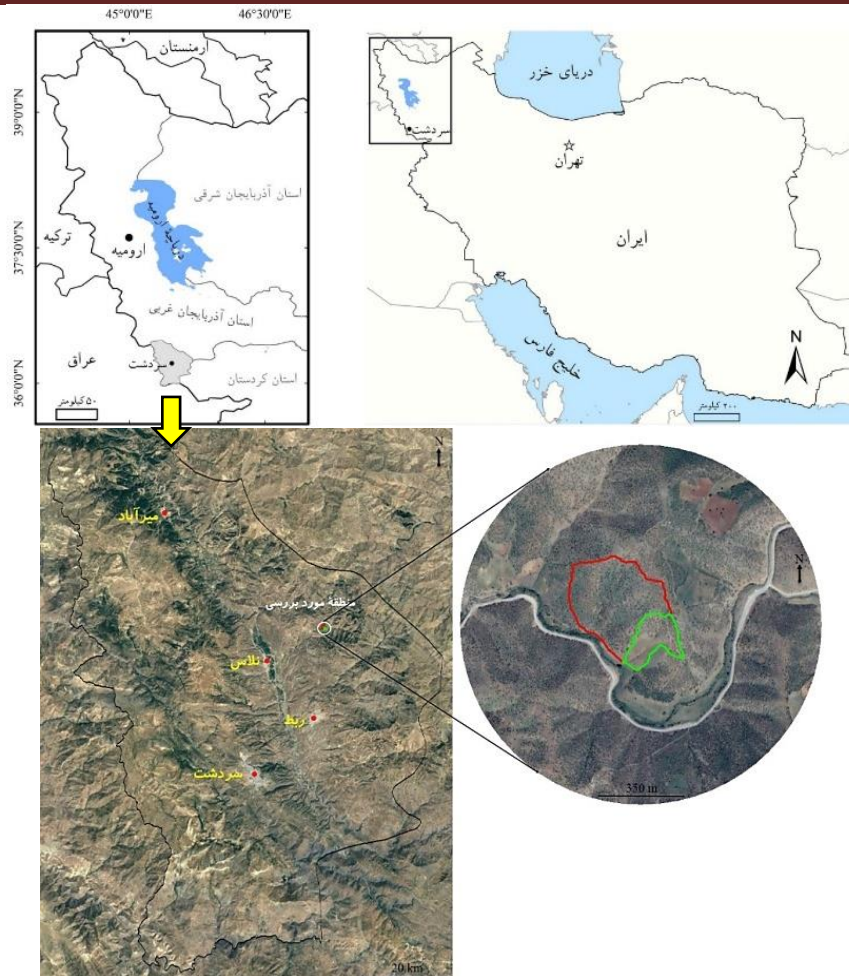
منطقه مورد بررسی

پس از بررسی مناطق آتش‌سوزی شده در سال ۱۳۹۶، منطقه‌ای که در تاریخ ۴ شهریور به وسعت تقریبی ۱۱ هکتار دچار آتش‌سوزی شده بود انتخاب شد. به‌منظور مقایسه، منطقه‌ای با مساحتی تقریباً برابر با منطقه سوخته‌شده و در مجاورت آن و رعایت یک فاصله ۳۰۰-۲۰۰ متر از آن انتخاب شد. این منطقه در ۳۰ کیلومتری شهرستان سردشت در استان آذربایجان غربی و در حوزه مدیریت اداره منابع طبیعی سردشت قرار دارد. منطقه سوخته در عرض جغرافیایی شمالی $37^{\circ}17'37''$ تا $37^{\circ}17'45''$ و طول جغرافیایی شرقی $45^{\circ}33'41''$ تا $45^{\circ}33'45''$ و منطقه سوخته در عرض جغرافیایی شمالی $36^{\circ}17'39''$ تا $36^{\circ}17'53''$ و طول جغرافیایی شرقی $45^{\circ}33'32''$ تا $45^{\circ}33'49''$ واقع شده‌اند. متوسط بارندگی منطقه ۸۵۸/۱ میلی‌متر در سال و متوسط دمای سالانه ۱۳/۱ درجه سانتی‌گراد است. گونه‌های بلوط ایرانی یا برودار (*Quercus persica*)، دارمازو (*Quercus infectoria*) و ویول (*Quercus libani*) مهم‌ترین عناصر درختی تشکیل‌دهنده جنگل‌های این منطقه هستند (*Beygi et al.*, 2020).

می‌روند. از بین رفتن پوشش گیاهی و لاشبرگ جنگل به‌طور موقت سبب کاهش یا توقف کامل تعرق، برگاب و ذخیره باران توسط تاج‌پوشش و همچنین لاشبرگ و پوشش کف جنگل می‌شود (*Neary et al.*, 2003). لخت شدن سطح خاک منجر به آسیب‌پذیری آن در مقابل فرسایش قطرات باران و نوسانات دمایی و رطوبتی خاک و همچنین فرسایش‌پذیرتر شدن سطح خاک شده که مجموع این تغییرات منجر به افزایش سریع و ناگهانی فرسایش خاک می‌شود (*Robichaud and Brown*, 1999).

طی سال‌های اخیر تحقیقات زیادی انجام شده‌اند که افزایش تعداد و شدت آتش‌سوزی‌ها را برای آینده نزدیک پیش‌بینی می‌کنند. در ایران باوجود عدم وجود اطلاعات دقیق از آتش‌سوزی‌های گذشته، کاهش سالانه ۵۰۰۰ تا ۶۰۰۰ هکتار از وسعت جنگل‌ها در اثر آتش‌سوزی قابل تخمین است (*Adab et al.*, 2013, *Amiri et al.*, 2017). آتش‌سوزی در جنگل‌های بلوط غرب یکی از عوامل مهم تخریب جنگل‌ها بوده، به‌طوری‌که سالانه مساحت قابل‌توجهی از این جنگل‌ها دست‌خوش حریق می‌شوند و با توجه به‌شدت آتش‌سوزی اثرهای متفاوتی بر شرایط اکولوژیکی محیط تحمیل می‌شود. نظر به اینکه خاک به‌عنوان بستر رشد و زادآوری جنگل محسوب می‌شود، بنابراین بررسی اثر آتش‌سوزی بر خصوصیات خاک دارای اهمیت ویژه‌ای است (*Hemmatboland et al.*, 2010).

باوجود تأثیر بلندمدت آتش‌سوزی بر ویژگی‌های خاک تاکنون بیشتر پژوهش‌هایی که در این زمینه در ایران انجام شده‌اند به‌صورت استاتیک بوده‌اند. درحالی‌که بهتر آن است تا به‌صورت پویا و در چند



شکل ۱- نقشه منطقه مورد بررسی (منطقه سوخته با پلیگون قرمز و منطقه شاهد با پلیگون سبز مشخص شده است)

Figure 1. Map of the study area (The burned and control areas have been specified with red and green polygons, respectively)

جمع‌آوری داده‌ها

جمع‌آوری داده‌های پوشش گیاهی

پس از بررسی شرایط جنگل مقرر شد که در هر منطقه تعداد نه قطعه نمونه و در مجموع ۱۸ قطعه نمونه با استفاده از روش سیستماتیک تصادفی و ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ متر پیاده شود. مساحت قطعات نمونه با در نظر گرفتن اینکه حداقل ۱۰-۱۵ درخت اندازه‌گیری شوند، ۵۰۰ مترمربع در نظر گرفته شد. مشخصات تمامی درختان با قطر بالای پنج سانتی‌متر از نظر قطر برابرسینه (سانتی‌متر) و میانگین قطر تاج (سانتی‌متر)، همچنین ارتفاع (متر) نزدیک‌ترین و قطورترین درخت

به مرکز قطعه نمونه و درصد شیب در هر قطعه نمونه، اندازه گرفته شده و در برگه‌های آماربرداری ثبت شد.

نمونه‌برداری خاک

در مرکز هر قطعه نمونه، یک نمونه خاک از عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری برداشت شد. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه و هوا خشک شدن و رد کردن از الک دو میلی‌متری، مجموعه‌ای از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شدند که عبارت‌اند از بافت خاک به روش هیدرومتری، pH خاک با استفاده از دستگاه pH متر الکتریکی، درصد کربن آلی با روش والکی و بلک، درصد ازت کل به روش کج‌لدال، فسفر قابل جذب به روش السون، پتاسیم قابل جذب به روش

عصاره‌گیری با استات آمونیوم و به کمک دستگاه فلم فتومتر، همچنین نسبت کربن به نیتروژن (به‌عنوان شاخصی از معدنی شدن مواد آلی) محاسبه شد. برداشت نمونه خاک و اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک سه بار و با فاصله زمانی سه- ماهه یعنی بلافاصله، سه ماه بعد و شش ماه بعد از آتش‌سوزی انجام شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌ها بعد از جمع‌آوری وارد نرم افزار SPSS نسخه ۲۳ شد. ابتدا آمار توصیفی تحقیق استخراج شد. سپس با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف نرمال بودن پراکنش داده‌ها آزمون شد. به دلیل نرمال بودن پراکنش داده‌ها از آزمون t مستقل برای مقایسه بین میانگین مشخصات کمی پوشش گیاهی و ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک بین دو منطقه آتش‌سوزی شده و نسوخته استفاده شد. برای مقایسه بین میانگین ویژگی‌های خاک در طول زمان‌های اندازه‌گیری در هر منطقه از آزمون اندازه‌های تکراری (Repeated

نتایج

مشخصات رویشی درختان

مشخصات رویشی منطقه با توجه به جدول ۱ نشان می‌دهد که میانگین قطر در ارتفاع برابر سینه درختان در منطقه سوخته ۱۰/۱۷ سانتی‌متر و در منطقه نسوخته ۱۰/۷۹ سانتی‌متر است. میانگین قطر تاج در منطقه سوخته ۲/۰۹ و در منطقه نسوخته ۲/۴۷ متر است. میانگین ارتفاع درختان در منطقه سوخته ۴/۰۱ و در منطقه نسوخته ۳/۹۴ متر است. نتایج آزمون t نشان داد که به احتمال ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری بین متغیرهای فوق‌الذکر وجود ندارد.

جدول ۱- مشخصات رویشی درختان و درصد شیب منطقه مورد پژوهش

Table 1. Vegetative characteristics of trees and percent slope of studied areas

منطقه	شیب (درصد)	قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	میانگین قطر تاج (متر)	ارتفاع درخت (متر)
Area	Slope (%)	DBH (cm)	Mean crown diameter (m)	Tree height (m)
میانگین Mean	43.56 ± 0.79	10.17 ± 0.25	2.09 ± 0.09	4.01 ± 0.21
سوخته Burnt				
حداقل Min	25	6	1	2.86
حداکثر Max	55	17	4	5.70
میانگین Mean	48.66 ± 0.61	10.79 ± 0.35	2.47 ± 0.13	3.94 ± 0.34
نسوخته Unburnt				
حداقل Min	35	4	1	2
حداکثر Max	59	19	4	5.65

ویژگی‌های خاک

سطح اولیه خود بود. بیشترین مقدار کلسیم در منطقه سوخته بلافاصله پس از آتش‌سوزی بود. آزمون مقایسه میانگین‌های LSD نیز نشان داد که در منطقه سوخته بین میانگین کلسیم در زمان اول (بلافاصله پس از آتش‌سوزی) با زمان‌های دوم و سوم (۳ و ۶ ماه پس از آتش‌سوزی) اختلاف معنی‌داری وجود دارد در حالی که بین زمان دوم و سوم اختلافی وجود ندارد. در منطقه سوخته بین میانگین کلسیم اندازه‌گیری شده در سه زمان مختلف اختلاف معنی‌داری به احتمال ۹۵ درصد وجود دارد.

در هر دو منطقه سوخته و نسوخته مقدار منیزیم ۳ ماه پس از آتش‌سوزی به شدت کاهش یافت. این مقدار، ۶ ماه بعد نیز در هر دو منطقه به مقدار بسیار ناچیزی کاهش یافت. در نتیجه همچنان میانگین منیزیم در هر دو منطقه بسیار پایین‌تر از سطح اولیه خود بودند. آزمون مقایسه میانگین‌های LSD نیز نشان داد که در هر دو منطقه سوخته و نسوخته بین میانگین منیزیم در زمان اول (بلافاصله پس از آتش‌سوزی) با زمان‌های دوم و سوم (۳ و ۶ ماه پس از آتش‌سوزی) اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

نتایج نشان داد که به احتمال ۹۵ درصد، تفاوت معنی‌داری بین میانگین متغیرهای دو منطقه سوخته‌شده و نسوخته در هر یک از زمان‌های اندازه‌گیری شده وجود ندارد. در حالی که در هر منطقه سوخته‌شده و نسوخته، بین میانگین متغیرهای pH، کلسیم و منیزیم در سه زمان مختلف اندازه‌گیری شده (بلافاصله بعد از آتش‌سوزی، ۳ ماه بعد و ۶ ماه بعد) اختلاف معنی‌داری مشاهده شد.

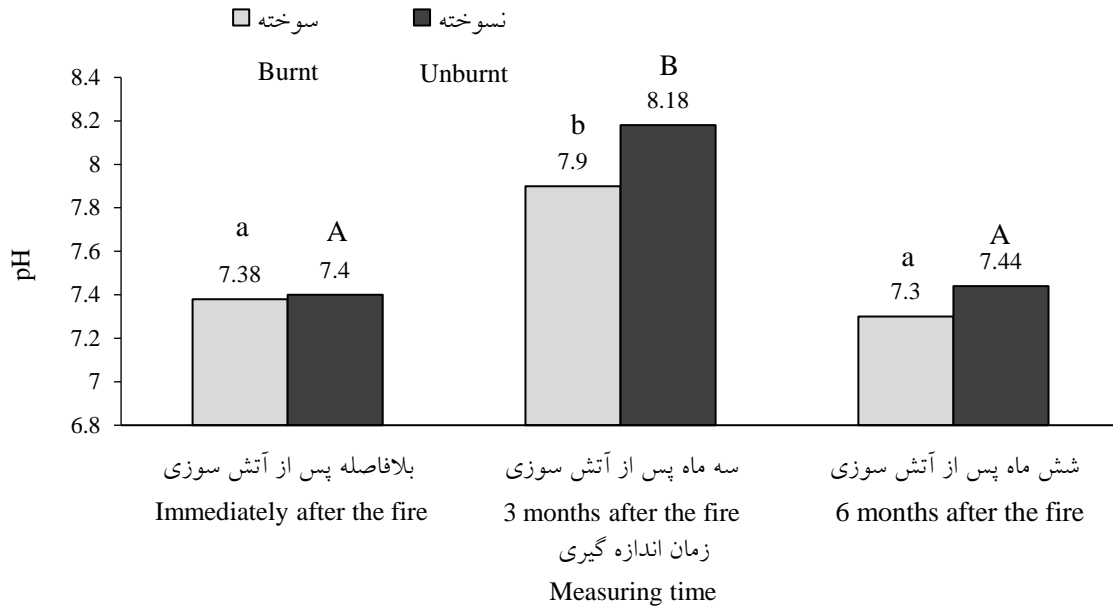
مقدار pH در دو منطقه سوخته و نسوخته ۳ ماه پس از آتش‌سوزی افزایش یافت و ۶ ماه بعد به حالت اولیه خود بازگشت. بیشترین مقدار pH مربوط به دومین زمان اندازه‌گیری یعنی ۳ ماه پس از آتش‌سوزی در هر دو منطقه سوخته و نسوخته است. آزمون مقایسه میانگین‌های LSD نیز نشان داد که میانگین pH در زمان دوم (۳ ماه پس از آتش‌سوزی) در هر دو منطقه با دو میانگین دیگر اختلاف معنی‌دار دارد.

مقدار کلسیم در دو منطقه سوخته و نسوخته ۳ ماه پس از آتش‌سوزی کاهش یافت. این مقدار در منطقه سوخته ۶ ماه بعد، ثابت ماند اما در منطقه نسوخته مقداری افزایش یافت ولی باز پایین‌تر از

جدول ۲- مقایسه میانگین ویژگی‌های خاک بین دو منطقه سوخته و نسوخته در سه زمان متفاوت اندازه‌گیری

Table 2. Comparison of mean soil properties between the two burnt and unburnt areas at all three different measuring times

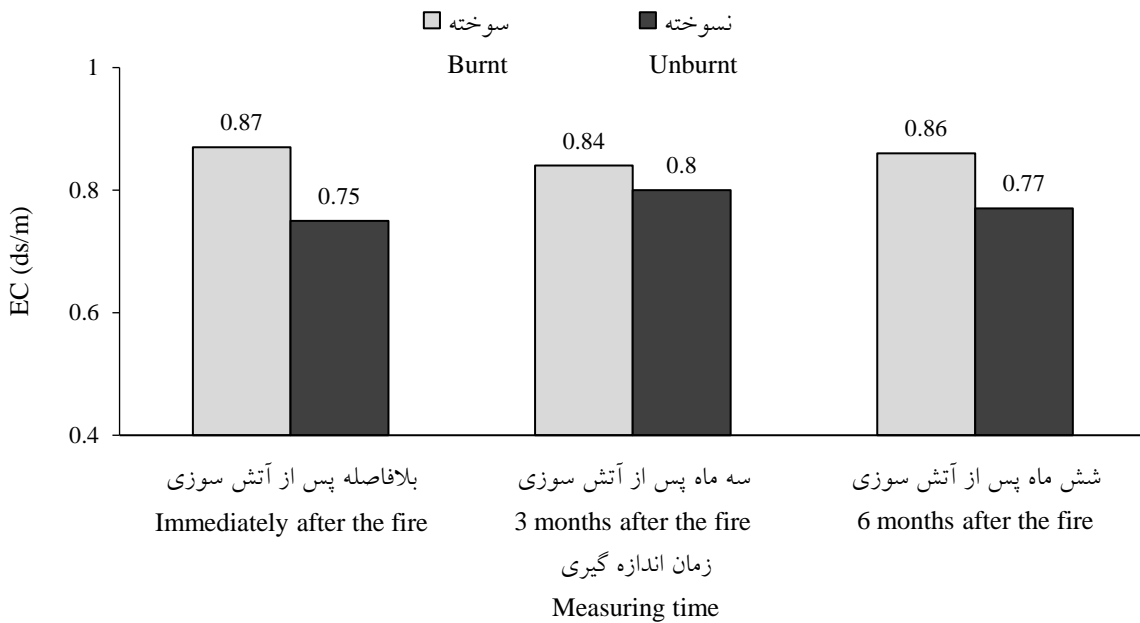
زمان سوم (فروردین ۱۳۹۷)		زمان دوم (دی ۱۳۹۶)		زمان اول (مهر ۱۳۹۶)		متغیر Variable
Third time (Apr 2018)		Second time (Jan 2018)		First time (Oct 2017)		
p-value	t	p-value	t	p-value	t	
0.72	-0.37	0.09	-1.88	0.67	-0.44	pH
0.11	1.69	0.53	0.65	0.35	0.98	Ec
0.22	1.28	0.49	0.71	0.37	-0.92	K
0.52	0.66	0.79	-0.27	0.07	-1.98	P
0.44	0.78	0.36	-0.94	0.99	-0.01	OC
0.48	0.73	0.38	-0.9	0.99	-0.02	N
0.7	0.4	0.11	1.71	0.07	2.03	Ca
0.08	-1.83	0.44	0.8	0.39	-0.89	Mg



شکل ۲- تغییرات میانگین pH در دو منطقه سوخته و نسوخته در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری

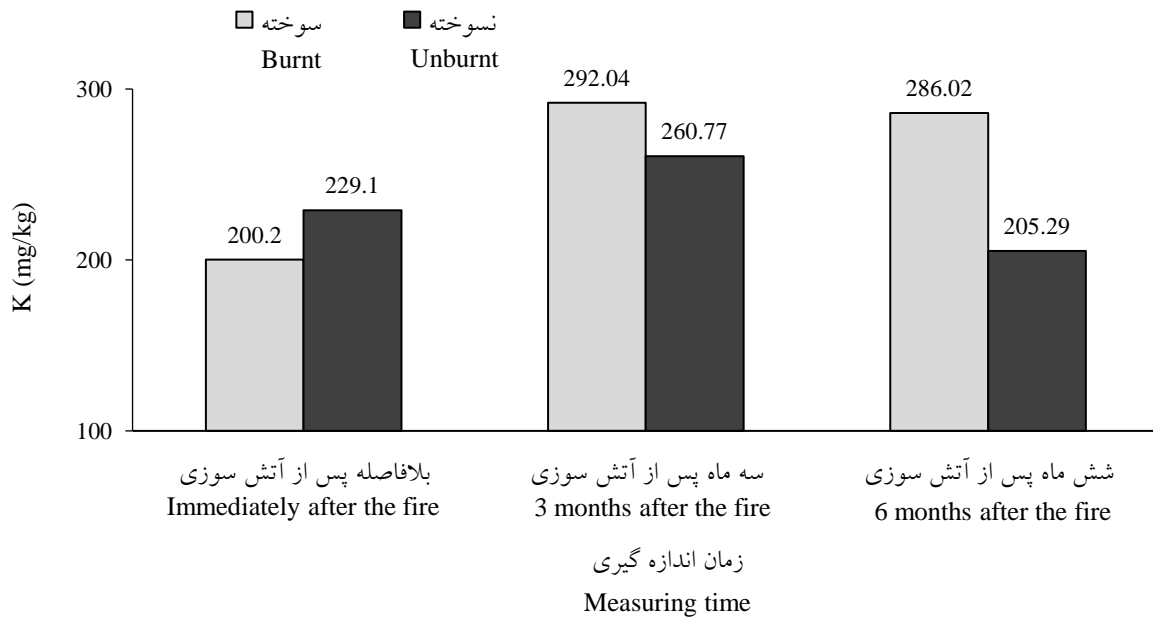
Figure 2. Mean pH changes in burnt and unburnt areas at different measuring times

(حروف کوچک و بزرگ متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین سه زمان اندازه‌گیری به ترتیب در مناطق سوخته و نسوخته است.)
(Dissimilar small and capital letters represent significant differences between the three measuring times in burnt and unburnt areas respectively)

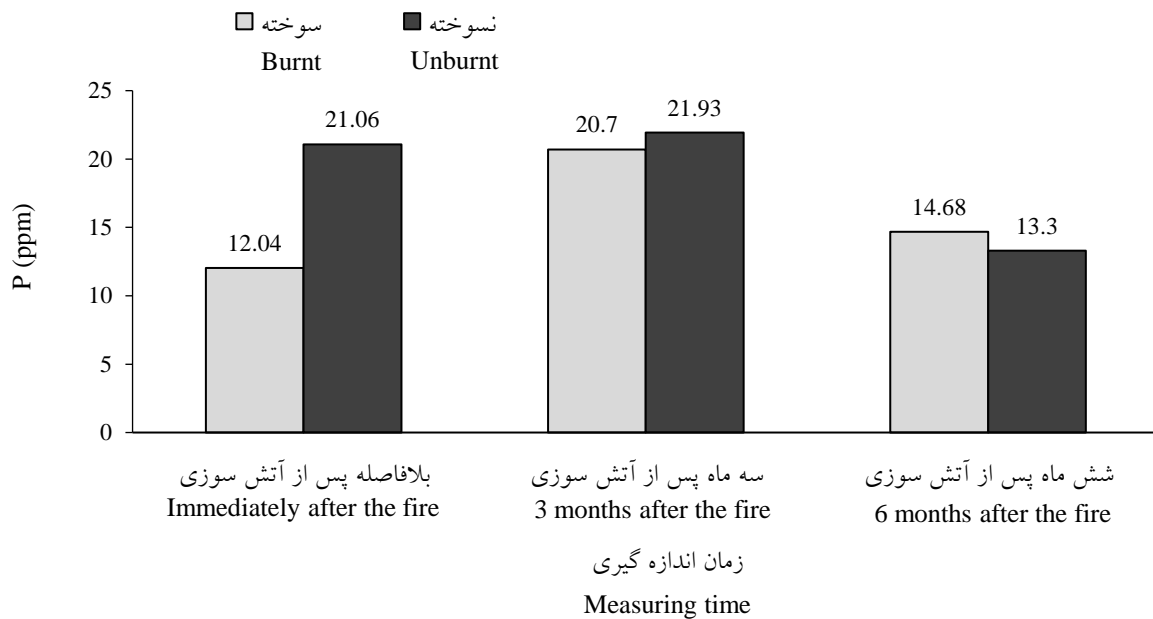


شکل ۳- تغییرات میانگین رسانایی الکتریکی در دو منطقه سوخته و نسوخته در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری

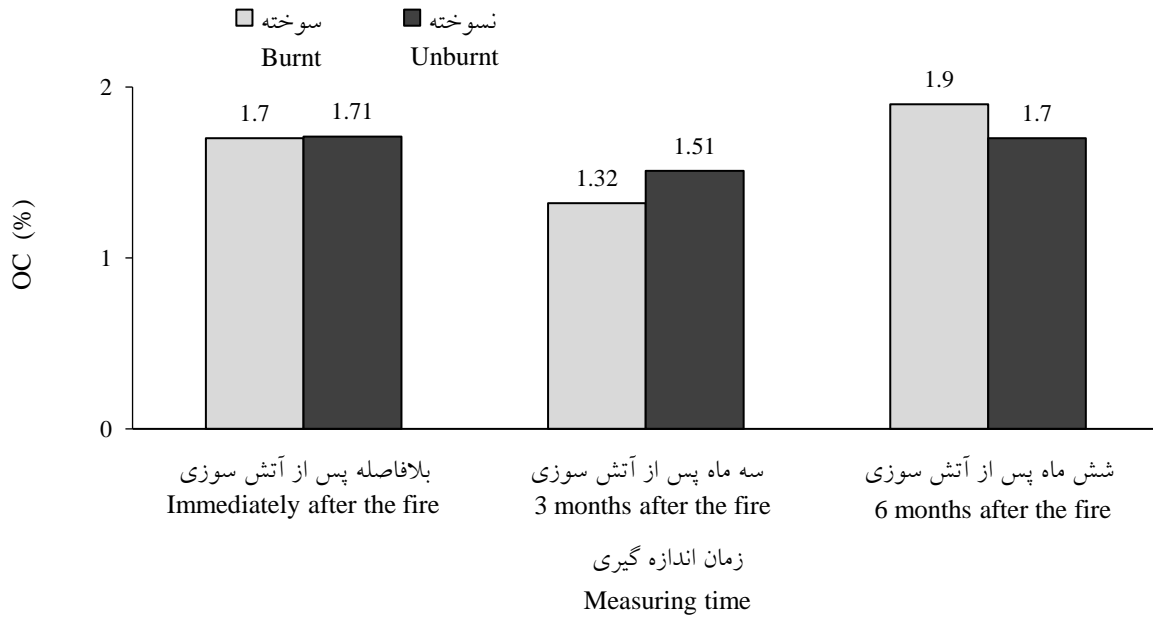
Figure 3. Mean electrical conductivity changes in burnt and unburnt areas at different measuring times



شکل ۴- تغییرات میانگین پتاسیم در دو منطقه سوخته و نسوخته در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری
 Figure 4. Mean potassium (K) changes in burnt and unburnt areas at different measuring times

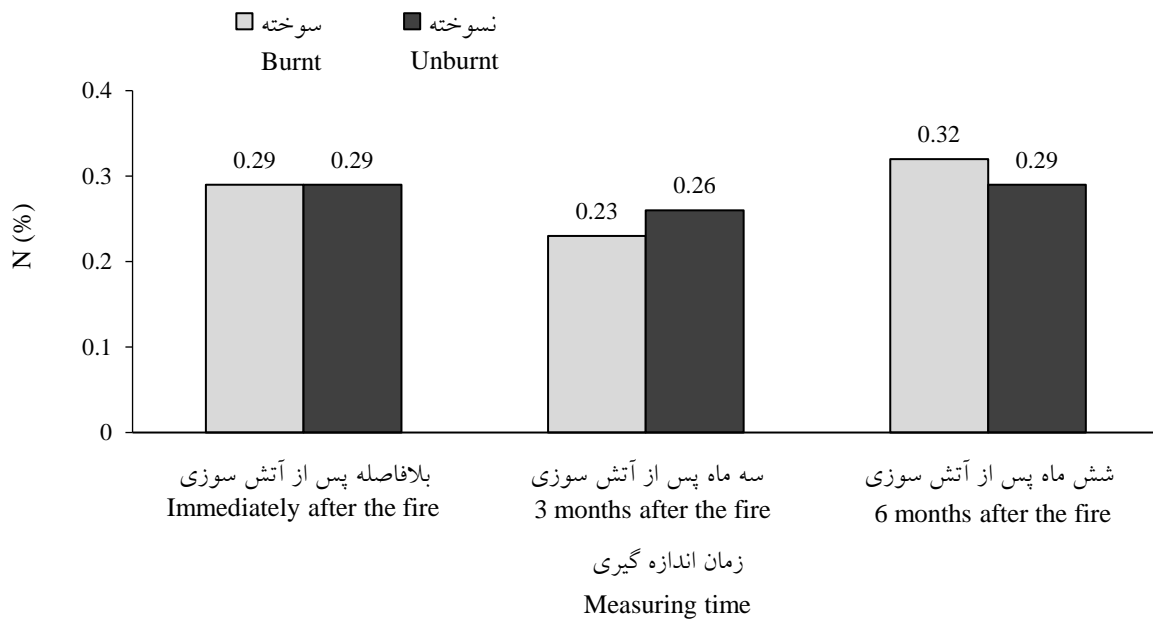


شکل ۵- تغییرات میانگین فسفر در دو منطقه سوخته و نسوخته در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری
 Figure 5. Mean phosphorus changes in burnt and unburnt areas at different measuring times



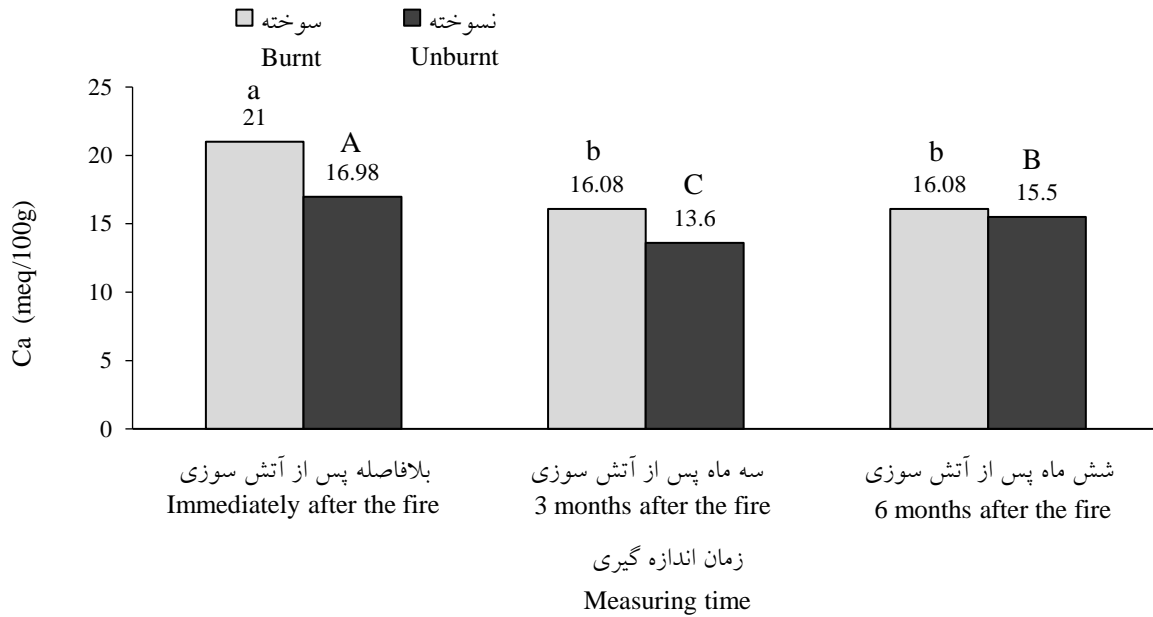
شکل ۶- تغییرات میانگین کربن آلی در دو منطقه سوخته و نسوخته در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری

Figure 6. Mean organic carbon changes in burnt and unburnt areas at different measuring times



شکل ۷- تغییرات میانگین نیتروژن در دو منطقه سوخته و نسوخته در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری

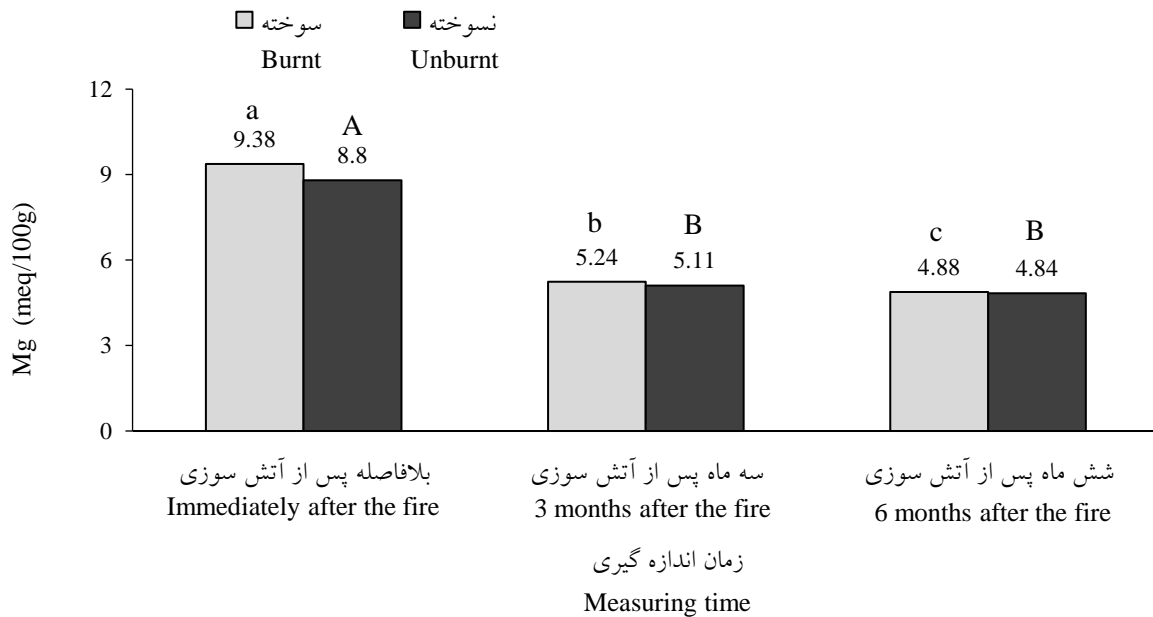
Figure 7. Mean nitrogen changes in burnt and unburnt areas at different measuring times



شکل ۸- تغییرات میانگین کلسیم در دو منطقه سوخته و نسوخته در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری

Figure 8. Mean calcium changes in burnt and unburnt areas at different measuring times

(حروف کوچک و بزرگ متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین سه زمان اندازه‌گیری به ترتیب در مناطق سوخته و نسوخته است.)
(Dissimilar small and capital letters represent significant differences between the three measuring times in burnt and unburnt areas respectively)



شکل ۹- تغییرات میانگین منیزیم در دو منطقه سوخته و نسوخته در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری

Figure 9. Mean magnesium changes in burnt and unburnt areas at different measuring times

(حروف کوچک و بزرگ متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین سه زمان اندازه‌گیری به ترتیب در مناطق سوخته و نسوخته است.)
(Dissimilar small and capital letters represent significant differences between the three measuring times in burnt and unburnt areas respectively)

جدول ۳- آنالیز یک متغیره اندازه‌های تکراری متغیرهای شیمیایی خاک در هر دو منطقه سوخته و نسوخته

Table 3. Univariate repeated measures analysis of soil chemical variables in burnt and unburnt areas

متغیر Variable	منطقه Area	مجموع مربعات Sum of squares	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares	t	Sig.	مربع Partial eta
pH	سوخته Burnt	2.13	2	1.07	16.47	0	0.67
	نسوخته Unburnt	3.19	2	1.6	55.6	0	0.87
Ec	سوخته Burnt	0.007	2	0.003	0.12	0.89	0.01
	نسوخته Unburnt	0.01	2	0.005	0.59	0.56	0.07
K	سوخته Burnt	41361.21	2	20680.6	2.37	0.13	0.23
	نسوخته Unburnt	13947.77	2	6973.88	3.87	0.04	0.33
P	سوخته Burnt	295.15	2	147.58	2.2	0.14	0.22
	نسوخته Unburnt	406.46	2	203.22	2.8	0.09	0.26
Ca	سوخته Burnt	4884.99	2	2442.49	22.44	0	0.74
	نسوخته Unburnt	4967.19	2	2483.6	42.86	0	0.84
Mg	سوخته Burnt	72.76	2	36.38	5.87	0.01	0.42
	نسوخته Unburnt	132.14	2	66.07	13.53	0	0.63
N	سوخته Burnt	0.04	2	0.02	1.96	0.17	0.2
	نسوخته Unburnt	0.007	2	0.003	0.48	0.63	0.06
Oc	سوخته Burnt	1.37	2	0.68	2.08	0.16	0.21
	نسوخته Unburnt	0.23	2	0.12	0.47	0.63	0.06

بحث

رطوبتی خاک برشمرد (Johnson and Curtis, 2001).
درحالی‌که تأثیر غیرمستقیم آن، می‌تواند از طریق
افزایش یا کاهش فون و فلور و کیفیت رویشگاه به
سبب تغییرات ایجاد شده در خاک باشد (Ahlgren,)
(1974, Rundel, 1981).

آتش‌سوزی می‌تواند تأثیر مستقیم و غیرمستقیم بر
خاک یک اکوسیستم جنگلی داشته باشد. به‌طوری‌که
تأثیر مستقیم آن را می‌توان در سوزاندن و تجزیه سریع
لاشبرگ، افزایش مقدار مواد معدنی قابل‌دسترس،
افزایش واکنش (اسیدیته) و تغییر شرایط دمایی و

شده و نسوخته مورد بررسی ممکن است ناشی از شدت کم آتش‌سوزی باشد که نتوانسته سبب تفاوت معنی‌دار بین مناطق سوخته و نسوخته شود و ممکن است تغییرات بین زمان‌ها ناشی از تغییرات فصل باشد.

مقدار کلسیم پس از آتش‌سوزی در منطقه سوخته نسبت به نسوخته افزایش یافت. ۳ ماه بعد مقدار کلسیم در هر دو منطقه کاهش یافت. ۶ ماه بعد از آتش‌سوزی، مقدار کلسیم در منطقه سوخته ثابت ماند اما پایین‌تر از سطح اولیه بود. در منطقه نسوخته هم مقداری افزایش داشت که تقریباً برابر با سطح اولیه بود. بیشترین مقدار کلسیم بلافاصله بعد از آتش‌سوزی در منطقه سوخته بود (شکل ۸). مقدار منیزیم بلافاصله بعد از آتش‌سوزی در منطقه سوخته شده بیشتر از منطقه نسوخته بود. ۳ ماه بعد مقدار آن در هر دو منطقه کاهش یافت و بعد از ۶ ماه، مقدار دیگری نیز کاهش یافت که در هر دو منطقه پایین‌تر از سطح اولیه بود. بیشترین مقدار منیزیم بلافاصله پس از آتش‌سوزی در منطقه سوخته بود (شکل ۹). تأثیر آتش‌سوزی بر عناصری مانند پتاسیم و کلسیم موقتی بوده و عمدتاً قابلیت دسترسی این عناصر با افزایش مقدار مواد آلی سوخته افزایش می‌یابد. مقدار افزایش به نوع عنصر، گونه درختان سوخته، خصوصیات خاک و فرآیندهای آبسویی بستگی دارد. به‌طورکلی افزایش این عناصر بعد از آتش‌سوزی را می‌توان ناشی از سوختن مواد آلی و آزاد شدن کاتیون‌های موجود در آن دانست (Adams and Boyle, 1980). شرایط آب و هوایی پس از آتش‌سوزی نیز می‌تواند عناصر غذایی مانند پتاسیم را تحت تأثیر قرار دهد؛ بنابراین کاهش مقدار این عناصر می‌تواند ناشی از وقوع بارندگی‌های شدید در منطقه مورد پژوهش باشد که منجر به از بین رفتن لایه خاکستر غنی از مواد مغذی از طریق فرسایش و

مقدار میانگین pH در هر دو منطقه سوخته و نسوخته بلافاصله بعد از آتش‌سوزی مشابه بود. ۳ ماه پس از آتش‌سوزی مقداری افزایش یافت و ۶ ماه بعد دوباره کاهش یافته و به سطح اولیه خود بازگشت. مقایسات میانگین‌ها حاکی از وجود بیشترین مقدار pH در منطقه سوخته ۳ ماه پس از آتش‌سوزی بود (شکل ۲). از نظر واکنش خاک بین منطقه سوخته و نسوخته اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱) ولی بین زمان‌های مختلف، این تفاوت معنی‌دار شد (جدول ۲). این اختلاف در هر دو منطقه سوخته و نسوخته بین زمان‌های ۱ و ۲ و زمان ۲ و ۳ معنی‌دار شد. بین زمان ۱ و ۳ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۲). افزایش pH بعد از آتش‌سوزی به‌اضافه شدن خاکستر به خاک و همچنین اکسیداسیون کامل مواد ارگانیکی طی آتش‌سوزی و آزادسازی کاتیون‌ها نسبت داده می‌شود (Arocena and Opio, 2003). افزایش pH بعد از آتش‌سوزی به‌علت آزاد شدن کاتیون‌های قلیایی مانند کلسیم، منیزیم، پتاسیم از مواد آلی خاک است (Certini, 2005). در اثر سوختن مواد آلی تجمع یافته در کف جنگل، مقدار زیادی کاتیون بازی در خاک آزاد می‌شود که به‌نوبه خود موجب افزایش pH می‌شود (Macdonald and Huffman, 2004). به‌دلیل حضور اکسیدهای پتاسیم و سدیم، هیدروکسیدها و کربنات‌ها افزایش pH دوام زیادی نداشته و اغلب طی یک فصل مرطوب از بین می‌رود (Debyle, 1976). افزایش مقدار اسیدیته می‌تواند یکی از فواید آتش‌سوزی باشد، زیرا با افزایش واکنش خاک، به‌ویژه در خاک‌های اسیدی، قابلیت جذب عناصر ضروری در خاک افزایش می‌یابد (Ahlgren and Ahlgren, 1960). (Wells et al., 1979). به‌طورکلی انتظار می‌رود که بعد از سوختن، pH خاک افزایش یابد (Gil et al., 2010). روند مشابه افزایش و کاهش در هر دو منطقه سوخته-

درجه سانتی‌گراد نرسد هیچ‌گونه تغییری در ماده آلی، وزن مخصوص ظاهری، بافت و مدت‌زمانی که طول می‌کشد تا آب در خاک نفوذ کند مشاهده نمی‌شود؛ بنابراین در آتش‌سوزی‌های با شدت اندک یا آتش-سوزی‌های کنترل‌شده تغییرات خاصی مشاهده نمی‌شود و حتی می‌توان در مدیریت جنگل با سوختن بخشی از مواد آلی به‌عنوان ابزاری در راستای برگشت سریع‌تر عناصر غذایی به خاک و ایجاد بستری مناسب برای جوانه‌زنی بذر استفاده شود. به‌طورکلی در این پژوهش تأثیر آتش‌سوزی بر خواص شیمیایی خاک در منطقه سوخته به‌نسبت قابل‌توجه بود به‌طوری‌که احتراق از طریق تولید خاکستر سبب آزاد شدن مقادیر قابل‌توجهی کاتیون‌های بازی در کف جنگل شد که سبب افزایش برخی عناصر مانند Mg و Ca بلافاصله بعد از آتش‌سوزی و pH ۳ ماه پس از آتش‌سوزی شد اما بعد از گذشت زمان ۶ ماه، در اثر آبخویی و فرسایش تغییرات به سطوح قبل از آتش‌سوزی بازگشت. در حالت کلی می‌توان گفت تغییرات شیمیایی ایجاد شده در کوتاه‌مدت برای حاصلخیزی خاک مفید است درحالی‌که در طولانی‌مدت به‌دلیل کاهش عناصر غذایی موجود در خاکستر از طریق آبخویی، فرسایش و تصعید، حاصلخیزی خاک کاهش پیدا می‌کند. از این‌رو ضرورت دارد با توجه به شرایط موجود در جنگل، شرایط آب و هوایی و رطوبت خاک مدیریت لازم صورت گیرد تا شرایط لازم برای وقوع آتش‌سوزی‌های طبیعی کاهش یابد. از طرف دیگر نتایج نشان داد که آتش‌سوزی‌های سطحی و با شدت کم مانند آنچه در منطقه مورد بررسی رخ داد، تأثیر کوتاه‌مدت بر ویژگی‌های شیمیایی خاک دارد بنابراین می‌توان تنها با قرق کردن مناطق سوخته‌شده و در صورت لزوم، انجام عملیات احیایی مانند بذر باشی و یا نهالکاری اقدام به بازیابی منطقه کرد.

جریان‌های سطحی می‌شود (Huffman et al., 2001). عدم‌تغییر کلسیم خاک یا به‌عبارت‌دیگر بهبود کلسیم خاک به سطح قبل از آتش‌سوزی به‌دلیل نداشتن نتایج تغییرات فوری پس از آتش‌سوزی می‌تواند ناشی از دمای بالای تبخیر این عنصر که حدود ۱۴۰۰ درجه سانتی‌گراد است باشد (Fultz, et al, 2016). همچنین کلسیم خاک پتانسیل یونی بالقوه بالایی دارد که احتمال آبخویی این عنصر را پس از آتش‌سوزی کاهش می‌دهد (Cawson et al., 2016). افزوده شدن خاکستر به خاک و اکسید شدن ماده آلی سبب آزادسازی مقادیر فراوانی کاتیون کلسیم و منیزیم می‌شود (Arocena and Opio, 2003). به‌علاوه تجزیه سریع لاشبرگ طی آتش‌سوزی (Johnson and Curtis, 2001) سبب تجزیه کمپلکس‌های مواد آلی و آزادسازی کاتیون‌های بازی مثل کلسیم می‌شود (Singh, 1956) و در نتیجه مقدار کلسیم و منیزیم آزاد شده افزایش می‌یابد. Iglesias و همکاران (1997) کاهش کلسیم و منیزیم را با گذشت زمان از هنگام وقوع آتش‌سوزی، با از بین رفتن و شسته شدن لایه خاکستر ایجاد شده مرتبط می‌دانند. در بررسی Alcaniz و همکاران (2016) مشخص شد فوراً بعد از آتش‌سوزی غلظت کلسیم افزایش معنادار یافت اما یک سال بعد به سطح قبل از آتش‌سوزی بهبود یافت. کاهش سطوح این مواد مغذی به آبخویی و مصرف گیاهان نسبت داده می‌شود (Dimitrakopoulos et al., 1994, Marcos et al., 1999).

نتیجه‌گیری

تأثیر آتش‌سوزی بر خصوصیات خاک بستگی به‌شدت، تکرار، رطوبت خاک، شرایط آب و هوایی و نوع سوخت دارد که در این میان آتش‌سوزی‌های شدید، طولانی‌مدت و مکرر بیشترین تأثیر منفی را بر خاک دارند؛ زیرا تا زمانی که گرمای خاک به بالاتر از ۲۰۰

References

- Adab, H., K. D. Kanniah & K. Solaimani, 2013. Modeling forest fire risk in the northeast of Iran using remote sensing and GIS techniques, *Natural Hazards*, 65(3): 1723-1743.
- Adams, P. W. & J. R. Boyle, 1980. Effects of fire on soil nutrients in clearcut and whole-tree harvest sites in Central Michigan, *Soil Science Society of America Journal*, 44(4): 847-850.
- Ahlgren, C. E., 1974. Effects of fires in temperate deciduous forests: North central united states. In: Kozlowski, T. T. & C. F. Ahlgren (Eds.), *Fire and ecosystems*. Academic press, New York, pp. 195-223.
- Ahlgren, I. F. & C. E. Ahlgren, 1960. Ecological effects of forest fires, *The Botanical Review*, 26(4): 483-553.
- Alcaniz, M., L. Outeiro, M. Francos, J. Farguel & X. Ubeda, 2016. Long-term dynamics of soil chemical properties after prescribed fire in a mediterranean forest (Montgri massif, Catalonia, Spain), *Science of the total environment*, 572: 1329-1335.
- Amiri, T., A. Banj Shafiei, M. Erfanian, O. Hossenzadeh & H. Beygi Heidarlou, 2017. Determining of effective criteria in locating firefighting station in forest, *Forest Research and Development*, 2(4): 379-393. (In Persian)
- Arocena, J. M. & C. Opio, C., 2003. Prescribed fire-induced changes in properties of sub-boreal forest soils, *Geoderma*, 113(1-2): 1-16.
- Banj Shafiei, A., M. Akbarinia, S. Gh. Jalali, P. Azizi & S. M. Hosseini, 2007. The effects of fire on forest structure: Case study in Chelir, Kheyroudkenar, (Watershed number 45 Golband, Nowshahr), *Pajouhesh & Sazandegi*, 76: 105-112. (In Persian)
- Beygi Heidarlou, H., A. Banj Shafiei, M. Erfanian, A. Tayyebi & A. Alijanpour, 2020. Underlying driving forces of forest cover changes due to the implementation of preservation policies in Iranian northern Zagros forests, *International Forestry Review*, 22(2): 241-256.
- Campbell, G. S., J. D. Jungbauer, K. L. J. R. Bristow & R. D. Hangerford, 1995. Soil temperature and water content beneath a surface fire, *Soil Science*, 159(6): 363-374.
- Cawson, J. G., P. Nyman, H. G. Smith, P. N. J. Lane & G. J. Sheridan. 2016. How soil temperatures during prescribed burning affect soil water repellency, infiltration and erosion, *Geoderma*, 278: 12-22.
- Certini, G., 2005. Effects of fire on properties of forest soils, *Oecologia*, 143(1): 1-10.
- DeBano, L. F., 2000. The role of fire and soil heating on water repellency in wildland environments: a review, *Journal of Hydrology*, 231-232: 195-206.
- DeBano, L. F., D. G. Neary & P. F. Ffolliott, 1998. *Fires Effects on Ecosystems*. Wiley press, New York, 333 p.
- DeByle, N. V., 1976. Fire, logging and debris disposal effects on soil and water in northern coniferous forests. In: 1976 Proc. XVI IUFRO World Congr, International Union of Forest Research Organizations Div. I Oslo, Norway. College of Life Sciences and Agriculture, Orono, Maine, 201-212.
- Dimitrakopoulos, A. P., R. E. Martin & N. T. Papamichos, 1994. The effect of fire in available potassium. Soil Erosion as a Consequence of Forest Fires, *Geoderma*, 199-206 (Logroño).
- Dzwonko, Z., S. Loster & S. Gawronski, 2015. Impact of fire severity on soil properties and the development of tree and shrub species in a scots pine moist forest site in southern Poland, *Journal of Forest Ecology and Management*, 342: 56-63.
- Fajardo, A. & M. J. Gundale, 2015. Combined effects of anthropogenic fires and land-use change on soil properties and processes in Patagonia, chile, *Journal of Forest Ecology and Management*, 375: 60-67.
- Feller, M. C., 1982. The ecological effects of slash burning with particular reference to British Columbia: a literature review. Land Management Report No. 13. Province of British Columbia Ministry of Forests, 60 p.
- Fultz, L. M., J. Moore-Kucera, J. Dathe, M. Davinisch, G. Perry, D. Westerd, D. W. Schwilk & S. Rideout-Hanzak, 2016. Forest wildfire and grassland prescribed fire effects on soil biogeochemical processes and microbial communities: Two case studies in the semi-arid Southwest, *Applied Soil Ecology*, 99: 118-128.
- Certini, G., 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review, *Oecologia*, 143(1): 1-10.
- Gill, J., L. M. Zavala, N. Bellinfante & A. Jordan, 2010. Acidez y capacidad de intercambio catiónico en los suelos afectados por incendios. Metodos de determinacion e interpretacion de resultados.

- In: Cerda, A., Jordan, A. (Eds), Actualizacion en metodos y tecnicas para el estudio de los suelos afectados por incendios forestales. Catedra de divulgacio de la ciencia, universitat de Valencia, fuegored 2010, Valencia, pp. 348-327.
- Hemmatboland, E., M. Akbarinia & A. Banej Shafiei, 2010. The effect of fire on some soil chemical properties of oak forests in Marivan region, *Iranian Journal of Forests and Poplar Research*, 18(12): 218-205. (In Persian)
 - Huffman, E. L., L. H. MacDonald & J. D. Stednick, 2001. Strength and persistence of fire-induced soil hydrophobicity under ponderosa and lodgepole pine, Colorado Front Range, *Hydrological Processes*, 15(15): 2877-2892.
 - Iglesias, T., V. Cala & J. Gozalez, 1997. Mineralobical and chemical modifications in soils affected by a forest fire in the Mediterranean area, *Science of the Total Environment*, 204(1): 89-96.
 - Johnson, D. L. & P. S. Curtis, 2001. Effects of forest management on soil C and N storage: Meta analysis, *Journal of Forest Ecology and Management*, 140(2-3): 227-238.
 - Khalilpour, M. & H. Jilvand, 2018. The Fire Impact on Vegetation and Physicochemical Properties of Soil in Ghalat Ganaveh Area of Kohgiluyeh and Boyer Ahmad Province, *Iranian Journal of Applied Ecology*, 6(4): 17-29. (In Persian)
 - MacDonald, L. H. & E. L. Huffman, 2004. Post-fire soil water repellency: Persistence and soil moisture thresholds, *Soil Science Society of America Journal*, 68(5): 1729-1734.
 - Malvar, M. C., S. A. prats & J. J. Kelzer, 2016. Runoff and inter-rill erosion affected by wilfire and pre-fire ploughing in eucalypt plantations of north-central Portugal, *Land Degradation & Development*, 27(5): 1366-1378.
 - Marcus, E., R. Tarrega & E. Deluis-calabuing, 1999. Alteraciones producidas por un incendio forestal en un suelo de una repoblacion de *pinus radiata*, *Edafologia*, 6: 27-35.
 - Neary, D. G., C. C. Klopatek, L. F. DeBano & P. F. Ffolliott, 1999. Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis, *Forest Ecology and Management*, 122(1-2): 51-71.
 - Neary, D. G., G. J. Gottfried & P. F. Ffolliott, 2003. Post-wildfire watershed flood responses. In Proceedings of the 2nd International Fire Ecology Conference, Orlando, Florida, pp. 16-20. 2003.
 - Pausas, J. G. & J. E. Keeley, 2009. A burning story: the role of fire in the history of life, *Bioscience*, 59(7): 593-601.
 - Robichaud, P. R. & R. E. Brown, 1999. What happened after the smoke cleared: onsite erosion rates after a wildfire in eastern Oregon? In: Olsen, D.S. & J. P. Potyondy (Eds.), Proceedings Wildland Hydrology Conference, Bozeman, Mt Herson, Virginia, June. American Water Resource Association, pp. 419-426.
 - Rundel, P. W., 1981. Fire as an ecological factor. In: Lange, O. L., P. S. Nobel, C. B. Osmond & H. Ziegler (Eds.), *Physiological plant ecology I*. Springer-Verlag, newyork, USA, pp. 501-538.
 - Singh, S., 1956. The formation of dark colored clay organic complexes in black soils, *Journal of Soil Science*, 7(1): 1463-1473.
 - Wan, S., D. Hui & Y. Luo, 2001. Fire effects on nitrogen pools and dynamics in terrestrial ecosystems: a meta-analysis, *Ecological Applications*, 11(5): 1349-1365.
 - Wells, C. G., R. E. Campbell, L. F. DeBano, C. E. Lewis & R. I. Fedrikson, 1979. Effects of fire on soil: a state-of knowledge review. USDA Forest service general technical report, wo-7. Washington DC, 34 p.

Effect of surface fire on dynamic of some chemico-physical properties of forest soil, Sardasht, West Azarbayjan

P. Salehi¹, A. Banj Shafiei^{*2}, M. Barin³ and kh. Khezri⁴

1- MSc. of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (parinaz.salehi1368@icloud.com)

2- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (a.banjshafiei@urmia.ac.ir)

3- Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (m.barin@urmia.ac.ir)

4- Expert in Forestry, Sardasht natural resources administration, Sardasht, I. R. Iran. (khezri@yahoo.ir)

Received: 07.03.2020

Accepted: 23.06.2020

Abstract

This study was conducted to investigate the effect of fire on some soil chemical properties in Northwestern oak forests of Iran. The study area was selected 30 km from Sardasht city in West Azerbaijan province which was burnt in September of 2017. The control or unburned area was selected with the same conditions adjacent to the burn area. After surveying forest conditions in each area, 9 plots, each with an area of 500 m² and a total of 18 plots were sampled using systematic random method and 100 × 100 m grids. Soil samples were collected at the center of each plot at a depth of 0-10 cm at three times: 1 - immediately after the fire 2 - three months after the fire and 3 - six months after the fire. The pH, EC, K, P, OC, Mg, N factors were measured. The results showed that the soil elements in the burned area were slightly higher than the unburned soils but these increases were not statistically significant. The results of repeated measures analysis showed that the effect of time on the acidity (pH), calcium and magnesium in the burned and unburned area was statistically significant. The largest change in the value of the three above mentioned variables was observed three months after the fire. Overall, the low intensity of surface fire in the area did not have a significant effect on soil chemical properties, so that six months after the fire, most of the elements returned to their pre-existing levels.

Keywords: Forest fire, Oak forests, Repeated measures, Time effect.

* Corresponding author

Tel: +984431942388