

اثرهای آتش سوزی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در جنگل‌های ارسباران شهرستان کلپیر

امید جهاندار^۱ و الهام علی دوست^{۲*}

۱- دانشجوی دکتری مهندسی جنگل، دانشکده جنگلداری، دانشگاه تهران، تهران، ایران. (jahandaromid@yahoo.com)
۲- دکتری فیزیک و حفاظت خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران. (elham.alidoust@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۲۵

چکیده

آتش سوزی اثرهای مختلفی بر کیفیت خاک و ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی آن دارد. برای بررسی این اثرها، در این پژوهش ویژگی‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در بخشی از جنگل‌های ارسباران واقع در شهرستان کلپیر که در مرداد سال ۱۴۰۰ دچار آتش سوزی شده بود، بررسی شد. نمونه‌های خاک از نواحی سوخته شده (۳۲ نمونه) و منطقه شاهد مجاور که دچار آتش سوزی نشده بود (۳۲ نمونه) به روش منظم تصادفی، با ابعاد شبکه پنج در پنج متر، از عمق صفر تا ۱۵ سانتی متری برداشت شده و ویژگی‌های مختلف آن‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که مقادیر pH، کربن آلی، نیتروژن کل، درصد رطوبت، تنفس پایه و زی توده میکروبی خاک در نمونه‌های شاهد به‌طور معنی داری بیشتر از مقادیر آن در خاک‌های منطقه سوخته شده بود. درحالی که بیشترین مقادیر فسفر، پتاسیم قابل جذب و جرم مخصوص ظاهری در خاک‌های منطقه سوخته شده مشاهده شد. درصد ذرات شن، سیلت، رس، درصد تخلخل، جرم مخصوص حقیقی و تنفس برانگیخته در نمونه‌های شاهد و سوخته، اختلاف معنی داری نداشتند. بر اساس تحلیل PCA، فسفر قابل جذب و کربن زی توده میکروبی به ترتیب پیش و پس از آتش سوزی بیشترین اثرپذیری را به خود اختصاص دادند. نتایج این بررسی نشان داد که ویژگی‌های شیمیایی و زیستی خاک‌های جنگلی ارسباران (به جز فسفر و پتاسیم) نسبت به ویژگی‌های فیزیکی، بیشتر تحت تأثیر آتش سوزی قرار گرفتند و به‌طور کلی حاصلخیزی خاک پس از آتش سوزی، در کوتاه مدت (یک‌ماه) کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: زی توده میکروبی، کربن آلی، فسفر، تجزیه مؤلفه‌های اصلی

مقدمه

قرار می‌گیرند (Saati Zarei and Attaeian, 2021). با تغییر در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، تغییرات محسوسی در جمعیت میکروبی خاک ایجاد می‌شود و در نتیجه تنفس میکروبی و زی‌توده میکروبی خاک نیز دچار تغییر می‌شوند (Majder et al., 2019). تنفس میکروبی یا معدنی‌شدن کربن آلی، فرآیندی است که طی آن مواد آلی خاک توسط میکروارگانیسم‌ها اکسایش یافته و به دنبال آن دی‌اکسیدکربن از خاک آزاد می‌شود (Muñoz-Rojas et al., 2016). زی‌توده میکروبی خاک نیز شاخصی از جمعیت میکروبی فعال بوده و نشان‌دهنده پویایی جامعه میکروارگانیسمی خاک است (Sadeghifar et al., 2018).

در این راستا Holden et al. (2013) با بررسی ویژگی‌های خاک پس از آتش‌سوزی در جنگل‌های آلاسکا، کاهش زی‌توده میکروبی، کربن و رطوبت خاک را از مهم‌ترین تغییرات اولیه پس از آتش‌سوزی گزارش کردند. در پژوهشی دیگر Muñoz-Rojas et al. (2016) در بررسی خود در جنگل‌های شمال غرب استرالیا دریافتند که تنفس و جمعیت میکروبی خاک در سال نخست پس از آتش‌سوزی کاهش معنی‌داری داشته اما با گذشت یک دهه از آتش‌سوزی، این شاخص‌ها به بالاتر از حد اولیه خود رسیده‌اند. Sadeghifar et al. (2018) برخی شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی خاک در سال‌های پس از آتش‌سوزی را در جنگل‌های شهرستان پاره مورد بررسی قرار دادند که بر اساس نتایج بررسی آن‌ها در یک دوره کوتاه‌مدت پس از آتش‌سوزی، کربن آلی، تنفس پایه و زی‌توده میکروبی کاهش و سپس افزایش یافت. همچنین، Saati Zarei and Attaeian (2021) در پژوهشی با بررسی اثرهای آتش‌سوزی بر ویژگی‌های خاک در ارتفاعات همدان دریافتند که سه ماه پس از وقوع آتش‌سوزی، درصد کربن آلی خاک به صورت معنی‌داری کاسته شد. در

جنگل‌ها یکی از پیچیده‌ترین بوم‌سازگان‌های طبیعی هستند که در صورت عدم بروز آشفته‌گی‌های طبیعی و مصنوعی، کلیه اجزای آن با هم در تعادل قرار دارند. از عواملی که این تعادل را دگرگون می‌سازد، می‌توان به آتش‌سوزی اشاره کرد. در بسیاری از موارد، آتش نقش تعیین‌کننده‌ای در حضور یا عدم حضور گونه‌های گیاهی و پویایی اکوسیستم‌های جنگلی دارد (Darvishi et al., 2020). در واقع آتش می‌تواند به‌عنوان یک عامل بوم‌شناختی بر اجزای تشکیل‌دهنده هر اکوسیستم اثرات مثبت یا منفی داشته باشد (Taheri Abkenar et al., 2018).

از سوی دیگر، آتش‌سوزی سبب تغییر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک شده و اثرهای کوتاه‌مدت و یا بلندمدتی بر این ویژگی‌ها دارد. مهم‌ترین تغییرات کیفیت خاک پس از بروز آتش‌سوزی را می‌توان در قالب اثرپذیری خاک از آتش در سه حیطه ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک مورد بررسی قرار داد (Hou et al., 2020). با اینکه ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند بافت و جرم مخصوص خاک اغلب به‌طور مستقیم با جنس سنگ مادر و کانی‌های تشکیل‌دهنده آن در ارتباط است؛ تغییر در مقدار مواد آلی و رطوبت خاک ناشی از آتش‌سوزی، می‌تواند برخی دیگر از ویژگی‌های فیزیکی خاک را پس از بروز حریق تحت تأثیر قرار دهد (Badia et al., 2017). علاوه بر این، در اثر وقوع حریق و سوختن گونه‌های گیاهی چوبی و علفی، حجم لاشبرگ، سرعت تجزیه و ترکیب شیمیایی لاشبرگ، مقدار عناصر و حاصلخیزی خاک تغییر می‌کند (Francos et al., 2018). در نتیجه این فرآیند، ویژگی‌های شیمیایی خاک مانند اسیدیته، درصد کربن آلی، نیتروژن و فسفر خاک به‌طور واضح تحت تأثیر تغییر ماهیت پوشش گیاهی

پژوهش‌ها در این زمینه، این پژوهش با هدف بررسی اثرهای آتش‌سوزی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در ناحیه رویشی ارسباران واقع در جنگل‌های شهرستان کلبر انجام شد. نظر به اینکه در این بررسی طیف وسیعی از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک پیش و پس از وقوع آتش‌سوزی مورد بررسی قرار گرفت، نتایج این پژوهش می‌تواند به ارائه نمای روشنی از اثرهای آتش‌سوزی بر ویژگی‌های خاک عرصه‌های جنگلی به‌ویژه در جنگل‌های ارسباران منتهی شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

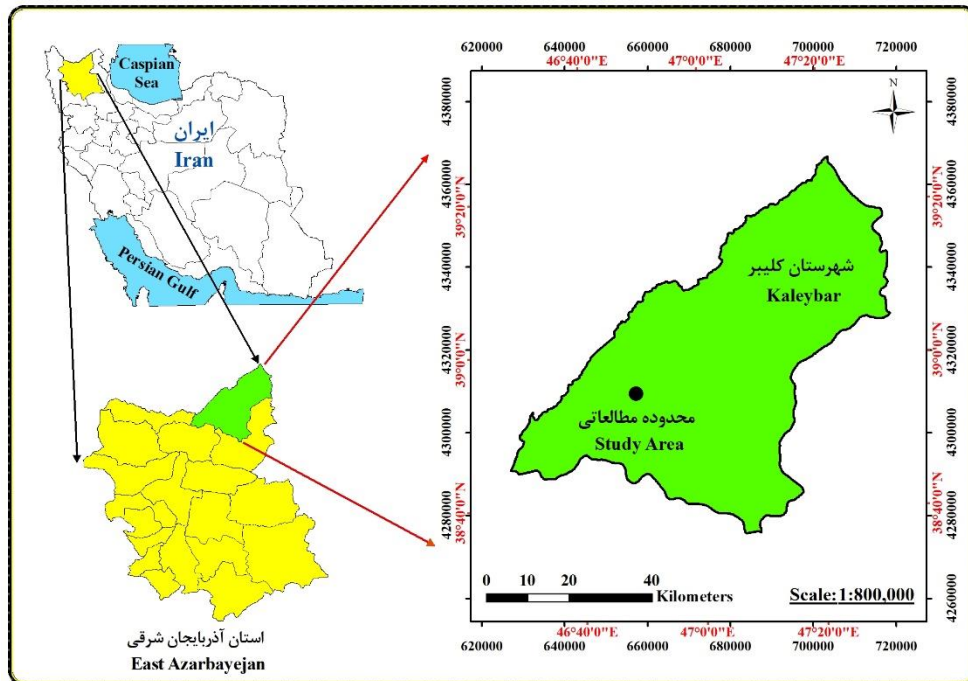
منطقه مورد بررسی با مساحت ۸۰۶۵۴ هکتار در حد فاصل طول‌های شرقی $۴۶^{\circ} ۲۹' ۵۲''$ و $۴۷^{\circ} ۲' ۱۳''$ و عرض‌های شمالی $۳۸^{\circ} ۴۳' ۲۰''$ و $۳۹^{\circ} ۷' ۵۶''$ در محدوده شهرستان کلبر واقع شده است (شکل ۱). کمینه ارتفاع منطقه از سطح دریا، ۸۱۶ متر در اطراف روستای کلاله و بیشینه ارتفاع آن ۱۶۰۰ متر در حد بالای جنگل‌های منطقه است (Mohammadzadeh et al., 2015). بر اساس آمار اقلیمی ایستگاه سینوپتیک کلبر، میانگین بارش سالانه و دمای ماهانه در این منطقه به ترتیب ۴۲۱ میلی‌متر و $۱۱/۸$ درجه سانتی‌گراد بوده و اقلیم منطقه بر اساس روش آمبرژه، از نوع مرطوب و سرد است. خاک منطقه در رده اینسپتی سول طبقه‌بندی شده و بافت خاک اغلب سبک و لومی‌شنی بوده که از نظر زمین‌شناسی دارای واحدهای آهکی و آذرین است (Mohammadzadeh et al., 2015).

بر اساس گزارشات و شواهد، بخشی از جنگل‌های منطقه مورد بررسی در حد فاصل کلبر به سمت جانانلو در تاریخ ۱۵ مرداد سال ۱۴۰۰ دچار آتش‌سوزی شده که حدود ۷ هکتار جنگل در این آتش‌سوزی از بین رفته

پژوهشی دیگر (Niknam and Khorassani (2021) با بررسی اثرهای آتش‌سوزی بر ویژگی‌های خاک در کاربری‌های مختلف در استان گلستان مشاهده کردند که پایداری ساختمان خاک و کربن آلی در اثر آتش‌سوزی در لایه صفر تا ۵ سانتی‌متری نسبت به خاک شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین Salehi et al. (2020) اثر آتش‌سوزی را بر پویایی ویژگی‌های شیمیایی خاک‌های جنگلی شهرستان سردشت در سه زمان بلافاصله، سه ماه و شش ماه پس از آتش‌سوزی در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری خاک بررسی کرده و دریافتند که تفاوت معنی‌داری در مقدار عناصر خاک در منطقه سوخته و شاهد وجود ندارد. آن‌ها این امر را ناشی از شدت کم آتش‌سوزی در منطقه دانستند.

ناحیه رویشی ارسباران، منطقه‌ای جنگلی در شمال استان‌های آذربایجان شرقی و بخشی از اردبیل بوده و با مساحت ۱۲۰۰۰۰ هکتار (Mohammadzadeh et al., 2018; Ghanbari et al., 2017)، دارای ۱۰۷۲ گونه گیاهی و ۹۷ گونه چوبی است (Amini Parsa et al., 2016). این عرصه‌های طبیعی در سالیان اخیر به‌ویژه در تابستان سال ۱۴۰۰ شمسی دچار آتش‌سوزی‌های متعددی شد. با این حال بررسی جامعی در مورد اثرهای آتش‌سوزی‌ها بر کیفیت خاک این جنگل‌ها انجام نشده است. از آنجایی که ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک، شاخص‌های حاصلخیزی یک خاک پویا محسوب می‌شوند، اهمیت بالایی در پژوهش‌های منابع طبیعی دارند. از طرفی با توجه به تعداد بالای وقوع آتش‌سوزی در عرصه‌های طبیعی کشور، بررسی و شناخت اثرهای آتش‌سوزی بر ویژگی‌های خاک سبب توجه بیشتر دستگاه‌های اجرایی به موضوع آتش‌سوزی جنگل‌های کشور شده و مقدمه‌ای بر حفاظت اصولی از این عرصه‌های طبیعی خواهد بود. بنابراین با توجه به اهمیت مسئله آتش‌سوزی در جنگل‌ها و کمبود

است. این منطقه دارای متوسط ارتفاع ۱۱۰۰ متر از سطح دریا و متوسط شیب ۱۷ درصد بوده و جهت جغرافیایی آن عمدتاً رو به جنوب است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد بررسی
Figure 1. Location of the study area

رعایت فاصله حدود ۵۰ متری در جهت غربی منطقه (جهت وزش باد غالب غرب به شرق است) با روش منظم تصادفی با ابعاد شبکه پنج در پنج متر جمع‌آوری شد. نمونه‌های خاک از عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متری خاک از چهار گوشه و مرکز قطعه نمونه برداشت شده و به آزمایشگاه انتقال داده شد (Mosleh Arany et al., 2015). برای بررسی ویژگی‌های زیستی خاک، نمونه‌های خاک از الک دو میلی‌متری عبور داده و در فویل‌های آلومینیوم قرار داده شده و در یک محفظه سرد به آزمایشگاه منتقل شدند (Hemmatboland et al., 2010).

روش‌های آزمایشگاهی

در این پژوهش ویژگی‌های مختلف خاک برای تمام نمونه‌های خاک شامل نمونه‌های خاک سوخته و

مراحل انجام پژوهش

روش نمونه‌برداری

همانطور که در بخش پیش بیان شد، آتش‌سوزی در منطقه مورد بررسی در روز ۱۵ مرداد سال ۱۴۰۰ رخ داده و نمونه‌برداری از منطقه، حدود یک ماه بعد یعنی در اواسط شهریور سال ۱۴۰۰ انجام شد. برای امکان مقایسه اثر آتش‌سوزی بر ویژگی‌های خاک، نمونه‌ها از دو منطقه دچار آتش‌سوزی و منطقه مجاور مشابه از نظر فیزیوگرافی که بدون آتش‌سوزی بود، برداشت شدند تا با فرض ثابت بودن دیگر عوامل محیطی و فیزیوگرافی، بتوان اثر آتش‌سوزی را بررسی کرد. بنابراین تعداد ۳۲ نمونه خاک از محدوده‌ای به وسعت ۴۰۰ مترمربع (۲۰×۲۰ متر) در منطقه جنگلی آتش‌سوزی‌شده و ۳۲ نمونه خاک از منطقه مجاور لکه دچار آتش‌سوزی با

تدخین نشده مقدار کربن زی‌توده میکروبی محاسبه شد (Jenkinson and Ladd, 1981).

روش‌های آماری

بررسی نرمال‌بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف و همگنی واریانس آن‌ها با آزمون لون بررسی شد. بررسی معنی‌داری اختلاف ویژگی‌های مختلف خاک سوخته و نمونه‌های شاهد با استفاده از آزمون t مستقل در سطح احتمال یک‌درصد و در نرم‌افزار SPSS21 انجام شد. همچنین، بررسی روند تغییرات ویژگی‌های مختلف خاک و ارتباط آن‌ها با یکدیگر با استفاده از تحلیل چندمتغیره تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA) در نرم‌افزار Pc-Ord انجام شد.

نتایج

مقایسه میانگین

نتایج آزمون کلموگروف-اسمیرنوف نشان‌دهنده نرمال بودن توزیع متغیرهای مورد بررسی بود. همچنین آزمون لون، همگنی واریانس متغیرها را تأیید کرد. نتایج آزمون t برای مقایسه میانگین ویژگی‌های مختلف خاک‌های سوخته و شاهد در جدول ۱ ارائه شده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده، ویژگی‌های کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر، پتاسیم قابل جذب، pH، جرم مخصوص ظاهری، درصد رطوبت و کربن زی‌توده میکروبی در دو دسته خاک سوخته و شاهد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند.

آمار توصیفی و اختلاف میانگین ویژگی‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک‌های سوخته و شاهد در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس نتایج بررسی حاضر کربن آلی، نیتروژن کل، درصد رطوبت، تنفس پایه و زی‌توده میکروبی خاک شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر از مقادیر آن بعد از وقوع حریق بود. در حالی که مقادیر pH، فسفر، پتاسیم و جرم مخصوص

نمونه‌های شاهد، در سه بخش ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، بافت خاک به روش هیدرومتری (Gee et al., 1986)، جرم مخصوص حقیقی و ظاهری خاک به ترتیب با روش‌های پیکنومتر و سیلندر (Blake and Hartge, 1986)، رطوبت اشباع خاک به روش وزنی و تخلخل خاک با استفاده از فرمول تخلخل (رابطه ۱) محاسبه شد (Jafari Haghghi, 2003; Ridvan, 2004; MirzaeeTalarposhti et al., 2009; Bouyoucos, 1962).

$$P\% = 1 - \frac{BD}{PD} \times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

در رابطه فوق، P: درصد تخلخل خاک، PD: جرم مخصوص حقیقی خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب) و BD: جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب) است.

ویژگی‌های شیمیایی خاک شامل درصد کربن آلی خاک به روش واکلی‌بلک (Walkley and Black, 1934)، نیتروژن کل به روش کج‌لدال (Bremner, 1982)، فسفر به روش اولسن (Olsen, 1954)، پتاسیم قابل جذب با روش فیلم‌فتومتری (Sparks, 1996) و pH در عصاره نسبت یک به یک خاک به آب (Page, 1982) اندازه‌گیری شدند.

همچنین ویژگی‌های زیستی خاک شامل تنفس پایه میکروبی خاک به روش اندرسون (Anderson, 1983) و تنفس برانگیخته به روش (Alef and Nannipieri, 1995) اندازه‌گیری شدند. به طوری که مقدار CO_2 آزاد شده با استفاده از گلوکز یک‌درصد به‌عنوان سوبسترا محاسبه و مقدار تنفس برانگیخته با سوبسترا ($mg\ CO_2\ g^{-1}\ day^{-1}$) برآورد شد. در پایان کربن زی‌توده میکروبی خاک با روش تدخین (گازدهی) با کلروفرم و استخراج (عصاره‌گیری) با محلول سولفات پتاسیم اندازه‌گیری شد. از اختلاف مقدار کربن نمونه‌های تدخین‌شده و

ظاهری پس از آتش سوزی به طور معنی داری بیشتر از مقادیر به دست آمده در منطقه شاهد بود. همچنین درصد ذرات شن، سیلت، رس، درصد تخلخل، جرم

مخصوص حقیقی و تنفس برانگیخته در دو خاک سوخته و شاهد اختلاف معنی داری نداشتند.

جدول ۱- نتایج آزمون t مستقل در مقایسه ویژگی های مختلف خاک سوخته و شاهد

Table 1. Independent t-test results comparing different properties of burned and unburned soils

متغیرها Variables	آزمون لون Levene's test		آزمون t مستقل T test							
	F	Sig.	t	درجه آزادی df	معنی داری Sig. (2 tailed)	اختلاف میانگین Mean difference	اشتباه معیار تغییرات Standard Deviation	فاصله اطمینان تغییرات 95% Confidence Interval کران بالا کران پایین Lower bound Upper bound		
pH	Equal variance	23.950	0.000	29.963	62	0.000**	1.074	0.036	1.002	1.145
	Unequal variance	-	-	29.963	39.89	0.000**	1.074	0.036	1.001	1.146
کربن آلی OC	Equal variance	0.971	0.328	14.761	62	0.000**	3.007	0.204	2.600	3.415
	Unequal variance	-	-	14.761	59.55	0.000**	3.007	0.204	2.600	3.415
نیتروژن کل TN	Equal variance	0.329	0.569	7.399	62	0.000**	0.074	0.010	0.054	0.094
	Unequal variance	-	-	7.399	58.46	0.000	0.074	0.010	0.084	0.094
فسفر قابل جذب P	Equal variance	1.362	0.248	-16.753	62	0.000	-4.209	0.251	-4.712	-3.707
	Unequal variance	-	-	-16.753	55.41	0.000	-4.209	0.251	-4.713	-3.706
پتاسیم قابل جذب K	Equal variance	2.739	0.103	-3.420	62	0.001	-31.875	9.321	-50.508	-13.242
	Unequal variance	-	-	-3.420	6078	0.001	-31.875	9.321	-50.515	-13.235
شن Sand	Equal variance	0.518	0.474	-0.597	62	0.553	-0.906	1.518	-3.941	2.128
	Unequal variance	-	-	-0.597	56.82	0.553	-0.906	1.518	-3.946	2.134
سیلت Silt	Equal variance	0.113	0.738	-0.323	62	0.818	-0.469	2.023	-4.512	3.575
	Unequal variance	-	-	-0.323	61.99	0.818	-0.469	2.023	-4.512	3.575
رس Clay	Equal variance	1.834	0.181	1.169	62	0.247	1.375	1.176	-0.975	3.725
	Unequal variance	-	-	1.169	60.45	0.247	1.375	1.176	-0.977	3.727
چگالی حقیقی PD	Equal variance	1.786	0.186	-0.796	62	0.429	-0.028	0.035	0.099	0.0425
	Unequal variance	-	-	-0.796	6019	0.429	-0.028	0.035	-0.099	0.0426
چگالی ظاهری BD	Equal variance	1.873	0.176	-2.509	62	0.015	-0.032	0.013	-0.058	-0.006
	Unequal variance	-	-	-2.509	61.07	0.015	-0.032	0.013	-0.058	-0.006
رطوبت Mois.	Equal variance	1.772	0.188	10.728	62	0.000	18.500	1.724	15.053	21.947
	Unequal variance	-	-	10.728	61.25	0.000	18.500	1.724	15.052	21.948
تخلخل Por.	Equal variance	30.488	0.000	1.022	62	0.311	1.107	1.083	-1.058	3.272
	Unequal variance	-	-	1.022	39.89	0.313	1.107	1.083	-1.082	3.296
تنفس پایه BS	Equal variance	0.325	0.571	6.874	62	0.000	0.268	0.039	0.190	0.346
	Unequal variance	-	-	6.874	61.99	0.000	0.268	0.039	0.190	0.346
تنفس برانگیخته SIR	Equal variance	2.648	0.109	1.753	62	0.085	0.174	0.099	-0.024	0.373
	Unequal variance	-	-	1.753	55.33	0.085	0.174	0.099	-0.025	0.374
کربن زی توده میکروبی MBC	Equal variance	0.456	0.502	11.914	62	0.000	33.779	2.835	28.111	39.446
	Unequal variance	-	-	11.914	61.38	0.000	33.779	2.835	28.110	39.447

* و ** به ترتیب نشاندهنده معنی داری در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ می باشد. Equal and Unequal variance: واریانس برابر و نابرابر. OC: کربن آلی (%). TN: نیتروژن کل (%). P: فسفر قابل جذب (ppm). K: پتاسیم قابل جذب (ppm). Sand: شن (%). Silt: سیلت (%). Clay: رس (%). PD: چگالی حقیقی (g/cm³). BD: چگالی ظاهری (g/cm³). Mois: رطوبت (%). Por: تخلخل (%). BS: تنفس پایه (mg CO₂ g⁻¹ soil). SIR: تنفس برانگیخته (mg CO₂ g⁻¹ soil) و MBC: کربن زی توده میکروبی (mg g⁻¹) می باشد.

* and ** stand for significant relationships at 95% and 99% probability levels, respectively. OC: Organic Carbon (%), TN: Total Nitrogen (%), P: Absorbable phosphorus (ppm), K: Potassium (ppm), Sand: Sand (%), Silt: Silt (%), Clay: Clay (%), PD: Particle Density (g/cm³), BD: Bulk Density (g/cm³), Mois: Percent of Moisture, Por: Porosity (%), BS: Basal respiration (mg CO₂ g⁻¹ soil), SIR: Substrate Induced Respiration (mg CO₂ g⁻¹ soil) and MBC: Microbial Biomass Carbon (mg g⁻¹)

جدول ۲- آمار توصیفی اختلاف میانگین ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک‌های سوخته و شاهد

Table 2. Descriptive statistics of soil different properties of burned and unburned soils

متغیرها Variables	تیمار Treatment	کمترین Min.	بیشترین Max.	میانگین Mean	معنی‌داری Sig.	خطای	
						استاندارد Standard error	انحراف معیار Standard Deviation
pH	Unburned	5.36	5.59	5.51	b	0.013	0.072
	Burned	6.27	6.81	6.58	a	0.033	0.189
کربن آلی OC	Unburned	4.62	7.46	6.11	a	0.158	0.894
	Burned	2.24	4.24	3.10	b	0.129	0.728
نیترژن کل TN	Unburned	0.23	0.32	0.28	a	0.006	0.035
	Burned	0.14	0.29	0.21	b	0.008	0.044
P	Unburned	2.00	7.50	2.98	b	0.206	1.165
	Burned	5.90	8.40	7.19	a	0.144	0.813
K	Unburned	130.00	270.00	157.50	b	7.042	39.838
	Burned	130.00	270.38	189.37	a	6.106	34.542
شن Sand	Unburned	12.00	28.00	21.25	a	0.897	5.074
	Burned	12.00	49.00	22.16	a	1.225	6.929
سیلت Silt	Unburned	34.00	56.40	44.75	a	1.436	8.124
	Burned	29.00	56.00	45.22	a	1.425	8.059
رس Clay	Unburned	26.00	40.20	34.00	a	0.762	4.310
	Burned	22.00	40.00	32.62	a	0.895	5.066
چگالی حقیقی PD	Unburned	1.12	1.59	1.37	b	0.027	0.153
	Burned	1.14	1.56	1.52	a	0.023	0.129
چگالی ظاهری BD	Unburned	2.45	2.61	2.53	a	0.008	0.048
	Burned	2.40	2.63	2.56	a	0.010	0.054
رطوبت Mois.	Unburned	70.00	93.00	79.50	a	1.150	6.505
	Burned	53.00	75.00	61.00	b	1.285	7.269
تخلخل Por.	Unburned	38.34	55.20	45.10	a	1.011	5.722
	Burned	42.47	49.22	44.89	a	0.387	2.190
تنفس پایه BS	Unburned	0.32	0.76	0.56	a	0.028	0.156
	Burned	0.10	0.52	0.29	b	0.027	0.155
تنفس برانگیخته SIR	Unburned	0.90	1.86	1.42	a	0.057	0.321
	Burned	0.82	2.20	1.24	a	0.082	0.462
کربن زی‌توده میکروبی MBC	Unburned	45.66	79.26	64.60	a	2.103	11.899
	Burned	15.98	44.29	30.82	b	1.901	10.754

حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بین خاک‌های سوخته و نسوخته در سطح ۰/۰۵ است. Unburned and Burned: نسوخته و سوخته. OC: کربن آلی (%). TN: نیترژن کل (%). P: فسفر قابل جذب (ppm). K: پتاسیم قابل جذب (ppm). Sand: شن (%). Silt: سیلت (%). Clay: رس (%). PD: چگالی حقیقی (g/cm³). BD: چگالی ظاهری (g/cm³). Mois: رطوبت (%). Por: تخلخل (%). BS: تنفس پایه (mg CO₂ g⁻¹ soil). SIR: تنفس برانگیخته (mg CO₂ g⁻¹ soil). MBC: کربن زی‌توده میکروبی (mg g⁻¹) می‌باشد.

Different letters mean significant differences between Burned and Unburned soils at P < 0.05 OC: Organic Carbon (%), TN: Total Nitrogen (%), P: Absorbable phosphorus (ppm), K: Potassium (ppm), Sand: Sand (%), Silt: Silt (%), Clay: Clay (%), PD: Particle Density (g/cm³), BD: Bulk Density (g/cm³), Mois: Percent of Moisture, Por: Porosity (%), BS: Basal respiration (mg CO₂ g⁻¹ soil), SIR: Substrate Induced Respiration (mg CO₂ g⁻¹ soil) and MBC: Microbial Biomass Carbon (mg g⁻¹)

شاهد در جدول ۳ ارائه شد. بر اساس نتایج به دست آمده

دو مولفه یا محور نخست قادر به توجیه ۶۷/۷۳ درصد از تغییرات متغیرهای مورد بررسی بودند که برای بررسی انتخاب شدند.

تحلیل تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA)

مقادیر ویژه، درصد واریانس، درصد واریانس جمعی و آماره عسای شکسته مربوط به آزمون PCA در بررسی ارتباط ویژگی‌های مختلف خاک در دو منطقه سوخته و

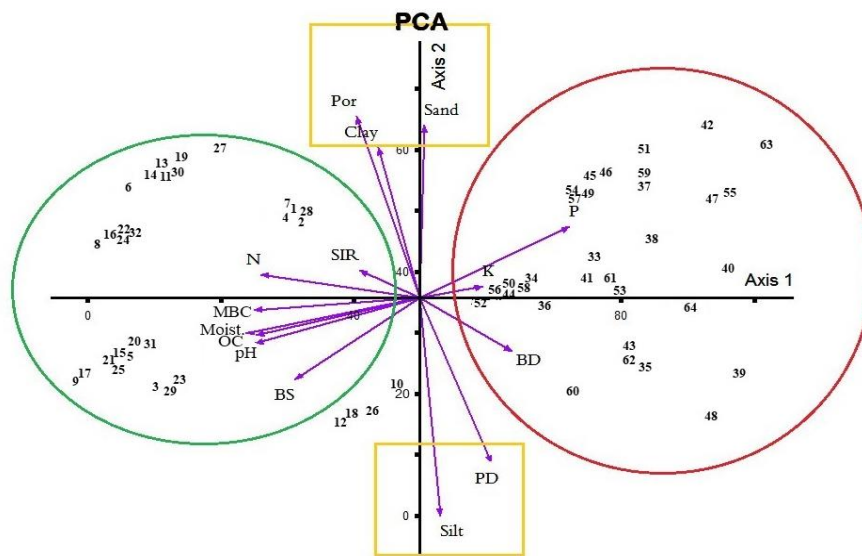
جدول ۳- مقادیر ویژه، درصد واریانس، درصد واریانس تجمعی و آماره بروکن - استیک برای هر یک از عامل‌های تجربیه

Table 3. Eigenvalues, variance, cumulative variance and Brocken -Stick criteria for each principal component

مولفه	مقدار ویژه	واریانس	واریانس تجمعی	آماره بروکن استیک
Component	Eigenvalue	Variance (%)	Cumulative Variance (%)	Brocken -Stick Criteria
1	5.75	45.98	35.98	3.38
2	3.16	21.75	67.73	2.38
3	1.80	15.96	83.69	1.88
4	1.31	3.8	87.49	1.54

و تنفس پایه میکروبی و ویژگی‌های خاک‌های سوخته (دایره قرمز رنگ) با جهت مثبت محور نخست شامل متغیرهای فسفر، پتاسیم قابل جذب و جرم مخصوص ظاهری ارتباط بیشتری دارند. درصد تخلخل، درصد شن، رس، سیلت و جرم مخصوص حقیقی در دو دسته خاک‌های سوخته و شاهد تغییر قابل توجهی نداشتند.

نتایج تحلیل PCA در بررسی ارتباط ویژگی‌های مختلف خاک در دو منطقه سوخته و شاهد در شکل ۲ نشان داده شد. بر اساس نتایج به دست آمده، ویژگی‌های خاک‌های شاهد (دایره سبز رنگ) با جهت منفی محور اول شامل تنفس برانگیخته میکروبی، مقدار نیتروژن کل، کربن زی توده میکروبی، درصد رطوبت، pH، کربن آلی



شکل ۲- دیاگرام تجزیه به مولفه‌های اصلی برای متغیرهای مورد بررسی (نمونه‌های خاک شاهد: دایره سبز و نمونه‌های خاک سوخته: دایره قرمز): BS: تنفس پایه ($\text{mg CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ soil}$)، SIR: تنفس برانگیخته ($\text{mg CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ soil}$)، K: پتاسیم (ppm)، MBC: کربن زی توده میکروبی (mg g^{-1})، PD: جرم مخصوص حقیقی (g/cm^3)، BD: جرم مخصوص ظاهری (g/cm^3)، P: فسفر قابل جذب (ppm)، Mois: درصد رطوبت، Por: تخلخل (%)، N: نیتروژن کل (%)، Sand: درصد شن، Silt: درصد سیلت و Clay: درصد رس

Figure 2. The principal component analysis (PCA) diagram for the studied variables (Blank soil samples: Green circle – Burned soil samples: Red circle): BS: Basal respiration ($\text{mg CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ soil}$), SIR: Substrate Induced Respiration ($\text{mg CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ soil}$), K: Potassium (ppm), MBC: Microbial Biomass Carbon (mg g^{-1}), PD: Particle Density (g/cm^3), BD: Bulk Density (g/cm^3), P: Absorbable phosphorus (ppm), Mois: Percent of Moisture, Por: Porosity (%), N: Total Nitrogen (%), Sand: Sand (%), Silt: Silt (%) and Clay: Clay (%)

بحث

بررسی نیز نتایج مشابهی به دست آمد. در این رابطه وجود رطوبت بالاتر در لایه‌های سطحی خاک پیش از وقوع آتش‌سوزی، خود عامل تعیین‌کننده‌ای در بیشتر بودن جمعیت میکروبی خاک نسبت به جمعیت میکروبی پس از آتش‌سوزی به‌شمار می‌رود (Majder et al., 2019). این درحالی است که پس از وقوع آتش‌سوزی، از بین رفتن ماده آلی خاک به‌عنوان عامل نگهدارنده رطوبت و نیز باز شدن تاج‌پوشش و تبخیر بیشتر آب از سطح، درصد رطوبت خاک کاهش یافته که منجر به کاهش جمعیت میکروبی فعال خاک می‌شود (Francos et al., 2018). Holden et al. (2013) با بررسی ویژگی‌های خاک پس از آتش‌سوزی در جنگل‌های آلاسکا، کاهش کربن آلی و رطوبت خاک را از مهم‌ترین تغییرات اولیه پس از وقوع آتش‌سوزی گزارش کردند که نتایج مشابهی نیز در این پژوهش به دست آمد.

در این بررسی، مقادیر pH، فسفر، پتاسیم و جرم مخصوص ظاهری خاک افزایش معنی‌داری نسبت به زمان پیش از آتش‌سوزی داشتند. pH لایه‌های سطحی خاک اغلب از حجم و ترکیب لاشبرگ اثر می‌پذیرد که در مورد جنگل‌های ارسباران بیشتر کمی اسیدی گزارش شد (Sasanifar et al., 2018). با وقوع آتش‌سوزی و آزاد شدن ترکیبات قلیایی حاصل از خاکستر، pH خاک افزایش یافته و در وضعیت قلیایی قرار می‌گیرد. فسفر و پتاسیم به‌عنوان عناصر مورد نیاز گیاه جذب شده و در اندام‌های مختلف گیاهان انباشته می‌شوند. با وقوع آتش‌سوزی و بازگشت این عناصر به خاک و افزوده شدن آن به فسفر موجود در ترکیبات معدنی خاک، بر غنای این عناصر در خاک افزوده می‌شود (Saati Zarei and Attaeian, 2021). سوختن خاک سطحی و کاهش ماده آلی آن که نقش مهمی در مقدار جرم مخصوص ظاهری خاک دارد، سبب افزایش جرم مخصوص

آتش‌سوزی اثرهای قابل‌توجهی بر ویژگی‌های بیوژئوشیمیایی خاک‌های جنگلی دارد. آتش‌سوزی با تغییر در محتوای عناصر غذایی خاک، حاصلخیزی خاک‌های جنگلی را در طول زمان تحت تأثیر قرار می‌دهد (Francos et al., 2018). بر اساس نتایج این بررسی، مقادیر کربن آلی، نیتروژن کل، درصد رطوبت، تنفس پایه و زی‌توده میکروبی خاک پیش از وقوع آتش‌سوزی به‌طور معنی‌داری بیشتر از مقادیر آن بعد از وقوع حریق بود. وجود لاشبرگ تجزیه شده پیش از آتش‌سوزی سبب افزایش مقدار کربن آلی و ازت خاک می‌شود که با سوختن ماده آلی در لایه سطحی خاک، این عناصر آزاد شده و موجب کاهش آن پس از وقوع آتش‌سوزی می‌شود (Holden et al., 2013). Habashi (2015) در پژوهشی خاک‌های جنگلی با پوشش تیپ‌های مختلف راش آمیخته را مورد بررسی قرار داده و همبستگی مثبت معنی‌داری بین مقدار ماده آلی خاک با تنفس پایه و کربن زی‌توده میکروبی خاک مشاهده کرد. بنابراین کاهش ماده آلی خاک در اثر آتش‌سوزی، متعاقباً سبب کاهش تنفس پایه و کربن زی‌توده میکروبی خاک می‌شود. وجود مواد آلی قابل‌دسترس برای فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک‌زی مانند کربن و نیتروژن پیش از وقوع آتش‌سوزی، موجب تقویت جمعیت میکروبی خاک و نیز افزایش تنفس پایه میکروبی خاک می‌شود که در اثر آتش‌سوزی و کاهش ماده آلی، جمعیت میکروبی نیز کاهش می‌یابد (Muñoz-Rojas et al., 2016). Sadeghifar et al. (2018) با بررسی برخی شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در سال‌های پس از آتش‌سوزی در جنگل‌های غرب کشور گزارش کردند که پس از یک دوره کوتاه‌مدت از وقوع آتش‌سوزی، مقادیر شاخص‌های کربن آلی، تنفس پایه و زی‌توده میکروبی کاهش معنی‌داری داشت، که در این

درصد تخلخل، اجزای بافت خاک و جرم مخصوص حقیقی در خاک‌های شاهد و سوخته اختلاف معنی‌داری نداشتند. از طرفی بیشتر بودن رطوبت و مواد آلی خاک در خاک‌های شاهد موجب تقویت جمعیت میکروبی خاک شده است که این عوامل به صورت وابسته و با اثرگذاری یکسان در خاک‌های شاهد یا سوخته عمل کرده‌اند که این یافته‌ها با نتایج Niknam and Khorassani (2021) مطابقت دارد. این در حالی است که پس از وقوع آتش‌سوزی، تنها فسفر و جرم مخصوص ظاهری خاک افزایش معنی‌داری داشته و از متغیرهای اثرگذار پس از وقوع آتش‌سوزی دسته‌بندی شد، که این نتایج با یافته‌های Badia et al. (2017) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج این بررسی پس از گذشت یک ماه از وقوع آتش‌سوزی در منطقه مورد بررسی از غنای عناصر اثرگذار در حاصلخیزی خاک مانند کربن و نیتروژن کاسته شده که این عامل در کنار کاهش درصد رطوبت خاک موجب کاهش فعالیت زیستی جامعه میکروبی خاک شده است. در نتیجه، اثرهای منفی آتش‌سوزی بر خاک در کوتاه‌مدت برجسته‌تر از اثرهای مثبت آن افزایش فسفر خاک است. همچنین این پژوهش نشان داد که به جز جرم مخصوص ظاهری، دیگر ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند جرم مخصوص حقیقی و اجزای بافت خاک تحت تأثیر آتش‌سوزی قرار نمی‌گیرند. در نتیجه مدیریت صحیح توده‌های دچار آتش‌سوزی، باید با اولویت تقویت تاج‌پوشش و ماده آلی خاک باشد. پیشنهاد می‌شود برای بررسی آثار میان‌مدت و بلندمدت آتش‌سوزی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک، پژوهش‌های تکمیلی در بازهای زمانی ۶ ماهه ۱، ۵ و ۱۰ ساله در منطقه مورد بررسی انجام شود.

ظاهری خاک پس از وقوع آتش‌سوزی می‌شود (Hemmatboland et al., 2016). (Muñoz-Rojas et al., 2010) با بررسی اثر آتش‌سوزی بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک در جنگل‌های بلوط مریوان، افزایش عناصر فسفر و پتاسیم قابل جذب در اثر آتش‌سوزی را گزارش کردند که در این بررسی نیز نتایج مشابهی به دست آمد. این در حالی است که Salehi et al. (2020) اختلاف معنی‌داری بین ویژگی‌های خاک سوخته و نسوخته بلافاصله پس از آتش‌سوزی مشاهده نکردند.

همچنین بر اساس نتایج این بررسی، درصد ذرات شن، سیلت، رس، درصد تخلخل، جرم مخصوص حقیقی و تنفس برانگیخته در دو زمان پیش و پس از وقوع آتش‌سوزی، اختلاف معنی‌داری نداشتند. درصد ذرات و جرم مخصوص حقیقی خاک از ویژگی‌های ذاتی خاک بوده و اغلب تأثیرپذیر از ترکیبات سنگ مادر تشکیل‌دهنده خاک هستند و عوامل زیستی و آتش‌سوزی در کوتاه مدت تأثیر خاصی بر مقادیر این شاخص‌ها ندارد. اما میانگین مشابه در تنفس برانگیخته میکروبی خاک در دو بازه زمانی پیش و پس از وقوع آتش‌سوزی را می‌توان به آزادشدن کربن یاخته‌های مرده و استفاده میکروارگانیسم‌های پایدارتر خاک برای تکثیر و افزایش تنفس و ایجاد توازن در مقدار این شاخص مربوط دانست (Muñoz-Rojas et al., 2016; Hou et al., 2020).

با توجه به نتایج تحلیل تجزیه به مولفه‌های اصلی، ویژگی‌های نمونه خاک‌های شاهد (نسوخته) با جهت منفی محور اول (تنفس برانگیخته میکروبی، مقدار نیتروژن، کربن، زی توده میکروبی، درصد رطوبت، pH و تنفس پایه) و ویژگی‌های خاک‌های سوخته با جهت مثبت محور نخست (متغیرهای فسفر، پتاسیم قابل جذب و جرم مخصوص ظاهری) ارتباط بیشتری دارند.

References

- Alef, K.; Nannipieri, P. *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. Academic Press. London **1995**, P 608.
- Amini Parsa, V.; Nejadi, A., Predicting future dynamics of landscape structure within protected areas using CA-Markov model (Case study: Dizmar protected area). *Physical Geography Research Quarterly* **2016**, 48 (4), 661-674.
- Anderson, J. P., Soil respiration. *Methods of soil analysis: part 2 chemical and microbiological properties* **1983**, 9, 831-871.
- Badía, D.; López-García, S.; Martí, C.; Ortíz-Perpiñá, O.; Girona-García, A.; Casanova-Gascón, J., Burn effects on soil properties associated to heat transfer under contrasting moisture content. *Science of the Total Environment* **2017**, 601, 1119-1128.
- Blake, G.R.; Hartge, K.H., Bulk Density. In: Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis: Part 1, Physical and Mineralogical Methods*, 2nd ed. American Society of Agronomy **1986**, Madison, WI.
- Bouyoucos, G. J., Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils 1. *Agronomy journal* **1962**, 54 (5), 464-465.
- Bremner, J., Total nitrogen. *Methods of soil analysis. Am. Soc. Agron. Mongrn 10* **1982**, 2, 594-624.
- Darvishi, L.; Daryaei, M.; Kouchi, A., Comparison of statistical modeling and AHP methods in fire risk assessment in oak forests of Iran. *J. For. Res* **2020**, 9, 229.
- Franco, M.; Úbeda, X.; Pereira, P.; Alcañiz, M., Long-term impact of wildfire on soils exposed to different fire severities. A case study in Cadiretes Massif (NE Iberian Peninsula). *Science of the Total Environment* **2018**, 615, 664-671.
- Gee, G.W.; Bauder, J.W., *Particle-size analysis*. In: Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis: Part 1. Agronomy Handbook*, No 9 American Society of Agronomy and Soil Science Society of America **1986**, Madison, WI, pp. 383-411.
- Ghanbari, S.; Moradi, G.; Nasiri, V., Quantitative characteristics and structure of tree species in two different conservation situations in Arasbaran forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2018**, 26 (3), 355-367. (In Persian)
- Habashi, H., Microbial respiration and microbial biomass C relationship with soil organic matter in different types of mixed beech forest. *Forest Research and Development* **2015**, 1 (2), 135-144. (In Persian)
- Hemmatboland, E.; Akbarinia, M.; Banej Shafiei, A., The effect of fire on some soil chemical properties of oak forests in Marivan region. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2010**, 18 (2), 218-205. (In Persian)
- Holden, S. R.; Gutierrez, A.; Treseder, K. K., Changes in soil fungal communities, extracellular enzyme activities, and litter decomposition across a fire chronosequence in Alaskan boreal forests. *Ecosystems* **2013**, 16 (1), 34-46.
- Hou, G.; Delang, C. O.; Lu, X., Afforestation changes soil organic carbon stocks on sloping land: The role of previous land cover and tree type. *Ecological Engineering* **2020**, 152, 105860.
- Jafari Haghighi, M., *Soil analysis methods*. Nedaye Zohi Publication **2003**, P 236. (In Persian)
- Jenkinson, D. S.; Ladd, J. N., *Microbial biomass in soil measurement and turnover*. P415- 471, In: Paul E.A., Ladd, J.N. (Eds). *Soil Biochemistry*, Marcel Dekker, Inc., NY. **1981**.
- Majder-Łopatka, M.; Szulc, W.; Rutkowska, B.; Ptasiński, D.; Kazberuk, W., Influence of fire on selected physico-chemical properties of forest soil. *Soil Science Annual* **2019**, 70 (1), 39-43.
- Mirzaii Talarposhti, R.; Cambosia, J.; Sabahi, H.; Damghani, A., The effect of organic fertilizers on physicochemical properties of soil, yield and biomass of tomato. *Journal of Agronomy Research* **2009**, 7 (1), 257-267.
- Mohammadzadeh, A.; basiri, R.; Tarahi, A.; dadashian, R.; elahiyan, M., Evaluation of biodiversity of plant species in Arasbaran area using non-parametric measures with respect to topographic factor of slope: a case study of aquiferous land of Ilgina and Kaleibar rivers. *Iranian Journal of Plant Researches* **2015**, 27 (4), 728-741. (In Persian)
- Mohammadzadeh, A.; Basiri, R.; Torahi, A., The relationship between ecological species groups and non-parametric indicators of biodiversity and environmental factors in Arasbaran (Case study: Ilgenechai and Kaleybarchai Watershed). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2017**, 25 (4), 609-621. (In Persian)

- Mosleh Arany, A.; Olfati, F.; Azimzadeh, H., The effect of fire on some soil chemical properties of forest area of Baghe shadi Herat-Yazd Province. *Journal of Soil Management and Sustainable Production* **2015**, 4 (4), 347-354.
- Munoz-Rojas, M.; Erickson, T. E.; Martini, D.; Dixon, K. W.; Merritt, D. J., Soil physicochemical and microbiological indicators of short, medium and long term post-fire recovery in semi-arid ecosystems. *Ecological indicators* **2016**, 63, 14-22.
- Niknam, L.; Khorassani, R., Effect of Fire on Soil Physical Properties in Range Land, Agriculture and Forest Land Uses in Golestan Province. *Applied Soil Research* **2021**, 9 (1), 1-13.
- Olsen, S. R., *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate*. US Department of Agriculture: 1954.
- Page, A.; Miller, R.; Keeney, D., Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Agronomy, No. 9. *Soil Science Society of America, Madison, WI* **1982**, 1159.
- Ridvan, K., Cu and Zn accumulation in earth worm *Lumbricus terrestris* in sewage sludge amended soil and fraction of Cu and Zn casts and surrounding. *J. Soil Sci* **2004**, 22, 141-145.
- Saati Zarei, S.; Attaeian, B., Investigation of firing effect in rangelands on soil organic carbon changes using remotely sensed based indices. *Journal of RS and GIS for Natural Resources* **2021**, 12 (3), 82-100. (In Persian)
- Sadeghifar, M.; Beheshti Ale Agha, A.; Pourreza, M., Comparing Some Physicochemical and Microbial Indices of Soil in Different Years after Fire in Zagros Forests in Paveh County. *Iranian Journal of Soil Research* **2018**, 32 (1), 97-114. (In Persian)
- Salehi, P.; Banj Shafiei, A.; Barin, M.; Khezri, Kh., Effect of surface fire on dynamic of some chemico-physical properties of forest soil, Sardasht, West Azarbayjan. *Forest Research and Development* **2020**, 6 (3), 395-410. (In Persian)
- Sasanifar, S.; Alijanpour, A.; Banj Shafiei, A.; Eshaghi Rad, J.; Molaei, M., Effect of protection based management on physical and chemical properties of soil in Arasbaran forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2018**, 26 (1), 104-117. (In Persian)
- Sparks, D.L. (ed.). *Methods of soil analysis, part 3-chemical methods. Agronomy monograph, Vol 9*. ASA and SSSA, Madison, WI. **1996**.
- Taheri Abkenar, K.; Heidari Safari Kouchi, A.; Dehghanzad, S.; Mostahsanpour, S.; Moradianfard, F., Estimation of carbon emissions from loblolly pine (*Pinus taeda* L.) forest plantations using Allometric equations. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research* **2018**, 16 (1), 88-101. (In Persian)
- Walkley, A.; Black, I.A., Estimation of soil organic carbon by the chromic acid titration method. *Soil Science* **1934**, 37, 29-38.

Effects of fire on physical, chemical and biological properties of soil in Arasbaran forest in Kaleybar city

O. Jahandar¹ and E. Alidoust^{*2}

1- PhD Student of Forest Engineering, Department of Forestry, University of Tehran, Tehran, I. R. Iran. (jahandaromid@yahoo.com)

2- PhD of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Isfahan, I. R. Iran. (elham.alidoust@gmail.com)

Received: 04.04.2022 Accepted: 16.08.2022

Abstract

Fire has different effects on soil quality and its physical, chemical and biological properties. In order to investigate these effects, in this study, various physical, chemical and biological properties of soil in a part of Arasbaran forest located in Kalibar city that were affected by fire were studied. Soil samples were taken from burned areas (32 samples) and adjacent areas that were not affected by fire as blank samples (32 samples) by systematic random method from a depth of 0 to 15 cm and different soil properties were measured. The results showed that the values of pH, organic carbon, total nitrogen, moisture content, basal respiration and soil microbial biomass in the blank samples were significantly higher than the values in burned samples; while the highest amounts of absorbable P and K and bulk density were observed in burned samples. There was no significant difference in the percentage of sand, silt, clay, porosity, PD and substrate Induced Respiration in the blank and burned samples. Based on PCA analysis, absorbable P and Microbial Biomass Carbon were significantly affected before and after fire, respectively. The results of this study showed that the chemical and biological properties of Arasbaran forest soils (except P and K) were more affected by fire than physical properties.

Keywords: Microbial biomass, Organic carbon, Phosphorus, Principal components analysis.

* Corresponding author

Tel: +989113851577