دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

پیامد آتش‌سوزی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های جنگلی بلوط منطقه بدره- استان ایلام

مسعود بازگیر[۱]، زینب ریاحی[۲]، فاطمه ولی‌زاده کاخکی[۳] و محمود رستمی‌نیا[۳]

۱- استادیار گروه مهندسی خاک و آب ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، (نویسنده مسوول: m.bazgir@ilam.ac.ir)
۲- دانش آموخته گروه مهندسی خاک و آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، یلام
۳- استادیار گروه مهندسی خاک و آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام
تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۱ تاریخ پذیرش: ۹۸/۲/۲۵
صفحه: ۸۱ تا ۹۲

چکیده

آتش‌سوزی یک تهدید بزرگ منابع طبیعی در جهان محسوب می‌شود و یک عامل مهم تغییر در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌باشد. این پژوهش به‌منظور بررسی اثر آتش‌سوزی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جنگل‌های منطقه بدره واقع در ۷۰ کیلومتری استان ایلام و مقایسه آن با خاک جنگل‌های نسوخته (شاهد) اجرا شد. نمونه‌برداری از خاک در دو عمق سطحی (۵-۰ سانتی‌متری) و تحتانی (۲۰-۵ سانتی‌متری) صورت گرفت. در جنگل‌های سوخته و شاهد پنج قطعه نمونه ۵۰×۵۰ متر طراحی شد و از هر قطعه نمونه به‌طور تصادفی پنج نمونه خاک از سطح و عمق خاک برداشته و برای انجام تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه انتقال یافتند. بر اساس نتایج آتش‌سوزی، مقدار شن و سیلت را در مقایسه با خاک جنگل شاهد به‌ترتیب ۱۵/۵۶ و ۱۵/۱۸ درصد افزایش داد. اما مقدار رس تحت تأثیر آتش‌سوزی کاهش یافت. آتش‌سوزی میانگین وزنی قطر خاکدانه در عمق‌های سطحی و تحتانی را به‌ترتیب ۱۰/۶۱ و ۱۷/۸۱ درصد کاهش داد. بیشترین میزان ظرفیت تبادل کاتیونی (۲۰/۹۸ سانتی‌مول کاتیون در کیلوگرم خاک) و کمترین (۱۶/۵۶ سانتی‌مول کاتیون در کیلوگرم خاک) مقدار آن به‌ترتیب در خاک جنگل شاهد و سوخته حاصل شد. آتش‌سوزی مقدار کربن آلی را افزایش داد اما با افزایش عمق خاک کربن آلی کاهش یافت. آتش‌سوزی غلظت پتاسیم و فسفر قابل جذب را در خاک منطقه مورد مطالعه به‌طور معناداری افزایش داد. به‌طورکلی آتش‌سوزی باعث تغییر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های جنگل بلوط منطقه بدره دراستان ایلام شد و در کوتاه مدت این پدیده باعث افزایش عناصر غذایی ضروری در خاک شد که نتیجه آن بهبود حاصلخیزی خاک منطقه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آتش‌سوزی، ویژگی‌های خاک، پایداری خاکدانه، عناصر غذایی، ایلام

مقدمه

آتش‌سوزی یکی از عوامل بوم‌شناختی مخرب در جنگل‌ها و جزئی جدا نشدنی در بیشتر و بوم‌سامانه‌های جنگلی است که می‌تواند در بازسازی جنگل نیز مهم باشد (۹،۳). آتش‌سوزی باعث تغییر رژیم عناصر غذایی، ترکیب گونه‌ها، رشد گیاهان و موجودات زنده خاک می‌شود و تغییرات ایجاد شده در خاک در اثر آتش‌سوزی به‌دلیل تخریب ساختار خاک، هدر رفت ماده آلی بومی خاک و کاهش عناصر معدنی خاک می‌باشد (۳۸). خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و پوشش گیاهی به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم تحت‌تأثیر آتش‌سوزی قرار می‌گیرند (۱۳). بسته به ویژگی‌های خاک (میزان رطوبت، موادآلی، توان هدایت گرمایی، نوع بافت خاک)، رژیم آتش‌سوزی (شدّت، مدت، تکرار، فصل، نوع آتش‌سوزی) و شرایط محیطی (نوع پوشش گیاهی، نوع اقلیم منطقه، توپوگرافی) اثرات آتش‌سوزی بر ویژگی‌های خاک می‌تواند کوتاه مدت، دراز مدت یا دائمی باشد (۹). شدّت‌های پایین آتش‌سوزی تأثیر کمی بر خصوصیات شیمیایی و زیستی خاک دارند ولی دماهای زیاد حاصل از آتش‌سوزی ممکن است خصوصیات اساسی و بنیادی خاک مثل بافت، مینرالوژی و ظرفیت تبادل کاتیونی را تغییر دهند (۲۹).

یکی از مهم‌ترین اثرات آتش‌سوزی در خاک، کاهش ماده آلی خاک است. کاهش مواد آلی بسته به شدّت و نوع آتش‌سوزی، رطوبت و نوع خاک بسیار متغیر است (۱۷). تأثیر آتش‌سوزی بر مقدار کل ماده‌ی آلی خاک به چندین عامل شامل نوع آتش‌سوزی، شدّت و حتی شیب بستگی دارد. به‌دنبال آتش‌سوزی ممکن است کاهش قابل‌توجهی در مقدار ماده آلی در برخی از خاک‌ها مشاهده شود که این می‌تواند توسط تغییراتی در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها تسریع شود (۲۸). صادقی‌فر و همکاران (۳۸) گزارش دادند تغییرات عناصر غذایی و رطوبت خاک و همچنین پایداری خاکدانه‌ها هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت پس از آتش‌سوزی به‌دلیل نقش مهمی که در رشد و تغذیه گیاه و جلوگیری از فرسایش خاک دارند از اهمیّت بالایی برخوردار است. آتش‌سوزی تنها باعث تغییر در خاک و شرایط محیطی نمی‌شود بلکه می‌تواند هدررفت عناصر غذایی از طریق تبخیر، آبشویی و فرسایش آبی را افزایش دهد. مقدار این هدر رفت بستگی به شدّت آتش‌سوزی دارد. در آتش‌سوزی‌های با شدّت متوسط و بالا، تخریب پوشش گیاهی و مواد آلی خاک موجب تولید و انباشت مواد آب‌گریز در افق سطحی خاک می‌شود که باعث کاهش نفوذ و افزایش رواناب می‌شود. این وضعیت سبب افزایش تولید رواناب و از بین بردن خاک می‌شود و بدین گونه مقدار زیادی از عناصر غذایی از خاک سطحی شسته و از بین می‌روند (۲۸).

همچنین در پژوهشی جردن و همکاران (۲۷) تأثیر شدّت آتش‌سوزی بر پایداری خاکدانه‌های جنگل صنوبر (*Populus deltoids* L.) و کاج (*Pinus taeda* L.) در

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.15.9.2]
[DOI: 10.52547/ifej.8.15.81]

خاک‌های آتشفشانی مکزیک را مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها گزارش کردند که پایداری خاکدانه‌ها در آتش‌سوزی با شدّت کم تغییری نداشت، امّا به‌میزان قابل‌توجهی در آتش‌سوزی‌های شدید کاهش یافت.

تغییرات شیمیایی در خاک بعد از آتش‌سوزی، مهم‌تر از خصوصیات فیزیکی و زیستی خاک است زیرا تغییر در مواد آلی و چرخه عناصر غذایی می‌تواند توان تولید بوم‌سامانه را تغییر دهد (۴۳). عناصر غذایی ذخیره شده در ماده آلی هنگام آتش‌سوزی، آزاد شده و بخشی از آن تبخیر و از دسترس خارج می‌شود و بخش دیگر به اشکال قابل دسترس گیاهان و ریزجانداران خاک تبدیل می‌شوند که ممکن است به‌دلیل عدم جذب کامل، به‌راحتی شسته شده و از دسترس آن‌ها خارج شود (۴۵). بنابراین افزایش دسترسی گیاهان به عناصر غذایی، بعد از آتش‌سوزی به‌صورت موقت بوده و به‌سرعت از دسترس خارج می‌شوند. اثر آتش بر دوره‌های زیست‌شیمیایی برای عنصر نیتروژن نیز حائز اهمیّت است. در اثر سوختن، نیتروژن آلی خاک کاهش می‌یابد چون مقدار زیادی از آن تصعید می‌شود (۱۵). پژوهش آلوزیس و همکاران (۱) نشان‌داد که دو ماه پس از آتش‌سوزی مقدار فسفر قابل عصاره‌گیری با اسید آسکوربیک خاک سوخته نسبت به خاک شاهد بیشتر می‌باشد. آنان همچنین گزارش کردند که دو سال پس از آتش‌سوزی مقدار فسفر قابل عصاره‌گیری به‌طور چشم‌گیری افزایش یافته که احتمالاً به‌دلیل ظرفیت جذب فسفر زیاد ماده مادری بوده است. یلدیزی و همکاران (۴۷) در بررسی تأثیر آتش‌سوزی بر خاک در جنگل کاج در ترکیه نشان‌دادند آتش بر خصوصیات خاک تأثیر گذاشته و ذخیره عناصر غذایی کربن، منیزیم و ظرفیت تبادل کاتیونی را کاهش می‌دهد. ورما و جایکمار (۴۳) در تحقیقی تأثیر آتش‌سوزی جنگل بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک را نشان دادند و گزارش دادند که عناصر غذایی کم‌مصرف و پرمصرف، خصوصیات فیزیکی خاک مانند بافت، رنگ و اسیدیته تحت‌تأثیر آتش‌سوزی تغییر می‌کنند. در واقع آتش‌سوزی‌های شدید کاهش میزان مواد آلی، تبخیر عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گوگرد، مرگ میکروب‌ها، فرسایش خاک و افزایش دفع آب را در پی‌دارد که بسته به شدّت آتش، میزان سوخت و رطوبت خاک متفاوت است.

تاکنون تأثیر آتش‌سوزی بر خصوصیات خاک مناطق کشاورزی در منطقه زاگرس توسط محققین متعددی مورد بررسی قرار گرفته است، اما پژوهش دقیقی در ارتباط با نقش آتش‌سوزی و تأثیر آن بر خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک در بوم‌سامانه جنگلی بلوط در منطقه بدره استان ایلام انجام نگرفته است. یکی از جنگل‌های کمتر دست‌خورده و منحصر به فرد با گونه درختی غالب بلوط دانه‌زاد در استان ایلام، جنگل‌های منطقه بدره می‌باشد که از اهمیّت ویژه‌ای از نظر ذخایر طبیعی برای مردم منطقه و استان دارد. با توجه به این‌که در سال‌های اخیر جنگل‌های این ناحیه دچار رخدادهای آتش‌سوزی به‌صورت‌های طبیعی و انسانی شده و مطالعه دقیقی درباره ارتباط آتش‌سوزی و ویژگی‌های خاک در این بوم‌سامانه جنگلی انجام نشده، ضرورت شناخت و مدیریت خاک‌های جنگلی منطقه بدره پس از وقوع آتش‌سوزی حائز اهمیّت می‌باشد. بنابراین، اجرای این تحقیق با هدف ارزیابی اثر آتش بر برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مناطق جنگلی ناحیه دربند در شهرستان بدره انجام شد.

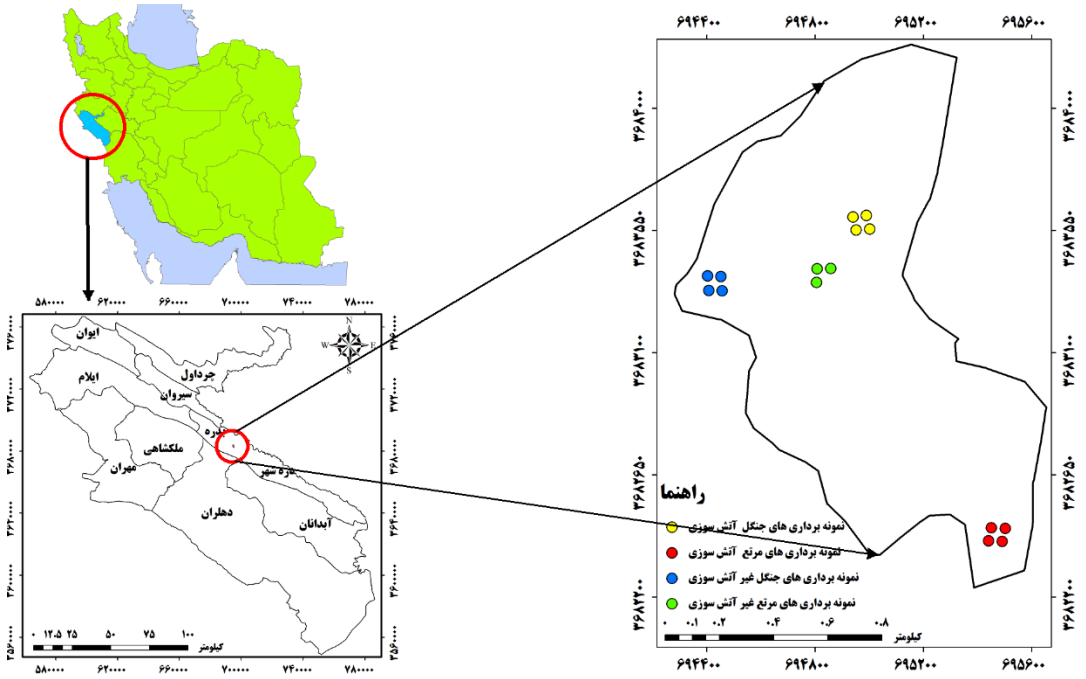
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در جنگل‌های منطقه دربند در شهرستان بدره واقع در ۷۰ کیلومتری شرق استان ایلام اجرا شده است. از لحاظ موقعیت جغرافیایی بین مدارهای ۴۷ درجه و ۲ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۰۷۳ متر از سطح دریا قرار دارد. منطقه مورد مطالعه از لحاظ آب و هوایی بر اساس روش آمبرژه دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد می‌باشد که تعداد روزهای یخبندان آن حدود ۳۳ روز است. دارای طبیعتی کوهستانی و جنگلی است و میانگین دمای سالیانه آن ۲۱/۲ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش سالیانه ۴۷۰ میلی‌متر است. حوزه‌ی جغرافیایی بدره با وسعت ۵۸۲۱۶/۸۷ هکتار، بیش از ۹۰ درصد سطح حوزه آن را عرصه‌های منابع طبیعی تشکیل داده است. مساحت اراضی جنگلی ۳۷۷۲۴/۸ هکتار است که ۷۰ درصد جنگل‌های این شهرستان را درختان بلوط (*Quercetum persicum* L.) تشکیل داده است.

به‌منظور بررسی اثر آتش‌سوزی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک جنگل‌های بلوط منطقه بدره، بعد از بررسی پرونده‌های آتش‌سوزی موجود در اداره منابع طبیعی شهرستان بدره، ابتدا بخشی از جنگل‌های ناحیه دربند که آتش‌سوزی در سال ۱۳۹۴ در آن رخ‌داده بود به‌عنوان منطقه مورد مطالعه و منطقه‌ای دیگر در مجاورت آن که از نظر تیپ اراضی، پوشش گیاهی، شیب و جهت کاملاً مشابه منطقه آتش‌سوزی شده بود به‌عنوان منطقه شاهد، تعیین شد. این منطقه جزء مناطق با رخداد آتش‌سوزی بالا بوده است. به‌طوری‌که آخرین آتش‌سوزی در مرداد ماه سال ۱۳۹۴ به‌وقوع پیوسته است و نمونه‌برداری از خاک در تاریخ ۹۵/۱/۲۲ انجام شد به‌طوری‌که فاصله‌ی بین آخرین آتش‌سوزی و زمان نمونه‌برداری هشت‌ماه بوده است. نوع آتش‌سوزی منطقه از نوع سطحی و علت بروز آن عمدی گزارش شده است. پوشش غالب بخش‌های جنگلی این مناطق به‌طور عمده شامل درختان بلوط (*Quercus* persica L.) و همچنین درختان و درختچه‌های زالزالک (*Crataegus azarolus*) و کیکم (*Acer monspessulanum* L.) می‌باشد. پوشش مرتعی شامل علفزار و بوته‌زار است که گیاهان غالب آن را خارشتر (*Alhagi camelorum* Fisch.)، علف باغ (*Dactylic glomerata*)، گون (*Astragalus sp*)، فرفیون (*Euphorbia helioscopia* L.)، جو وحشی (*Hordeum murinum* L.) و خار زرد (*Cardus pycnocephalus* L.) تشکیل می‌دهد.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.15.9.2]
[DOI: 10.52547/ifej.8.15.81]



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در شهرستان بدره، استان ایلام، ایران
Figure 1. The geographical location of study area in Badreh, Ilam province, IR-Iran

روش نمونه‌برداری

پس از تعیین مناطق آتش‌سوزی شده و شاهد، با استفاده از دستگاه GPS در دو جنگل سوخته و شاهد پلات‌های ۵۰ ×۵۰ متر طراحی شد. به‌منظور نمونه‌برداری، از هر پلات به‌صورت تصادفی پنج نمونه خاک ترکیبی که هر نمونه ترکیبی حاصل مخلوط سه نمونه خاک ساده می‌باشد از دو عمق سطحی (۵-۰ سانتی‌متری) و عمق زیرین (۲۰-۵ سانتی‌متری) برداشت شد. نمونه‌های خاک برداشت شده از دو عمق، مرکب بوده که از ترکیب سه نمونه ساده بدست آمده بودند. تعداد کل نمونه‌های ترکیبی ۲۰ نمونه بودند، بدین‌صورت که برای جنگل آتش گرفته ۱۰ نمونه مرکب که پنج نمونه از عمق سطحی و پنج نمونه از عمق تحتانی بودند و همین تعداد برای جنگل آتش نگرفته نمونه جمع‌آوری و به آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشگاه ایلام انتقال یافتند.

اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

نمونه‌های خاک پس از خشک‌شدن در هوا، از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شامل بافت خاک به روش هیدرومتری (۸)، جرم مخصوص ظاهری خاک به روش کلوخه (۵)، ماده آلی از روی کربن آلی خاک (روش اکسایش تر والکی- بلاک) و از طریق فرمول (OM= OC ×1.724) برآورد شد (۳۶)، اسیدیته گل اشباع خاک با دستگاه pH متر و هدایت الکتریکی با دستگاه هدایت‌سنج (۳۶) برای اندازه‌گیری میانگین وزنی قطر خاکدانه (MWD)، از روش کمپر و روزنا (۳۶) استفاده شد. فسفر قابل جذب به روش اولسن با دستگاه اسپکترفتومتر (۳۶)، پتاسیم قابل جذب از روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم و به‌کمک دستگاه فیلم‌فتومتر (۱۰) ظرفیت تبادل کاتیونی خاک با روش باور (۶)، منیزیم و کلیسم تبادلی خاک از روش کمپلکومتری (۳۶) اندازه‌گیری شدند.

تجزیه آماری داده‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با پنج تکرار انجام شد. عامل‌های آزمایش شامل آتش‌سوزی در دو سطح (جنگل سوخته و شاهد) و عمق خاک در دو سطح (۰-۵ و ۵-۲۰ سانتی‌متر) بودند. تجزیه آماری داده‌های آزمایش با نرم‌افزار SAS (۴۱) و مقایسه میانگین‌ها نیز با روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. رسم نمودارها با Excel (۴۱) انجام شد.

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیکی خاک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌داد که اثرات آتش‌سوزی بر مقدار شن، سیلت و رس خاک در سطح احتمال یک درصد و بر جرم مخصوص ظاهری و تخلخل خاک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). پایداری خاکدانه تحت‌تأثیر اثرات متقابل آتش‌سوزی و عمق خاک در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۱).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.15.9.2]
[DOI: 10.52547/ifej.8.15.81]

جدول ۱- تجزیه واریانس اثرات آتش‌سوزی و عمق خاک بر خصوصیات فیزیکی خاک جنگل منطقه بدره
Table 1. Analysis of variance of fired and soil depth effects on soil physical properties of Baderh forest region

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		شن	سیلت	رس	میانگین وزنی قطر خاکدانه	جرم مخصوص ظاهری	تخلخل کل
آتش‌سوزی	۱	۲۵۷/۷۶**	۶۱/۶۰۰۵**	۵۷۰/۳۱**	۰/۰۰۰۳۲^{ns}	۰/۱۲۰*	۱۷۰/۹۹*
عمق	۱	۰/۰۰^{ns}	۰/۰۰۰۵^{ns}	۰/۰۰^{ns}	۰/۰۰۱۲۸^{ns}	۰/۰۲۸^{ns}	۴۱/۹۳^{ns}
آتش‌سوزی× عمق	۱	۰/۰۰^{ns}	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰^{ns}	۰/۰۰۷۲۲**	۰/۰۲۸^{ns}	۴۱/۸۷^{ns}
خطا	۱۶	۱/۱۷	۰/۰۰۰۵	۱/۱۷	۰/۰۰۰۵۶	۰/۰۱۹	۲۷/۴۱
ضریب تغییرات (درصد)		۲/۱۸	۱۰/۸۷	۴/۳۶	۵/۸۸	۹/۶۵	۱۱/۴۷

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد، ns: غیرمعنی‌دار

شن، سیلت و رس

بیشترین مقدار شن (۵۳/۳ درصد) و سیلت (۲۷/۳ درصد) در جنگل سوخته به‌دست آمد، که در مقایسه با خاک جنگل شاهد به‌ترتیب ۱۵/۵۶ و ۱۵/۱۸ درصد بیشتر بودند (جدول ۲). مقدار رس تحت تأثیر آتش‌سوزی کاهش یافت، به‌طوری که بیشترین مقدار رس در جنگل شاهد مشاهده شد (جدول ۲) همچنین با توجه به شیب منطقه و توپوگرافی و همین‌طور بارندگی احتمال فرسایش شدید وجود داشته ، و تفاوت شن و سیلت با شاهد نیز احتمالا به دلیل فرسایش در منطقه است.

جدول ۲- اثر آتش‌سوزی و عمق خاک بر ماده آلی و نیتروژن خاک جنگل منطقه بدره.
Table 2. The effect of burned and soil depth on organic and total nitrogen soil of forest Baderh area

تیمارها	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	تخلخل کل (%)	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)
سوخته	۵۳/۳±۰/۰۰۸^{a}	۲۷/۳±۰/۰۰۹^{a}	۱۹/۵±۰/۰۰۴^{b}	۴۲/۷۳±۰/۹۷^{b}	۱/۳۶±۰/۰۳^{b}
شاهد	۴۶/۱۲±۰/۴۴۹^{b}	۲۳/۷±۰/۰۵۰^{b}	۳۰/۱۸±۰/۴۸۹^{a}	۴۸/۵۷±۲/۲۰^{a}	۱/۵۱±۰/۰۶^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

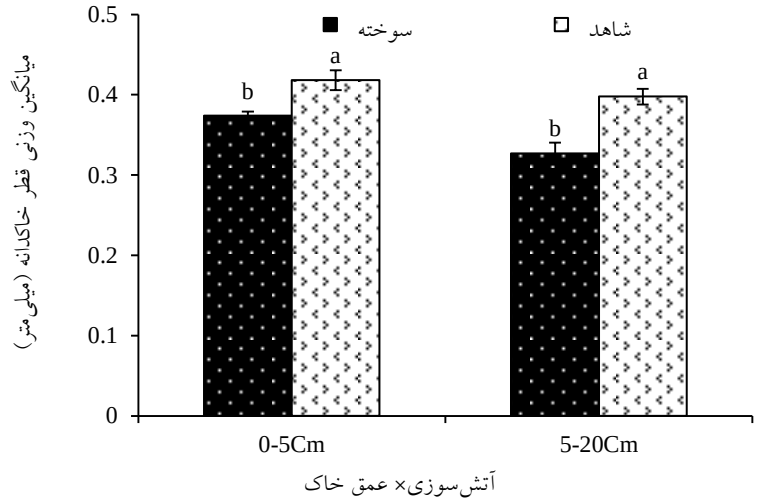
نتایج نشان‌داد آتش‌سوزی سبب شده بافت خاک درشت‌تر یا سبک‌تر شود، به‌صورتی که درصد رس کاهش و درصد شن و سیلت افزایش یافته است. در هماهنگی با این پژوهش حیدری و قنبری (۲۱) پس از گذشت ۱، ۲ و ۳ سال از آتش‌سوزی کاهشی به‌ترتیب برابر ۶/۲ ، ۵/۸ و ۷/۳ درصد برای رس و افزایشی به‌ترتیب برابر ۲/۰، ۲/۰ و ۴/۰ درصد برای شن در منطقه سوخته‌شده در مقایسه با شاهد برای خاک سطحی (۰ تا ۱۰ سانتی‌متر) گزارش کردند. رس‌ها حساس‌ترین ذرات بافت خاک در مقابل حرارات هستند و بیشتر رس‌ها در دمای حدود ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد شروع به متلاشی‌شدن می‌کنند (۱۱)، از این‌رو کاهش آن در خاک سوخته منطقی به‌نظر می‌رسد. همچنین هبرت و همکاران (۲۴) به نتایج مشابه دست‌یافتند. امّا علت درشت‌شدن بافت خاک در اثر آتش‌سوزی را آب‌گیری رس در دمای بالا گزارش کردند. گارنجید و همکاران (۱۸) تغییرات تدریجی ویژگی‌های خاک در خاک‌های مدیترانه‌ای در طول سه سال پس از آتش‌سوزی را مطالعه کردند. این پژوهشگران گزارش کردند که، آتش موجب درشت‌شدن بافت خاک پس از آتش‌سوزی شد به‌طوری که در نتیجه آتش‌سوزی درصد شن افزایش و درصد رس و سیلت به‌علت فرآیندهای فرسایش و جداسازی انتخابی ذرات ریز خاک کاهش یافت.

میانگین وزنی قطر خاکدانه، وزن مخصوص ظاهری و تخلخل خاک

بیشترین میانگین وزنی قطر خاکدانه در جنگل شاهد در عمق‌های ۰-۵ و ۵-۲۰ سانتی‌متری به‌دست آمد و کمترین میزان آن در خاک جنگل سوخته در عمق ۵-۲۰ سانتی‌متری حاصل شد (شکل ۲). آتش‌سوزی میانگین وزنی قطر خاکدانه در عمق‌های ۰-۵ و ۵-۲۰ سانتی‌متری به‌ترتیب ۱۰/۶۱ و ۱۷/۸۱ درصد کاهش داد (شکل ۲).

آتش‌سوزی جرم مخصوص ظاهری و تخلخل خاک را کاهش داد (جدول ۲). جرم مخصوص ظاهری و تخلخل در جنگل شاهد در مقایسه با جنگل سوخته به‌ترتیب ۱۱/۳۹ و ۱۳/۶۷ درصد بیشتر بود (جدول ۲).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.15.9.2]
[DOI: 10.52547/ifej.8.15.81]



شکل ۲- اثر متقابل آتش‌سوزی و عمق خاک بر میانگین وزنی قطر خاکدانه در جنگل منطقه بدره
Figure 2. The interaction effect of burned on mean weight diameter in Badreh forest

ارزیابی ساختمان خاک معمولاً بر اساس پایداری خاکدانه‌ها بیان می‌شود (۷) و همچنین پایداری خاکدانه‌ها شاخص مهم برای ارزیابی خصوصیات فیزیکی خاک در نظر گرفته می‌شود (۱۴). لیو و همکاران (۳۲) عنوان نمودند که چنانچه مقدار رس افزایش یابد، بر هدایت هیدورلیکی و میانگین وزنی قطر خاکدانه تأثیر می‌گذارد. هبرت و همکاران (۲۴) نیز در تحقیقات خود کاهش پایداری خاکدانه‌ها بر اثر آتش‌سوزی را گزارش کردند و بیان کردند که به‌دلیل کاهش مواد آلی پس از آتش‌سوزی، همبستگی بین ذرات خاک از بین می‌رود، فضای خالی خاک کم می‌شود و در نتیجه دانه‌بندی مطلوب خاک بر اثر آتش‌سوزی از بین می‌رود و به‌مرور زمان خاک فشرده می‌شود. جردن و همکاران (۲۷) تأثیر شدّت آتش‌سوزی بر پایداری خاکدانه‌ها جنگل صنوبر و کاج در خاک‌های آتشفشانی مکزیک را مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها گزارش کردند که پایداری خاکدانه‌ها در آتش‌سوزی‌های با شدّت کم تغییری نداشت اما به‌میزان قابل‌توجهی در آتش‌سوزی‌های شدید کاهش یافت. وارلا و همکاران (۴۲) نیز گزارش کردند اثر آتش‌سوزی طبیعی روی پایداری خاکدانه دارای تغییرات بالایی است که این تغییرات به‌طور عمده به سوختن مواد آلی خاک و شدّت آتش‌سوزی وابسته است. تحت آتش‌سوزی جرم مخصوص ظاهری خاک به‌دلیل متلاشی‌شدن خاکدانه‌ها و گرفتگی حفره‌ها و پراکنده شدن کانی‌های رسی افزایش می‌یابد، و در نتیجه تخلخل خاک و نفوذپذیری آن کاهش می‌یابد (۹). بیشترین وزن مخصوص ظاهری در جنگل شاهد به‌دست آمد که علت آن می‌تواند کم بودن ماده آلی در منطقه بدون آتش‌سوزی باشد که با وزن مخصوص رابطه عکس دارد. هربرت و همکاران (۲۴) گزارش کردند که وزن مخصوص ظاهری در خاک معدنی بعد از آتش‌سوزی کاهش می‌یابد.

خصوصیات شیمیایی خاک

آتش‌سوزی تأثیر معنی‌داری بر ماده آلی، اسیدیته خاک و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک داشت (جدول ۳). همچنین عمق خاک تأثیر معنی‌داری بر مقدار ماده آلی در سطح احتمال پنج درصد داشت (جدول ۳). اما هدایت الکتریکی خاک تحت تأثیر آتش‌سوزی و عمق خاک قرار نگرفت (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر آتش‌سوزی و عمق خاک بر خصوصیات شیمیایی خاک جنگل منطقه بدره
Table 3. Analysis of variance effect of fired and soil depth on chemical properties soil of forest Baderh area

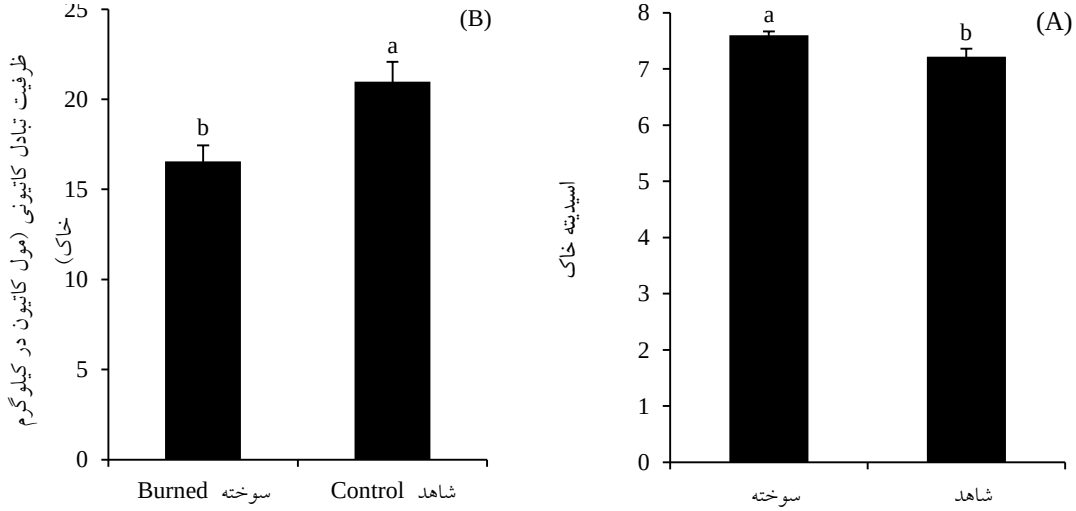
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		هدایت الکتریکی	اسیدیته خاک	ظرفیت تبادل کاتیونی	ماده آلی
آتش‌سوزی	۱	۰/۰۰۳۳^{ns}	۰/۶۹۵*	۹۷/۷۷**	۱/۳۹۴**
عمق	۱	۰/۰۰۸۰^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}	۱۳/۰۲^{ns}	۰/۵۵۷*
آتش‌سوزی× عمق	۱	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۱۱۴^{ns}	۶/۸۴^{ns}	۰/۰۵۹^{ns}
خطا	۱۶	۰/۰۰۴۸	۰/۱۳۳	۹/۷۱	۰/۱۱۴
ضریب تغییرات (درصد)		۱۷/۷۱	۴/۹۳	۱۶/۶۰	۱۰/۳۱

*،**: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد، ns: غیرمعنی‌دار

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.15.9.2]
[DOI: 10.52547/ifej.8.15.81]

اسیدیته خاک و ظرفیت تبادل کاتیونی

مقدار اسیدیته در خاک جنگل سوخته ۵/۲۶ درصد بیشتر از خاک جنگل شاهد بود (شکل ۳ الف). بیشترین (۲۰/۹۸ سانتی‌مول کاتیون در کیلوگرم خاک) و کمترین (۱۶/۵۶ سانتی‌مول کاتیون در کیلوگرم خاک) میزان ظرفیت تبادل کاتیونی به‌ترتیب در خاک جنگل شاهد و سوخته حاصل شد (شکل ۳ ب). آتش‌سوزی میزان ظرفیت تبادل کاتیونی ۲۱/۰۷ درصد کاهش داد (شکل ۳ ب).



شکل ۳- اثر آتش‌سوزی بر اسیدیته (الف) و ظرفیت تبادل کاتیونی (ب) در خاک جنگل منطقه بدره.
Figure 3. The effect of burned on on pH (A) and CEC (B) content in Badreh forest .

آتش‌سوزی به‌طور معنی‌داری باعث افزایش اسیدیته خاک شد، پژوهش‌های زیادی دلالت بر این موضوع دارد که سوختن می‌تواند کاتیون‌های جذب شده در کلوییدهای خاک را متأثر کند. همت‌بلند و همکاران (۲۲)، اثر آتش‌سوزی را بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک در جنگل های بلوط مریوان مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این پژوهش حاکی از اثر معنی‌دار آتش‌سوزی بر اغلب ویژگی‌های شیمیایی خاک سطحی از جمله اسیدیته خاک بوده است. آن‌ها دلیل افزایش اسیدیته در اثر آتش‌سوزی را به‌دلیل بازگرداندن مواد معدنی موجود در بقایای درختان عرصه سوخته دانستند. آتش باعث افزایش مواد معدنی و عناصری چون فسفر، پتاسیم، نیتروژن و کربن خاک شده و به‌دلیل افزایش حضور این عناصر، اسیدیته خاک در عرصه سوخته افزایش می‌یابد. مولوی و همکاران (۳۴) اثر آتش‌سوزی جنگل و سوزاندن بقایای زراعی بر تغییرات کانی‌های رسی و برخی از ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی لایه سطحی خاک مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از تجزیه‌های فیزیکی- شیمیایی روی نمونه‌های شاهد و سوخته نشان داد که در ناحیه جنگلی اسیدیته و شن در عمق ۵-۰ سانتیمتری خاک سوخته افزایش یافت، اما در خاک زراعی تغییرات خواص فیزیکی و شیمیایی در اثر آتش‌سوزی از نظر آماری معنی‌دار نبود. علت افزایش اسیدیته شاید به‌دلیل آزاد شدن کاتیون‌های تبادلی و مواد معدنی ناشی از سوختن بقایای درختان باشد. اسیدیته خاک به‌دلیل آزاد شدن یون‌های قلیایی مانند تولید پتاسیم و اکسیدهای سدیم، هیدروکسیدها و کربنات‌ها در خاکستر افزایش می‌یابد (۴۴). گرانجید و همکاران (۱۸) درتحقیقی که به منظور بررسی تغییرات خواص خاک و پوشش گیاهی بعد از آتش‌سوزی در بوته‌زارهای مدیترانه انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که اسیدیته خاک به‌دلیل آزاد شدن کاتیون‌ها در خاک افزایش می‌یابد. زو و همکاران (۴۶) علت افزایش اسیدیته خاک در اثر آتش‌سوزی را تمرکز مجموع عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم از خاکستر ناشی از آتش‌سوزی عنوان کردند. افزایش کلسیم، منیزیم، پتاسیم آزاد شده از خاکستر می‌توانند مقدار اسیدیته خاک را در دراز مدت با جانشین کردن هیدروژن و آلومینیوم جذب شده بر کلوئیدهای خاک افزایش دهند (۲). آروسینا و اوپی (۲) در پژوهش خود دریافتند که اسیدیته خاک به‌دلیل تغییر در اسیدهای آلی در اثر آتش‌سوزی افزایش می‌یابد، هر چند که افزایش معنی‌دار اسیدیته فقط در اثر آتش‌سوزی‌های شدید ایجاد می‌شود، در دراز مدت عناصر غذایی چون کلسیم، منیزم و پتاسیم پس از آتش‌سوزی آزاد می‌شوند. افزایش مقدار کلسیم، منیزیم، پتاسیم و خاکستر در درازمدت می‌توانند اسیدیته خاک را با جانشین کردن هیدروژن و آلومینیوم جذب شده بر کلوئیدهای خاک افزایش دهند. این افزایش اسیدیته احتمالاً یکی از اثرهای سودمند آتش است، به‌ویژه در خاک‌هایی با اسیدیته کم، که قابلیت دسترسی عناصر غذایی را افزایش می‌دهند.

ظرفیت تبادل کاتیونی خاک از پارامترهای مهم در بانک اطلاعاتی خاک به حساب می‌آید. مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی در خاک به دو عامل ماده آلی و رس بستگی دارد، احتمالاً علت کاهش ظرفیت تبادل کاتیونی در خاک سوخته، کاهش رس بود. نتایج پژوهش‌های یلدیزی و همکاران (۴۷) نشان می‌دهد ظرفیت تبادل کاتیونی خاک بعد از آتش‌سوزی ۴۰ درصد کاهش یافته است. اسوال و همکاران (۳۵) گزارش کردند که مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی در خاک سوخته

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.15.9.2]
[DOI: 10.52547/ifej.8.15.81]

کاهش می‌یابد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که آتش سوزی با شدّت کم تاثیر اندکی بر خصوصیات شیمیایی و زیستی خاک دارد ولی دماهای زیاد حاصل از آتش‌سوزی ممکن است خصوصیات اساسی و بنیادی خاک نظیر ظرفیت تبادل کاتیونی را تغییر دهند (۲۹).

ماده آلی خاک

آتش‌سوزی مقدار ماده آلی افزایش داد (جدول ۴). میزان افزایش ماده آلی در جنگل سوخته در مقایسه با خاک جنگل شاهد ۱۶/۵۷ درصد بود (جدول ۴). با افزایش عمق خاک ماده آلی کاهش یافت (جدول ۴).

تأثیر آتش بر مواد آلی خاک بسیار متغیر است و بستگی به چند عامل دارد که شامل نوع آتش، شدّت و حتی شیب می‌باشد. این اثرات ممکن است از تخریب کامل ماده آلی تا افزایشی در حدود ۳۰ درصد مقدار اولیه ماده آلی، تغییر کند (۱۷). ایگلسیاس و همکاران (۲۵) نیز در بررسی اثر آتش‌سوزی در دو ناحیه جنگلی مشاهده کردند که کربن آلی از حدود سه درصد در قسمت شاهد به حدود شش درصد در قسمت سوخته رسید. در جنگل سوخته میزان عناصر غذایی آزاد شده نسبت به جنگل شاهد افزایش می‌یابد و همین شرایط را برای افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها و ماده‌آلی خاک فراهم می‌آورد. بنابراین آتش باعث افزایش تبدیل زیست‌توده موجود در سطح و یا زیر زمین به ماده آلی می‌شود و کربن آلی در خاک جنگل افزایش می‌یابد که با نتایج سرتینی (۹) مطابقت دارد. افزایش ماده آلی پس از آتش‌سوزی ممکن است ناشی از تبدیل مواد آلی به فرم‌های مقاوم، اتصال بقایای غیرسوخته به اجزای معدنی خاک و در نتیجه حفاظت بیشتر در برابر تجزیه زیست شیمیایی و همچنین ورود گونه‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در منطقه سوخته پس از آتش‌سوزی باشد که قادر به افزایش قابل‌توجه ترسیب کربن در خاک هستند (۲۶). در واقع آتش‌سوزی با سوزندان پوشش گیاهی و تبدیل آن به مواد نیم‌سوز که کربن زیادی دارد، می‌تواند باعث افزایش مقدار ماده آلی خاک شود. آتش‌سوزی با شدّت کم در جنگل‌های گیلان سبب افزایش میزان مواد آلی شده است (۴).

غلظت عناصر غذایی خاک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثرات آتش‌سوزی بر غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم قابل جذب و کلسیم خاک بود (جدول ۴). غلظت نیتروژن خاک تحت تأثیر اثرات عمق خاک قرار گرفت (جدول ۴). اثرات متقابل آتش‌سوزی و عمق خاک تأثیر معنی‌داری بر غلظت کلسیم و منیزیم خاک داشت (جدول ۴).

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر آتش‌سوزی و عمق خاک بر غلظت عناصر خاک جنگل منطقه بدره

Table 4. Analysis of variance effect of fired and soil depth on elements concentration soil of forest Baderh area

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		نیتروژن کل	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	منیزیم محلول	کلسیم محلول
آتش‌سوزی	۱	۰/۰۰۴۸**	۱۲۸/۴۲**	۳۰۸۲۶۴**	۰/۸۲۸^{ns}	۱/۰۳*
عمق	۱	۰/۰۰۲۲*	۸/۶۰^{ns}	۳۲۴۰۱^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰۵^{ns}
آتش‌سوزی× عمق	۱	۰/۰۰۰۲^{ns}	۱۳/۸۱^{ns}	۸۳۶۴^{ns}	۱/۶۰۷*	۱/۴۲**
خطا	۱۶	۰/۰۰۰۴	۷/۴۲	۲۱۷۷۳	۰/۲۰۵	۰/۱۶
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۴۲	۱۱/۷۳	۲۵/۱۵	۱۹/۴۱	۲۲/۴۵

*و**: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد، ns: غیرمعنی‌دار.

نیتروژن کل

بیشترین میزان نیتروژن کل (۰/۲۰۵ درصد) در جنگل سوخته به‌دست آمد، که در مقایسه با جنگل شاهد ۱۷/۴۸درصد بیشتر بود (جدول ۵). با افزایش عمق خاک غلظت نیتروژن کل ۱۰/۵۰ درصد کاهش یافت (جدول ۵). تأثیرات آتش‌سوزی بر ذخیره نیتروژن کل ثابت نمی‌باشد. برخی مطالعات (۲۲) حاکی از افزایش غلظت نیتروژن خاک و برخی دیگر (۱۲) نشانگر کاهش نیتروژن کل در اثر وقوع آتش‌سوزی هستند. این ناسازگاری می‌تواند ناشی از عامل‌های محیطی نظیر رطوبت خاک، آبشویی، فرسایش و عمق نمونه‌برداری باشد (۱۹). با توجه به پایین بودن شدّت آتش‌سوزی در منطقه، سوختن لاشبرگ‌ها به آرامی صورت گرفته و دما به حدی نرسیده که عناصر غذایی (به‌خصوص نیتروژن) تصعید شده و وارد اتمسفر شوند لذا مقدار نیتروژن در خاک‌های سوخته در مقایسه با خاک‌های شاهد افزایش نشان داده است (۲۰). همچنین بعد از آتش‌سوزی، عناصر غذایی قابل دسترس اساساً به فرم محلول در آب از خاکستر افزایش می‌یابد (۳۷). از دلایل اصلی برای افزایش قابلیت دسترسی مواد مغذی، خاکستر و افزایش فرایند معدنی شدن می‌باشد. گرمایش معمولاً درصد ماده‌ی آلی خاک را از خاکسترهایی با خصوصیات مختلف بسته به شدّت آتش‌سوزی بالا می‌برد، درحالی که مقدار اسیدیته را نیز افزایش می‌دهد. همچنین ممکن است قابلیت دسترسی مواد مغذی افزایش یابد، چرا که به‌عنوان مثال در دسترس بودن برخی عناصر کم مصرف مانند آهن، منگنز و یا روی با افزایش اسیدیته، کاهش می‌یابد. اما به‌هر حال، آتش‌سوزی در دراز مدت ممکن است در کاهش دسترسی مواد مغذی شرکت داشته باشد زیرا مواد مغذی آزاد شده از ماده‌ی آلی و زیست‌توده‌ی میکروبی احتمالاً با آبشویی و رواناب از بوم‌سامانه برداشت می‌شوند (۳۳). بانج شفیعی و همکاران (۴) با بررسی تأثیر آتش‌سوزی بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک جنگل‌های شمال به این نتیجه رسیدند که عمق خاک دارای تأثیر معنی‌داری بر درصد نیتروژن و کربن کل، نیتروژن و فسفر قابل جذب است. در تحقیقی که به‌منظور

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.15.9.2]
[DOI: 10.52547/ifej.8.15.81]

بررسی تأثیر آتش‌سوزی بر مواد مغذی قابل‌جذب در خاک جنگل‌های بلوط در ایالات متحده امریکا صورت گرفت، مشخص شد که آتش موجب افزایش نیتروژن کل و توان معدنی‌شدن نیتروژن شد (۳۹). در مطالعه‌ای اثرات آتش‌سوزی بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شیمیایی در جنگل های کاج در جنوب چین مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق نمونه‌های خاک از عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری از مکان‌های سوخته و شاهد در محدوده‌ی زمانی صفر، یک و چهار و هفت سال پس از آتش‌سوزی جمع آوری شد. نتایج نشان داد مقدار اسیدیته خاک به‌طور معنی‌داری یک سال بعد از آتش‌سوزی افزایش یافت. همچنین میزان کربن، نیتروژن کل و فسفر قابل دسترس به‌طور معنی‌داری یک سال بعد از آتش‌سوزی افزایش یافت و به‌تدریج به غلظتی کمتر از خاک شاهد کاهش یافت (۴۶).

فسفر و پتاسیم قابل جذب خاک

بیشترین غلظت فسفر قابل جذب (۲۵/۷۶ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک) در جنگل سوخته حاصل شد، که در مقایسه با جنگل شاهد ۲۲/۱۴ درصد افزایش نشان داد (جدول ۵). آتش‌سوزی غلظت پتاسیم قابل جذب را افزایش داد، میزان افزایش غلظت پتاسیم قابل جذب در جنگل سوخته نسبت به جنگل شاهد ۵۳/۶۷ درصد بود (جدول ۵).

جدول ۵- اثر آتش‌سوزی و عمق خاک بر ماده آلی و نیتروژن خاک جنگل منطقه بدره

Table 5. The effect of burned and soil depth on organic and total nitrogen soil of forest Baderh area

آتش‌سوزی	ماده آلی (%)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)	نیتروژن کل (%)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)
سوخته	۳/۵۳±۰/۰۶۷^{a}	۷۱۰±۲۳/۹۲^{a}	۰/۲۰۵±۰/۰۰۴^{a}	۲۵/۷۶±۰/۷۶^{a}
شاهد	۳/۰۱±۰/۱۵۰^{b}	۴۶۲±۶۱/۲۸^{b}	۰/۱۷۴±۰/۰۰۹^{b}	۲۱/۰۹±۰/۹۹^{b}
عمق خاک (cm)				
۰-۵	۳/۴۴±۰/۱۰۰^{a}	-	۰/۲۰۰±۰/۰۰۶^{a}	-
۵-۲۰	۳/۱۰±۰/۰۴۵^{b}	-	۰/۱۷۹±۰/۰۰۳^{b}	-

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

از عوامل افزایش فسفر قابل جذب می‌توان به افزایش ماده آلی اشاره کرد، زیرا افزایش ماده آلی خاک سبب افزایش فسفر قابل جذب می‌شود (۳۰). بنابراین می‌توان گفت با توجه به افزایش کربن آلی در نتیجه آتش‌سوزی، با افزایش فسفر قابل جذب در منطقه مواجه هستیم. که با نتایج صادقی‌فر و همکاران (۳۸) مطابقت دارد. پژوهش آلوزیس و همکاران (۱) نشان داد که دو ماه پس از آتش‌سوزی مقدار فسفر قابل عصاره‌گیری با اسید آسکوربیک خاک سوخته نسبت به خاک شاهد بیشتر می‌باشد. آنان همچنین گزارش کردند که دو سال پس از آتش‌سوزی مقدار فسفر قابل عصاره‌گیری به‌طور چشم‌گیری افزایش یافته که احتمالاً به‌دلیل ظرفیت جذب فسفر زیاد ماده مادری (خاک‌های آتشفشانی) بوده است. پتاسیم یکی از عناصر ضروری خاک است که بیشترین میزان آن در کانی‌های خاک یافت می‌شود و درصورتی که از خاک شسته شود مشکل زیست‌محیطی ایجاد نمی‌کند. هرناندز و همکاران (۲۳) دریافتند که در اثر آتش‌سوزی، فراهمی عناصر غذایی از جمله پتاسیم در لایه‌ی رویین خاک افزایش می‌یابد. این افزایش فراهمی پتاسیم در عرصه سوخته نسبت به شاهد از طریق احتراق مواد آلی، سوختن گیاهان و تبدیل آن‌ها به خاکستر حاصل می‌شود. نتایج مولوی و همکاران (۳۴) همت‌بلند و همکاران (۲۲) افزایش معنی‌دار مقدار پتاسیم خاک سطحی در عرصه سوخته را نشان دادند.

کلسیم

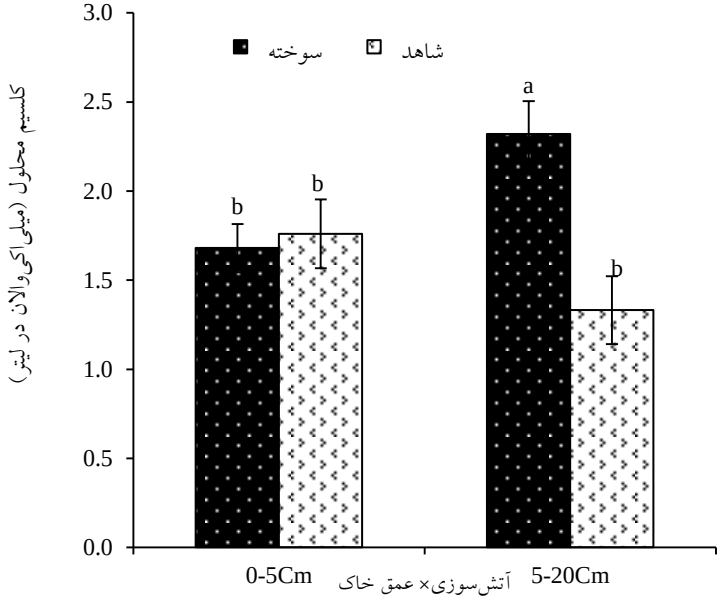
در عمق سطحی خاک (۰-۵ سانتی‌متر) آتش‌سوزی تأثیر معنی‌داری بر غلظت کلسیم خاک نداشت (شکل ۴) ولی در عمق تحتانی خاک (۵-۲۰ سانتی‌متری) آتش‌سوزی باعث افزایش غلظت کلسیم خاک به‌میزان ۳۲/۱۳ درصد در مقایسه با تیمار شاهد شد (شکل ۴).

منیزیم

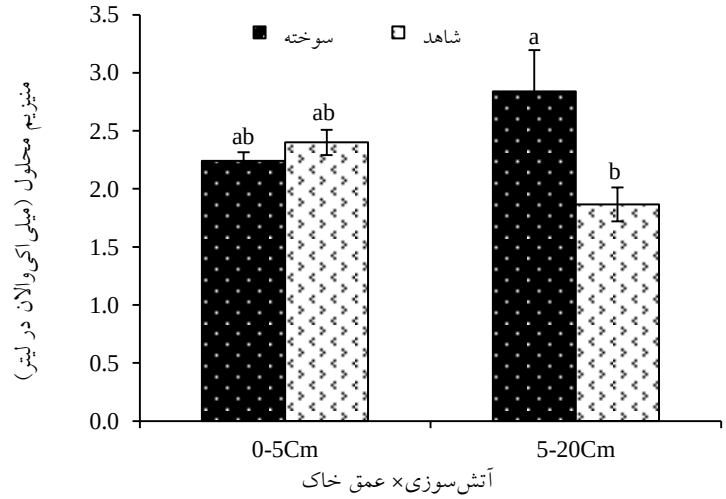
بیشترین غلظت منیزیم خاک (۲/۸۴ میلی‌اکی‌والان در لیتر) در خاک جنگل سوخته در عمق ۵-۲۰ سانتی‌متر به‌دست آمد که در مقایسه با خاک جنگل شاهد ۵۲/۱۹ درصد بیشتر بود (شکل ۵). در عمق سطحی خاک (۰-۵ سانتی‌متر) آتش‌سوزی تأثیر معنی‌داری بر غلظت منیزیم خاک نداشت (شکل ۵).

قابلیت دسترسی عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم معمولاً در اثر سوختن مواد آلی افزایش می‌یابد و میزان این افزایش تابعی از نوع عناصر غذایی، گونه درختان سوخته، خصوصیات خاک و فرآیندهای آبشویی می‌باشد (۳۱). گو و فیلیپس (۱۶) در پژوهشی در جنگل‌های Nothofagus در جنوب نیوزلند متوجه شدند که ۸۰ تا ۹۰ درصد کلسیم، منیزیم و پتاسیم از قسمت گیاه‌خاک رها می‌شود. اما مواد معدنی موجود در هوموس، پس از سوختن ممکن است آبشویی شده و به طبقه‌های زیرین خاک سرایز شود. در جایی دیگر سینگ (۴۰) گزارش کرد که میزان تجزیه سریع لاشبرگ طی آتش‌سوزی می‌تواند سبب تجزیه کمپلکس مواد آلی و آزادسازی کاتیون‌های بازی مانند کلسیم و همین‌طور منیزیم می‌شود، که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت داشت. آلوزیس و همکاران (۱) در بررسی پیامدهای آتش‌سوزی خاک‌های مناطق جنگلی آرژانتین افزایش مقدار منیزیم خاک و در مطالعه‌ای دیگر، ورما و جی‌کومار (۴۳) افزایش کلسیم محلول را در عرصه سوخته گزارش کردند.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.15.9.2]
[DOI: 10.52547/ifej.8.15.81]



شکل ۴- اثر متقابل آتش‌سوزی و عمق خاک بر غلظت کلسیم محلول در جنگل‌های منطقه بدره
Figure 4. The interaction effect of burned on calcium solution in Badreh forest



شکل ۵- اثر متقابل آتش‌سوزی و عمق بر مقدار منیزیم محلول در جنگل منطقه بدره
Figure 5. The interaction effect of burned on magnesium solution in Badreh forest

نتایج و بحث

نتایج نشان‌داد آتش‌سوزی باعث تغییرات خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک جنگل شد. آتش‌سوزی باعث افزایش مقدار شن و سیلت و کاهش مقدار رس خاک شد. همچنین نتایج حاصل از این پژوهش حاکی از اثرات مثبت آتش‌سوزی بر برخی غلظت عناصر خاک بود بدین صورت که در اثر آتش سوزی و تجزیه مواد آلی خاک، عناصر غذایی در خاک رها شده و حاصلخیزی خاک افزایش می‌یابد. در این پژوهش آتش‌سوزی منجر به تغییرات محسوسی در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شد که با مدیریت صحیح و جامع نظیر جلوگیری از وقوع آتش‌سوزی و قرق این منطقه به‌تدریج می‌توان نسبت به بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اقدام نمود، به‌دلیل اینکه با گذشت زمان پوشش گیاهی دوباره احیاء شده که خود باعث ورود بیشتر مواد آلی در خاک گشته که نتیجه آن بهبود ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی و زیستی خاک می‌باشد. در نهایت تغییر در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در اثر وقوع آتش‌سوزی بیانگر اهمیّت آن بوده و از سوی دیگر با توجه به برخی از اثرات منفی آتش‌سوزی بر خصوصیات خاک و تغییر ساختار بوم‌شناختی منطقه بایستی با آگاهی دادن به مردم و همکاری سازمان‌ها و ادارات از وقوع آتش‌سوزی در بوم‌سامانه جنگلی منطقه بدره جلوگیری نمود.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.15.9.2]
[DOI: 10.52547/ifej.8.15.81]

منابع

1. Alauzis, M., M.J. Mazzarino, E. Raffaele and L. Roselli. 2004. Wildfire in NW Patagonia: long-term effects on a Nothofagus forest soil. Forest Ecology Management, 192(1): 131-142.
2. Arocena, J.M. and C. Opio. 2003. Prescribed fire-induced changes in properties of sub-boral forest soils. Geoderma, 113: 1-16.
3. Baheri, H., M. Ghodskhah Daryaei and H. Pourbabaei. 2017. Long -term effect of fire on woody species composition and their natural regeneration in hyrcanian forests, (case study: lesakouti forest of tonekabon, mazandaran province). Ecology of Iranian Forests, 5(9): 36-47 (In Persian).
4. Banej Shafiei, A., M. Akbarinia, P. Azizi and J. Eshaghi Rad. 2010. Impacts of fire on some chemical properties of forest soil in north of Iran (Case study: Kheyroudkenar forest). Iranian Journal Forest Poplar Research, 18(3): 32-45 (In Persian).
5. Blake, G.R. and K.H. Hart-age. 1986. Bulk density. In A. Klute (ed.) methods of soil analysis. Part 1: physical and mineralogical methods, 2nd. Agronomy Monograph, 362-382.
6. Bower, C.A., R.F. Reitemeier and M. Fire-man. 1952. Exchangeable caption analysis of saline and alkali Soil. Soil Science, 73: 251-261.
7. Bronick, C.J. and R. Lal. 2005. Soil structure and management: a review. Geoderma, 124: 3-22.
8. Bouyoucos, G. J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agronomy Journal, 54: 464-465.
9. Certini, G. 2005. Effects of fire on properties of forest soils. Oecologia, 143(1): 1-10.
10. Chapman, H.D. and P.F. Pratt. 1978. Methods of analysis for soils, plants and waters. Division of Agricultural Sciences, University of California, Berkeley, USA.
11. De-Bano, L.F., D. Neary and P.F. Folliott. 2005. Soil physical properties. In D. Neary et al. (ed.) Wildland fire in ecosystems, effects of fire on soil and water. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 42(4): 250-260.
12. Duguy, B., P. Rovira and R. Vallejo. 2007. Land-use history and fire effects on soil fertility in eastern Spain. Eurpean Journal Soil Science, 58(1): 83-91.
13. Duran, J., A. Rodriguez, J.M. Fernandez-Palacios and A. Gallardo. 2008. Changes in soil N and P availability in a *Pinus canariensis* fire chronosequence. Forest Ecology Management, 256(3): 384-387.
14. Emadodin, I., S. Reiss and R. Bork. 2009. A study of the relationship between land management and soil aggregate stability (case study near Albersdorf, Northern-Germany). Journal of Agricultural Biology Science, 4: 48-53.
15. Fisher, R.F. and D. Binkley. 2000. Ecology and management of forest soils. 3nd. Wiley, New York.
16. Goh, K.M. and M.J. Phillips. 1991. Effects of clear fell logging and burning of a Nothofagus forest on soil nutrient dynamics in South Island, New Zealand-changes in forest floor organic matter and nutrient status. New Zealand Journal Botany, 29: 367-384.
17. Gonzalez-Perez, J.A., F.J. Gonzalez-Vila and G. Almendros. 2004. The effect of fire on soil organic matter a review. Environmental International, 30: 855-870.
18. Granged, A.J.P., L.M. Zavala, J. Antonio and G. Bárcenas-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.
19. Hamman, S.T., I.C. Burke and E.E. Knapp. 2008. Soil nutrients and microbial activity after early and late season prescribed burns in a Sierra Nevada mixed conifer forest. Forest Ecology Management, 256: 367-374.
20. Hatten, J., D. Zabowski, G. Scherer and E. Dolan. 2005. A comparison of soil properties after contemporary wildfire and fire suppression. Forest Ecology Management, 220: 227-241.
21. Heidary, J. and S. Ghorbani Dashtaki. 2013. The effect of fire on soil quality in semi-steppe rangelands of Karsanak, Chaharmahal and Bakhtiari. Journal of Water and Soil Constent, 202 (In Persian).
22. Hemmatboland, M., M. Akbarinia and A. Banej Shafiei. 2010. The effect of fire on some soil chemical properties of oak forests in Marivan region. Iranian Journal Forest Poplar Research, 18(2): 32-43 (In Persian).
23. Hernández, T., C. Garcia and I. Reinhardt. 1997. Short-term effect of wild fire on the chemical, biochemical and microbiological properties of Mediterranean pine forest soils. Biology Fertilizer Soil, 25: 109-116.
24. Hubbert, K.R., H.K. Preisler, P.M. Wohlgemuth, R.G. Graham 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.
25. Iglesias, T., V. Cala and J. Gonzalez. 1997. Mineralogical and chemical modifications in soils affected by a forest fire in the Mediterranean area. Science Total Environmental, 204: 89-96.
26. Johnson, D.L. and P.S. Curtis. 2001. Effects of forest management on soil C and N storage: Meta-analysis. Forest Ecology Management, 140: 227-238.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.15.9.2]
[DOI: 10.52547/ifej.8.15.81]

27. Jordan, A., L.M. Zavala, J. Mataix-Solera, A.L. Nava and N. Alanís. 2011. Effect of fire severity on water repellency and aggregate stability on Mexican volcanic soils. Catena, 84: 136-147.
28. Keesstra, S.D., J. Maroulis, E. Argaman, A. Voogt and L. Wittenberg. 2014. Effects of controlled fire on hydrology and erosion under simulated rainfall. Cuadernos de Investigación Geográfica, 40: 269-293.
29. Ketterings, Q.M., J.M. Bigham and V. Laperche. 2000. Change in soil mineralogy and Texture caused by slash and burn fires in Sumatra, Indonesia, Soil Science American Journal, 64: 1108-1117.
30. Ketterings, Q.M., M.V. Noordwijk and J.M. Bigham. 2002. Soil phosphorus availability after slash and burn fires of different inrubber agroforests in Sumatra, Indonesia. Agricultural Ecosystem Environmental, 92: 37-48.
31. Kutiel, P. and A. Shaviv. 1992. Effects of soil type, plant composition and leaching on soil nutrients following a simulated forest fire. Forest Ecology Management, 53: 329-343.
32. Levy, G.J., A.I. Mamedov and D. Goldstein. 2003. Sodicity and water quality effects on slaking of aggregates from semi-arid soils. Soil Science, 168: 552-562.
33. Miesel, J.R., P.C. Goebel R.G. Corace, D.M. Hix, R. Kolka, B. Palikand D. Mladenoff. 2012. Fire Effects on soils in Lake States Forests: A compilation of published research to facilitate long-term investigations. Forests, 3: 1034-1070.
34. Molavi, R., M. Baghernezhad and A. Adhami. 2009. Fires and burning of agricultural waste on changes in clay minerals and some physic-chemical characteristics of soil. Journal of Science Technology Agricultural Nature Research Water Soil Science, 49: 99-110 (In Persian).
35. Oswald, B.P., D. Davenport and L.F. Neuenschwander. 1999. Effects of lash pile burning on the physical and chemical soil properties of Vassar soils. Journal of Sustainable Forest, 8: 75-86.
36. Page. A.L., R.H. Miller and D.R. Jeeney. 1992. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and mineralogical properties. SSSA Pub., Madison.
37. Pyne, S.J. 2001. A Brief History, Weyerhauser Environmental Books. Cycle of fire series. Seattle, USA. University of Washington Press.
38. Sadeghifar, M., A. Beheshti Ale Agha and M. Pourreza. 2016. Variability of soil nutrients and aggregate stability in different times after fire in zagros forests (case study: paveh forests). Ecology of Iranian Forests, 4(8): 19-27 (In Persian).
39. Scharenbroch, B.C., B. Nix, K.A. Jacbs and M.L. Bowles. 2012. Two decades of low-severity prescribed fire increases soil nutrient availability in a Midwestern, USA oak (Quercus) forest. Geoderma, 183: 80-91.
40. Singh, S. 1956. The formation of dark colored clay organic complexes in black soils. Journal soil Science, 7(1): 43-58.
41. Soltani, A. 2007. Application of SAS in statistical analysis. Jehad Daneshgahi Mashhad press, Iran. (In Persian).
42. Varela, M.E., E. Benito and J.J. Keizer. 2010. Effects of wildfire and laboratory heating on soil aggregate stability of pine forests in Galicia: The role of lithology, soil organic matter content and water repellency. Catena, 83: 127-134.
43. Verma, S. and S. Jaykumar. 2012. Impact of forest on physical, Chemical and biological properties of soil. IAEES, 2: 168-176.
44. Ulery, A.L. and R.C. Graham. 1993. Forest fire effects on soil color and texture. Soil Science Society American Journal, 57: 135-140.
45. USDA. 2005. Wild land fire in ecosystems: Effects of fire on soil and water. America, 262 pp.
46. Xue, L., Q. Li and H. Chen. 2014. Effects of a wildfire on selected physical, chemical and biochemical soil properties in a *Pinus massoniana* forest in south China. Forests, 5(12): 2947-2966.
47. Yildiz, D., D. Esen, M. Sarginic and B. Topark. 2010. Effects of forest fire on soil nutrients in Turkish pine (*Pinus brutia* Ten) Ecosystems. Journal of Environmental Biology, 31: 11-13.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.15.9.2]
[DOI: 10.52547/ifej.8.15.81]

Fire Impacts on Soil Physical and Chemical Properties of Oak Forest in Badreh Region- Ilam Province

Masoud Bazgir[1], Zeinab Riahi[2], Fatameh Valizadeh Kakhaki[3] and Mahmoud Rostaminia[3]

1- Assistant Professor, Department of Water and Soil Engineering, Faculty of Agriculture, Ilam University (Corresponding author: m.bazgir@ilam.ac.ir)
2- Graduate Master, Department of Water and Soil Engineering, Faculty of Agriculture, Ilam University
3- Assistant Professor, Department of Water and Soil Engineering, Faculty of Agriculture, Ilam University
Received: January 21, 2019 Accepted: May 15, 2019

Abstract

Fire is a big threat to natural resources in the world and is an important factor in changing the physical and chemical characteristics of the soil. The purpose of this study was to investigate the effect of fire on the physical and chemical properties of the soil in oak forest of Badreh located in 70 km of Ilam province and to compare it with unburnt (control) areas. Soil sampling carried out in two topsoil (0-5cm) and subsoil (5-20cm) depths. Five plots in 50×50m dimension designed in burnt and unburnt forests and in each plot 5 soil samples were collected randomly from topsoil and subsoil and were transferred to the laboratory to soil physical and chemical analyses. According to the results fire increased the amount of sand and silt by 15.56%, 15.18% respectively, compared with unburnt forest. But, the percentage of clay decreased under burn condition. Fire declined aggregate stability in soil 0-5 and 5-20cm depths by 10.61 and 17.81 respectively. The most CEC content (20.98 cmol/kg) and the least one (16.56 cmol/kg) was observed in unburnt forest comparison with burnt forest respectively. Burned increased soil organic carbon but by increasing soil depth decreased it. In the study area, fire affected significantly K and P available in forest soil. To sum up, fire changed soil physical and chemical properties of oak forest in Badreh region in Ilam Province as well as this phenomenon increased essential nutrient elements resulting from soil fertility improvement in the study area.

Keywords: Fire, Soil Properties, Aggregate Stability, Nutrient Elements, Ilam

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.15.9.2]
[DOI: 10.52547/ifej.8.15.81]