دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

تغییرپذیری عناصر غذایی خاک و پایداری خاکدانه در زمان‌های مختلف پس از آتش‌سوزی در جنگل‌های زاگرس (مطالعه موردی: جنگل‌های پاوه)

مصطفی صادقی‌فر[۱]، علی بهشتی آل‌آقا[۲] و مرتضی پوررضا[۳]

۱- دانش آموخته علوم و مهندسی خاک، دانشگاه رازی
۲- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه رازی، (نویسنده مسوول: Beheshti1969@yahoo.com)
۳- استادیار گروه جنگلداری، دانشگاه رازی

تاریخ دریافت:۹۶/۴/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۰/۲۳

چکیده

تغییرات عناصر غذایی و رطوبت خاک و همچنین پایداری خاکدانه‌ها چه در کوتاه‌مدت چه در بلندمدت پس از آتش‌سوزی به دلیل نقش مهمی که در رشد و تغذیه گیاه و جلوگیری از فرسایش خاک دارند از اهمیت بالایی برخوردار است. در این پژوهش برای اولین بار در ایران اثرات آتش‌سوزی در کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت روی این ویژگی‌ها بررسی شد. در این راستا بخشی از جنگل‌های زاگرس که دارای سه جایگاه با زمان‌های مختلف آتش‌سوزی یک، سه و ده سال پس از آتش‌سوزی بود، انتخاب شد. برخی ویژگی‌های خاک شامل آبگریزی خاک و پایداری خاکدانه‌ها و غلظت عناصر غذایی پتاسیم، سدیم، کلسیم، فسفر، نیتروژن کل و ماده آلی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که یک و سه سال پس از آتش‌سوزی آبگریزی خاک به طور معناداری افزایش یافت. پایداری خاکدانه‌ها یک سال پس از آتش‌سوزی افزایش یافت و این افزایش در تیمار سه سال پس از آتش‌سوزی نیز مشاهده شد. ماده آلی، نیتروژن، پتاسیم و سدیم در تمامی دوره مطالعه کاهش معنادار در مقایسه با شاهد نشان دادند. تغییری در بافت خاک مشاهده نشد ولی pH و EC خاک در سال اول پس از آتش سوزی افزایش معنی‌داری نشان دادند. فسفر خاک یک و سه سال پس از آتش‌سوزی افزایش یافت اما ده سال پس از آتش‌سوزی کاهش یافت و به سطح قبل از آتش‌سوزی بازگشت. کلسیم خاک یک، سه و ده سال پس از آتش‌سوزی نسبت به شاهد تغییر معناداری نداشت. یافته‌های این پژوهش حاکی از آن است با توجه به افزایش ویژگی آبگریزی خاک و در نتیجه افزایش آبشویی، عناصر خاک وابسته به زمان پس از آتش‌سوزی کاهش یافته و حاصلخیزی خاک را در بلندمدت تحت تأثیر قرار می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: آبگریزی، آتش‌سوزی، پایداری خاکدانه‌ها، جنگل‌های زاگرس، عناصر غذایی خاک

مقدمه

آتش‌سوزی باعث تغییر رژیم عناصر غذایی، بوم سازگان‌ها، ترکیب گونه‌ها، رشد گیاهان و موجودات زنده خاک می‌شود و تغییرات ایجاد شده در خاک در اثر آتش‌سوزی به دلیل تخریب ساختار خاک، هدر رفت ماده آلی بومی خاک و کاهش عناصر معدنی خاک می‌باشد (۲۱،۳۴). 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 (۱۳). مقدار این هدررفت بستگی به شدت آتش‌سوزی دارد. در آتش‌سوزی‌های با شدت متوسط و بالا، تخریب پوشش‌گیاهی 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 (۴۱،۲۲).

در مورد تغییر مقدار عناصر غذایی در خاک پس از آتش‌سوزی، بیشتر مطالعات روی اثرات کوتاه‌مدت آتش‌سوزی تمرکز کرده‌اند و مطالعات کمی درباره اثرات بلندمدت آتش‌سوزی روی موجودیت عناصر غذایی در بوم‌سازگان‌ها جنگلی وجود دارد (۳۱). بنابراین به نظر می‌رسد پژوهش‌هایی فراتر از اثرات فوری آتش‌سوزی برای فهم اینکه آتش‌سوزی تا چه حد باعث کاهش موجودیت عناصر غذایی خاک در سال‌های پس از آتش‌سوزی می‌شود نیاز است. معمول‌ترین کاتیون‌هایی که معمولاً پس از وقوع آتش سوزی، تحت تأثیر آتش‌سوزی قرار می‌گیرند شامل کلسیم، منیزیم، پتاسیم و سدیم می‌باشد (۱۰،۲). افزایش در شکل‌های در دسترس کلسیم، منیزیم، پتاسیم و سدیم پس از آتش‌سوزی در بسیاری از مطالعات توسط پژوهشگران مشاهده شده است که این گرایش بیشتر در ارتباط با آتش‌سوزی‌های شدید می‌باشد (۳۰). در برخی از مطالعات نیز همچون آلوزیز و همکاران در مناطق نیمه خشک آرژانتین (۱) و فولتز و همکاران (۱۶) در مناطق نیمه خشک تکزاز بدون تغییرات یا حتی کاهش در غلظت این عناصر پس از آتش سوزی گزارش شده است. پس از آتش‌سوزی تخریب پوشش‌گیاهی و ماده آلی می‌تواند با تشکیل مواد آبگریز و افزایش روان‌آب باعث کاهش غلظت عناصر غذایی به میزان چشمگیر شود (۲۱،۴). از این‌رو بررسی تغییرات این عناصر مهم در بلندمدت در بوم‌سازگان‌ها مختلف پس از آتش‌سوزی بسیار ضروری به نظر می‌رسد.

بنابراین علاوه بر اهمیت فراوان تغییرات عناصر خاک پس از آتش‌سوزی، بررسی اثرات آتش‌سوزی بر ویژگی‌های آبگریزی خاک و پایداری خاکدانه‌ها به دلیل نقش مهمی که در نفوذپذیری و امکان کاهش عناصر غذایی توسط فرسایش خاک دارند قابل توجه می‌باشد (۲۲). افزایش روان‌آب و به

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1395.4.8.7.8]

دنبال آن افزایش فرسایش ناشی از آبگریزی خاک به سرعت باعث از دست رفتن و شسته شدن ذرات خاک و عناصر غذایی باقی مانده ماده آلی از خاک می‌شود (۳۷). آبگریزی خاک از جمله ویژگی بعضی از خاک‌ها می‌باشد که باعث کاهش نفوذ آب در خاک می‌شود (۴۱) و نفوذپذیری خاک را از چند ثانیه تا چند ساعت و یا چندین ماه کاهش می‌دهد (۱۲). زمانی که سرعت نفوذپذیری کاهش یابد شرایط برای ایجاد روان‌آب افزایش می‌یابد در نتیجه نرخ فرسایش خاک افزایش می‌یابد (۲۰). از مهم‌ترین دلایل افزایش این پدیده، آبشویی تدریجی عناصر غذایی از خاک و کاهش حاصلخیزی خاک می‌باشد (۲۴). بسته به فاکتورهایی چون دمای خاک در طول آتش‌سوزی، مدت زمان آتش‌سوزی و خواص خاک (ساختمان یا ماده آلی) پس از آتش‌سوزی، آبگریزی خاک ممکن است افزایش یابد (۲۰)، یا در کوتاه‌مدت یا در بلندمدت (۳۲) بدون تغییر باقی بماند.

پایداری خاکدانه‌ها از مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده فرآیندهای هیدرولوژیکی، موجودیت آب در خاک و خطر فرسایش خاک می‌باشد. پایداری خاکدانه‌ها از آرایش منظم منافذ خاک و پیوندهای درونی خاک منشأ می‌گیرد که نتیجه اثرات متقابل ذرات معدنی و آلی در خاک می‌باشد (۲۰،۳). پایداری خاکدانه‌ها ممکن است در اثر عوامل مختلف همچون تغییرات در غلظت عوامل سیمانی‌کننده (رس، ماده آلی، کربنات‌کلسیم و اکسیدهای آهن و آلومینیوم) دچار تغییرات مثبت و منفی شود (۲۶). تخریب خاکدانه‌ها توسط آتش‌سوزی به‌عنوان نتیجه منفی افزایش فرسایش خاک پس از آتش‌سوزی گزارش شده است اما پاسخ پیچیده خاکدانه‌ها به آتش‌سوزی توسط بسیاری از پژوهشگران گزارش شده است (۲۶). گزارش‌هایی در مورد افزایش یا کاهش پایداری خاکدانه‌ها در کوتاه‌مدت پس از آتش‌سوزی چه در شرایط آزمایشگاهی ارائه شده است (۱۷). اگرچه در برخی پژوهش‌ها تغییرات معناداری در پایداری خاکدانه‌ها پس از آتش‌سوزی مشاهده نشده است (۲۶).

در بررسی و مدلسازی تخریب جنگلهای زاگرس به آتش‌سوزی کمتر توجه شده است (۲۵،۲۸) و این در حالیست که آتش‌سوزی در سالهای اخیر یکی از مهم‌ترین عوامل تخریب‌کننده و تاثیرگذار بر بوم‌سازگان جنگل‌های زاگرس بوده است (۳۴،۳۵). گرچه تاکنون در جنگل‌های زاگرس چندین پژوهش در مورد اثر آتش‌سوزی بر ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک انجام شده است (۶،۳۴)، این پژوهش، برای اولین بار تغییرات برخی عناصر غذایی خاک، پایداری خاکدانه‌ها، آبگریزی خاک و ماده آلی در کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت پس از آتش‌سوزی در جنگل‌های شاخه‌زاد بلوط ایرانی زاگرس در غرب ایران را مورد بررسی قرار داد.

مهم‌ترین هدف‌های این بررسی پاسخ به سؤالات زیر است: ۱- آتش‌سوزی در کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت چه تأثیری بر آبگریزی و پایداری خاکدانه‌ها دارد؟ ۲- تغییر روند عناصر غذایی و ماده آلی خاک در سال‌های پس از آتش‌سوزی چگونه است؟

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از جنگل‌های زاگرس در استان کرمانشاه، شهرستان پاوه با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۲ دقیقه و ۱۶ ثانیه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۰۴ دقیقه و ۱۱ ثانیه و ارتفاع ازسطح دریا ۱۵۶۰ متر می‌باشد. اقلیم منطقه مورد مطالعه مدیترانه‌ای با زمستان‌های سرد و پر باران و تابستان‌های گرم و خشک می‌باشد. میانگین سالانه بارندگی ۶۷۴ میلی‌متر و میانگین سالانه دما ۱۲/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. مهم‌ترین گونه درختی این منطقه بلوط ایرانی می‌باشد که به فرم شاخه‌زاد دیده می‌شوند.

روش نمونه‌برداری

به‌منظور بررسی اثر آتش بر تغییرات عناصر غذایی و ماده آلی خاک، پایداری خاکدانه‌ها وآبگریزی خاک در این منطقه سه جایگاه با زمان‌های مختلف پس از آتش‌سوزی شامل یک، سه و ده سال انتخاب شد. در نزدیکترین همسایگی هر تیمار سوخته شده، قطعات نسوخته شاهدی در نظر گرفته شد و هر منطقه با شاهد خود مورد مقایسه قرار گرفت. بر اساس مطالعات پیشین این زمان‌ها در سه دسته کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت قرار می‌گیرند (۲۹). این سه جایگاه (تیمارهای آتش‌سوزی) طوری انتخاب شد که فواصل آن‌ها کمتر از یک کیلومتر بود و تا حد امکان دارای شرایط اکولوژیک، پوشش‌گیاهی و توپوگرافی مشابهی بودند. برای بررسی ویژگی‌های خاک در هر جایگاه چهار نمونه ترکیبی خاک تحت تیمار زمان آتش‌سوزی و چهار نمونه ترکیبی نیز به عنوان شاهد (خاک نسوخته) از عمق صفر تا بیست سانتی‌متری خاک تهیه و برداشت شد. نمونه‌برداری در هر سه منطقه به صورت انتخابی از شدت آتش‌سوزی متوسط انجام شد.

اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی

پس از نمونه‌برداری و در آزمایشگاه، برای تعیین میزان پایداری خاکدانه‌ها از روش الک‌تر استفاده شد (۴۰). بدین منظور در مرحله نخست۵۰ گرم خاک هوا خشک‌شده را از الک هشت میلی‌متری عبور داده و سپس خاک مذکور را بر روی یک سری الک با اندازه‌های ۰/۲۵، ۰/۵، ۱/۰، ۲/۰ و ۴/۰ میلی‌متر ریخته و عملیات الک‌کردن در درون آب صورت گرفت. برای جلوگیری از تخریب خاکدانه‌ها ابتدا بر روی خاک مقداری آب اسپری شد. آبگریزی خاک با استفاده از روش زمان نفوذ قطره آب (water drop penetration time) مورد بررسی قرار داده شد (۱۹). در هر نمونه خاک، با استفاده از میکروپیپت پنج قطره آب روی سطح خاک قرار داده شد و زمان کامل شدن نفوذ قطره‌های آب به درون خاک کنترل شد. اگر زمان نفوذ قطره‌های آب به درون خاک کمتر از پنج ثانیه طول بکشد، خاک به عنوان غیر آبگریز طبقه‌بندی می‌شود. بر طبق روش طبقه‌بندی بیسدوم و همکاران (۷) برای خاک‌ها پنج نوع طبقه‌بندی از نظر آبگریزی شامل: ۱- (WDPT ≤5s) خاک غیر آبگریز، ۲- (5–60s) خاک نسبتا آبگریز، ۳- (60–600s) خاک به طور قوی آبگریز، ۴- (600–3600s) خاک شدیدا آبگریز و ۵- (>3600s) خاک

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1395.4.8.7.8]

بی نهایت آبگریز وجود دارد. پتاسیم قابل جذب خاک با افزودن ۱۰۰ میلی‌لیتر استات آمونیوم یک نرمال به پنج گرم خاک و تکان دادن (shaking) به مدت نیم‌ساعت، در عصاره صاف شده توسط دستگاه فلیم‌فتومتر تعیین و بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شد (۳۳). میزان سدیم (Na^+) با تهیه محلول‌های استاندارد و با استفاده از فلیم‌فتومتر تعیین شد (۳۳). کلسیم محلول خاک توسط روش توصیف شده سوارز (۳۶) اندازه‌گیری شد. ماده آلی خاک (OC) به روش والکی و بلاک (۳۸) اندازه‌گیری شد. فسفر خاک به روش واتانابه و اولسن (۳۹) تعیین گردید. نیتروژن خاک نیز با روش کجلدال اندازه‌گیری شد (۹). بافت خاک به روش هیدرومتری اندازه گیری شد. هدایت الکتریکی (EC) و pH خاک با استفاده از آب مقطر (به ترتیب با نسبت خاک به آب ۱:۵ و ۱:۲/۵) اندازه گیری شد (۲۷).

تجزیه و تحلیل آماری

تمامی آزمایشات در آزمایشگاه در دو تکرار انجام شد. پس از اندازه‌گیری غلظت عناصر غذایی موجود و خواص فیزیکی مورد نظر برای هر جایگاه، داده‌های مربوط به تیمار با توجه به شاهد آنها تحلیل قرار گرفتند. تجزیه و نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس به ترتیب با استفاده از آزمون‌های شاپیرو–ویلک (Shapiro-Wilk) و لون (Levene's test) مورد بررسی قرار گرفت. همچنین برای بررسی روند تغییرات ویژگی‌های اندازه‌گیری شده، اختلاف مقدار هر ویژگی در تیمار زمان آتش‌سوزی با شاهد آن محاسبه شد. سپس مقایسه‌ها توسط آزمون t مستقل انجام شد. تجزیه‌های آماری با بکارگیری نرم افزار IBM SPSS v. 22 انجام شد.

نتایج و بحث

عناصر غذایی و ماده آلی

پتاسیم اندازه‌گیری شده در تیمار یک سال پس از آتش‌سوزی با مقدار ۳۱۰/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم در مقایسه با نمونه‌های شاهد آن با مقدار ۳۵۲/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم کاهش معناداری ($P<0.01$) نشان داد. پتاسیم خاک سه سال پس از آتش‌سوزی با مقدار ۳۳۷/۰۶ میلی‌گرم در کیلوگرم کاهش معناداری ($P<0.01$) نسبت به نمونه‌های شاهد با مقدار ۳۷۶/۷۴ میلی‌گرم در کیلوگرم نشان داد. ده سال پس از آتش‌سوزی نیز محتوای پتاسیم خاک با مقدار ۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم همچنان کاهش معناداری ($P<0.01$) را با نمونه‌های شاهد مربوطه با مقدار ۳۶۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک نشان داد (جدول ۱).

مقدار سدیم در خاک‌های با تیمار یک سال پس از آتش‌سوزی ۰/۱۱۹ میلی‌اکی‌والان در لیتر بود که نسبت به تیمار شاهد آن با مقدار ۰/۱۴۵ میلی‌اکی‌والان در لیتر کاهش معناداری ($P<0.01$) نشان داد. در تیمار سه سال پس از آتش‌سوزی نیز محتوای سدیم خاک با مقدار ۰/۰۹۰ میلی‌اکی‌والان در لیتر کاهش معناداری ($P<0.01$) نسبت به نمونه‌های شاهد مربوطه با مقدار ۰/۱۱۹ میلی‌اکی‌والان در لیتر نشان داد. همچنین ده سال بعد از آتش‌سوزی نیز محتوای سدیم خاک با مقدار ۰/۱۰ میلی‌اکی‌والان در لیتر همچنان کاهش معناداری ($P<0.05$) نسبت به نمونه‌های شاهد مربوطه با مقدار ۰/۱۴۲ میلی‌اکی‌والان در لیتر نشان داد (جدول ۱).

فسفر خاک یک و سه سال پس از آتش‌سوزی به طور معناداری با مقادیر به ترتیب ۸۲ و ۵۹/۶۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم در مقایسه با نمونه‌های شاهد با مقادیر به ترتیب ۴۴/۶۶ و۴۳/۳۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم افزایش نشان داد اما ده سال پس از آتش‌سوزی با مقدار ۴۲/۶۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم در مقایسه با شاهد با مقدار۴۱/۶۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم تفاوت معناداری نشان نداد (جدول ۱).

کلسیم خاک یک، سه و ده سال پس از آتش‌سوزی با مقادیر به ترتیب ۱/۱،۱/۴۰ و ۱/۳۰ میلی‌اکی‌والان بر لیتر در مقایسه با شاهد با مقادیر به ترتیب ۱/۴۰، ۱/۲۰ و ۱/۸۰ میلی‌اکی‌والان بر لیتر تغییر معناداری نشان نداد (جدول ۱).

آبگریزی خاک در تیمار یک سال پس از آتش‌سوزی به طور معناداری ($P<0.01$) افزایش نشان داد. به طوری که میانگین زمان نفوذ قطره آب در تیمارهای آتش‌سوزی ۷۷/۷۵ ثانیه و میانگین زمان نفوذ قطره آب در تیمارهای شاهد آن ۱/۵ ثانیه بود. آبگریزی در خاک تیمار سه سال پس از آتش‌سوزی نیز با مقدار ۲۹/۹۲ ثانیه در مقایسه با تیمار شاهد با مقدار ۲/۲۵ ثانیه همچنان آبگریزی را به طور معناداری ($P<0.01$) نشان داد اما در مقایسه با یک سال پس از آتش‌سوزی از افزایش کمتری برخوردار بود. ده سال پس از آتش‌سوزی آبگریزی خاک تفاوت معناداری را با نمونه‌های شاهد مربوط نشان نداد. میانگین زمان نفوذ قطره آب در خاک‌های با تیمار ده سال پس از آتش‌سوزی، ۱/۷۵ ثانیه و در نمونه‌های شاهد ۲/۱۲ ثانیه بود (جدول ۱).

پایداری خاکدانه‌ها در تیمار یک سال پس از آتش‌سوزی با مقدار ۱/۷۱ میلی‌متر افزایش معناداری ($P<0.01$) نسبت به شاهد مربوطه با مقدار ۱/۴۷میلی‌متر نشان داد. اثرات آتش‌سوزی روی این شاخص محدود به یک سال پس از آتش‌سوزی نبود و در تیمار سه سال بعد از آتش‌سوزی نیز مشاهده شد. به طوری که مقدار آن در تیمار سه سال پس از آتش‌سوزی با میانگین ۱/۸۴ میلی‌متر نسبت به نمونه‌های شاهد با مقدار ۱/۳۵ میلی‌متر افزایش معناداری ($P<0.01$) داشت. اما ده سال پس از آتش‌سوزی پایداری خاکدانه‌ها با مقدار ۱/۴۵ میلی‌متر تفاوت معناداری با نمونه‌های شاهد مربوطه با میانگین ۱/۴۱میلی‌متر نشان نداد (جدول ۱).

محتوای ماده آلی خاک در تیمار یک سال پس از آتش‌سوزی با مقدار ۱۱/۷۰ درصد در مقایسه با تیمار شاهد آن با مقدار ۱۶/۰۹ درصد کاهش معناداری ($P<0.01$) نشان داد. به طور مشابه در تیمارهای سه و ده سال پس از آتش‌سوزی نیز ماده آلی خاک با مقدار ۱۱/۴۴ و ۱۰/۵۵ درصد در مقایسه با شاهد آن‌ها به ترتیب با مقادیر ۱۴/۷۶ درصد و ۱۴/۹۰ درصد به طور معناداری ($P<0.01$) کاهش نشان داد (جدول ۱).

نیتروژن خاک در تمام تیمارهای مورد مطالعه نسبت به شاهد کاهش یافته بود. به طوری که در تیمارهای یک سال پس از آتش‌سوزی با مقدار ۰/۵۷۵ درصد کاهش معناداری

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1395.4.8.7.8]

(P<0.01) نسبت به نمونه‌های شاهد آن با مقدار ۰/۷۸۲ درصد نشان داد. همچنین در تیمار سه و ده سال پس از آتش‌سوزی نیز محتوای نیتروژن خاک با مقادیر ۰/۵۶۵ و ۰/۵۱۷ درصد در مقایسه با نمونه‌های شاهد آن‌ها به ترتیب با مقادیر به ترتیب ۰/۷۲۱ و ۰/۷۲۸ درصد کاهش معناداری (P<0.01) نشان داد (جدول ۱).

جدول ۱- متغیرهای فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شده در تیمارها (میانگین± خطای معیار)

Table 1. Soil physical and chemical variables measured in treatments (mean ± SE)

متغیرفیزیکی- شیمیایی	یک سال پس از آتش‌سوزی		۳ سال پس از آتش‌سوزی		۱۰ سال پس از آتش‌سوزی	
	سوخته	شاهد	سوخته	شاهد	سوخته	شاهد
ماده آلی (درصد)	۱۱/۷۰+۰/۱۱**	۱۶/۰۹+۰/۲۳	۱۱/۴۴+۰/۱۳**	۱۴/۷۶+۰/۱۲	۱۰/۵۵+۰/۱۵**	۱۴/۹۰+۰/۰۹
نیتروژن کل (درصد)	۰/۵۷۵+۰/۰۰**	۰/۷۸۲+۰/۰۰	۰/۵۶۵+۰/۰۰**	۰/۷۲۱+۰/۰۰	۰/۵۱۷+۰/۰۰**	۰/۷۲۸+۰/۰۰
فسفر (میلی‌گرم/کیلوگرم)	۸۲+۴/۰۴**	۴۴/۶۶+۱/۴۵	۵۹/۶۶+۴/۶۳**	۴۳/۳۳+۳/۸۴	۴۲/۶۶+۲/۰۲^{ns}	۴۱/۶۶+۲/۰۲
پتاسیم (میلی‌گرم/کیلوگرم)	۳۱۰/۱+۷/۰۴**	۳۵۲/۴+۴/۹۰	۳۳۷/۰۶+۶/۷۷**	۳۷۶/۷۴+۸/۴۵	۲۵۰+۶/۷۷**	۳۶۰/۱+۸/۶۱
سدیم (میلی‌اکی‌والان/لیتر)	۰/۱۱۹+۰/۰۰**	۰/۱۴۵+۰/۰۰	۰/۰۹۰+۰/۰۰**	۰/۱۱۹+۰/۰۰	۰/۱۰+۰/۰۰*	۰/۱۴۲+۰/۰۰
کلسیم (میلی‌اکی‌والان/لیتر)	۱/۴۰+۰/۲۵^{ns}	۱/۴۰+۰/۱۱	۱/۱۰+۰/۱۰^{ns}	۱/۲۰+۰/۲۸	۱/۳۰+۰/۳۷^{ns}	۱/۸۰+۰/۱۱
پایداری خاکدانه‌ها (میلی‌متر)	۱/۷۱+۰/۰۱**	۱/۴۷+۰/۰۱	۱/۸۴+۰/۰۱**	۱/۳۵+۰/۰۰	۱/۴۵+۰/۰۲^{ns}	۱/۴۱+۰/۰۰
آبگریزی خاک (ثانیه)	۷۷/۷۵+۳/۱۷**	۱/۵+۰/۲۰	۲۹/۹۲+۲/۳۸**	۲/۲۵+۰/۳۲	۱/۷۵+۰/۳۲^{ns}	۲/۱۲+۰/۳۱
هدایت الکتریکی (EC)	۰/۲۳±۰/۰۱*	۰/۱۶±۰/۰۰	۰/۱۵±۰/۰۱*	۰/۱۸±۰/۰۱	۰/۱۱±۰/۰۱ ^{ns}	۰/۱۸±۰/۰۰
pH	۷/۲۹±۰/۰*	۶/۹۲±۰/۰	۷/۱۶±۰/۰^{ns}	۷/۱۸±۰/۰	۶/۵۷±۰/۰^{ns}	۶/۶۱±۰/۰
بافت خاک	لومی	لومی	لومی	لومی	لومی	لومی

ns ، *و ** به ترتیب نشان‌دهنده غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد است.

تغییرات مربوط به pH خاک نیز نشان داد که یک سال پس از آتش سوزی با مقدار ۷/۲۹ به طور معنی‌داری نسبت به شاهد آن با مقدار ۶/۹۲ افزایش یافته اما در تیمارهای سه و ده سال پس از آتش سوزی pH خاک به ترتیب با مقادیر ۷/۱۶ و ۶/۵۷ اختلاف معنی‌داری با شاهد آنها به ترتیب با مقادیر ۷/۱۸ و ۶/۶۱ نشان نداد (جدول ۱). گرچه افزایش pH خاک یک سال پس از آتش سوزی ناچیز (۰/۶۳) بود ولی معنی‌دار شدن این تغییر نشان‌دهنده آزاد شدن کاتیون‌ها به خاک طی فرایند سوختن می‌باشد (۲۹،۳۴). همچنین به نظر می‌رسد که افزایش هدایت الکتریکی خاک یک و سه سال بعد از آتش‌سوزی نیز به دلیل افزایش نمک‌های محلول در خاک باشد که در اثر سوختن ماده آلی آزاد می‌شوند (۲۶). اما کاهش معنی‌دار هدایت الکتریکی ده سال پس از آتش‌سوزی در مقایسه با شاهد می‌تواند در نتیجه فرآیندهای آبشویی باشد که باعث کاهش غلظت نمک‌ها شده است. همچنین مشاهده شد که تغییر معنی‌داری در بافت خاک ایجاد نشده است. با توجه به اینکه تغییر در بافت خاک نیاز به دماهای بالا دارد و معمولا در آتش‌سوزی‌های با شدت بالا صورت می‌گیرد (۳۰،۳۴) به نظر می‌رسد که دما در حدی بالا نبوده است تا بافت خاک را تحت تاثیر قرار دهد.

تغییرات روند ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

مقایسه تغییرات ویژگی‌های مورد بررسی

مقایسه روند تغییرات ماده آلی خاک نشان داد که مقدار کاهش ماده آلی خاک در یک سال پس از آتش‌سوزی ۴/۳۹- درصد بوده که این کاهش در تیمار سه سال پس از آتش‌سوزی کمتر شده و به مقدار ۳/۳۱- رسیده ولی باز هم در تیمار ده سال پس از آتش‌سوزی مقدار کاهش ماده آلی بیشتر شده و به ۴/۳۵- درصد رسیده است (شکل ۱. A). روند تغییرات نیتروژن خاک نیز مشابه ماده آلی خاک بوده به طوری که در تیمار یک سال پس از آتش‌سوزی مقدار کاهش ۰/۲۰۷- درصد، در تیمار سه سال پس از آتش‌سوزی ۰/۱۵۶- درصد و در تیمار ده سال پس از آتش‌سوزی به مقدار ۰/۲۱۱- درصد رسید (شکل ۱. B).

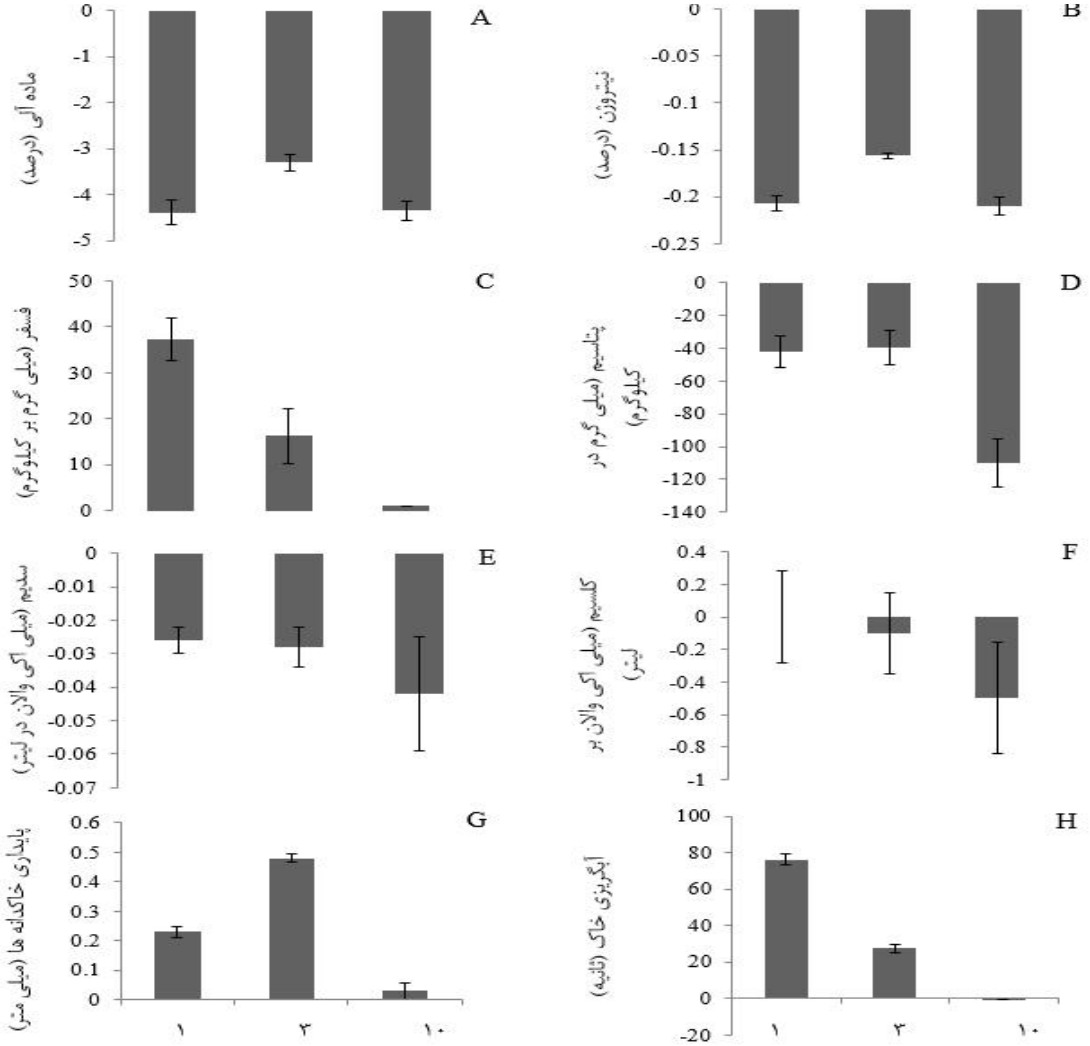
فسفر خاک یک و سه سال پس از آتش‌سوزی در مقادیر ۳۷/۳۳+ و ۱۶/۳۳+ میلی‌گرم بر کیلوگرم افزایش نشان داد ولی در ده سال پس از آتش‌سوزی با مقدار ۱+ میلی‌گرم بر کیلوگرم افزایش یا کاهش قابل توجهی نشان نداد (شکل ۱. C). در این مطالعه، افزایش فسفر یک و سه سال پس از آتش‌سوزی ناشی از اضافه شدن فسفر ماده آلی به خاک طی شکسته شدن پیوندهای آلی زی‌توده گیاهی و آزاد شدن فسفر آن‌ها به درون خاک می‌باشد (۳۴). این نتایج در توافق با یافته‌های پوررضا و همکاران (۳۴) می‌باشد که تغییرات فسفر را یک سال پس از آتش‌سوزی بررسی کردند و نتیجه گرفتند پس از آتش‌سوزی فسفر خاک افزایش می‌یابد. اما کاهش فسفر خاک در مقایسه با شاهد ده سال پس از آتش‌سوزی می‌تواند ناشی ازآبگریزی خاک که باعث ایجاد فرآیندهای آبشویی شدید و افزایش فرسایش خاک می‌شود باشد و یا به دلیل استفاده گیاهان از فسفر برای بازسازی مجدد باشد (۲۹). با نگرش به حساسیت فسفر به باران‌شویی و فرسایش آبی، کاهش فسفر خاک در سال‌های پس از آتش‌سوزی می‌تواند پیامد باران‌شویی آن نیز پس از آتش‌سوزی باشد (۲۳).

کاهش ماده آلی در تمام طول دوره مطالعه می‌تواند ناشی از اکسید شدن ماده آلی، از بین رفتن پوشش گیاهی و حذف

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1395.4.8.7.8]

لاشبرگ‌ها باشد (۳۴). سوختن ناقص ماده آلی ممکن است ساختمان خاک را تغییر دهد و در نتیجه روی تخلخل و دیگر مشخصه‌های هیدرولوژیکی اثر گذارد (۲۱). همچنین تجمع مواد آبگریز را در سطح خاک افزایش دهد و نفوذپذیری را کاهش و روان‌آب افزایش یابد (۲۲) و مانع از بازگشت تدریجی ماده آلی به سطح قبل از آتش‌سوزی شود. هاتن و همکاران (۱۸) گزارش کردند پس از آتش‌سوزی محتوای ماده آلی در تیمارهای سوخته در مقایسه با شاهد کمتر بود که کاهش محتوای ماده آلی خاک حتی هشت سال پس از آتش‌سوزی به دلیل فرآیندهای فرسایشی بود. در این پژوهش کاهش کمتر محتوای ماده آلی خاک در سال سوم نسبت به سال اول و سال دهم می‌تواند به دلیل افزایش انتقال ماده آلی بیشتر به خاک باشد. با توجه به اینکه در سال‌های نخست پس از آتش‌سوزی به دلیل رهاسازی و افزایش عناصر مغذی خاک، پوشش‌گیاهی انبوه‌تر و رویش بیشتری دارد (۳۵)، مقدار ماده آلی بیشتری به خاک انتقال داده می‌شود و به همین دلیل تیمار سه سال پس از آتش‌سوزی کاهش کمتری در محتوای ماده آلی خاک نشان می‌دهد. کاهش نیتروژن کل در خاک در تمام طول مدت ده سال پس از آتش‌سوزی به دلیل دمای تبخیر پایین این عنصر در خاک می‌باشد به گونه‌ای که بیشتر نیتروژن موجود در خاک و زی‌توده به اتمسفر متصاعد می‌شود (۱۵). نیتروژن عرضه شده از سوختن ماده آلی نیز ممکن است در اثر افزایش فرسایش ناشی از عوامل مختلف چون تغییر پوشش‌گیاهی، تغییر ویژگی‌های خاک، فرآیندهای زمین‌شناسی و هیدرولوژی مانند آبگریزی خاک و فرآیندهای آبشویی از خاک شسته شده باشد (۱۴). همچنین کاهش کمتر نیتروژن خاک در سومین سال همچون کربن آلی خاک می‌تواند به دلیل افزایش عناصر غذایی در سال‌های اولیه پس از آتش‌سوزی باشد (۳۵).



شکل ۱- میزان کاهش یا افزایش عناصر غذایی و پایداری خاکدانه‌ها در سال‌های پس از آتش‌سوزی: کربن آلی (A)، نیتروژن (B)، فسفر (C)، پتاسیم (D)، سدیم (E)، کلسیم (F)، پایداری خاکدانه‌ها (G)، آبگریزی خاک (H)

Figure 1. The mount of increase or decrease nutrients and aggregate stability in years after fire Organic matter (A), N (B), P (C), K (D), Na (E), Ca (F), Aggregate Stability (G), Water repellency (H)

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-05]

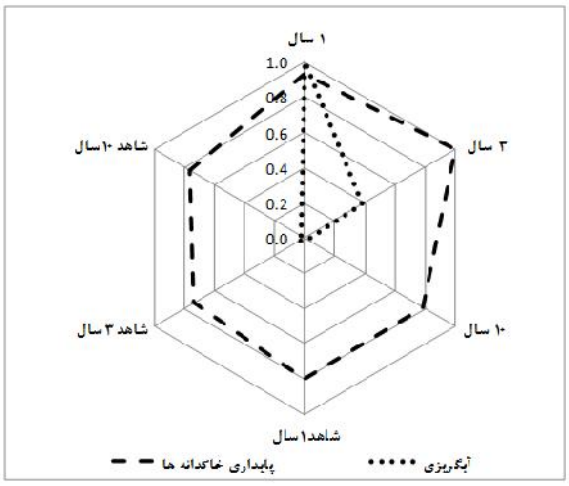
[DOR: 20.1001.1.24237140.1395.4.8.7.8]

پتاسیم در سال‌های اولیه شامل یک سال و سه سال با مقادیر ۴۲/۲۴- و ۳۹/۶۸- تقریباً کاهشی مشابه را نشان داد و در پایان ده سال مقدار هدررفت این عنصر با مقدار عددی ۱۱۰/۰۸- افزایش چشمگیر یافت (شکل ۱. D). کاهش سدیم خاک نیز روندی مشابه با پتاسیم خاک داشت و بیشترین هدرروی در سال دهم بود (مقدار هدرروی در سال‌های مختلف به ترتیب ۰/۰۲۶-، ۰/۰۲۸- و ۰/۰۴۲- بود) (شکل ۱. E). کاهش کلسیم خاک در اولین سال پس از آتش‌سوزی صفر و در سال‌های بعد افزایش یافت (مقدار هدرروی در سال سوم و دهم به ترتیب ۰/۱- و ۰/۵- بود) (شکل ۱. F). افزایش غلظت کاتیون‌ها بلافاصله پس از آتش‌سوزی می‌تواند ناشی از سوختن ماده آلی و عرضه مستقیم این عناصر در قالب خاکستر به درون خاک باشد که منبعی مهم از عناصر غذایی که به آسانی در دسترس هستند را فراهم می‌کند. افزایش pH خاک هرچند اندک در تیمار یک سال پس از آتش‌سوزی نیز تاییدکننده افزایش کاتیون‌های خاک می‌باشد. در تایید این یافته‌ها، نتایج پژوهش آلکانیز و همکاران (۲) نیز نشان داد که غلظت کاتیون‌ها فوراً پس از آتش‌سوزی افزایش می‌یابد. با این حال به‌خوبی مشخص شده است که پس از آتش‌سوزی و با گذشت زمان خاکستر کاهش می‌یابد و عناصر غذایی خاکستر به تدریج از محیط خاک توسط باد یا آبشویی حذف می‌شود (۸) که باعث کاهش عناصر غذایی خاک در سال‌های پس از آتش‌سوزی می‌شود. در این پژوهش نیز ممکن است فوراً پس از آتش‌سوزی غلظت عناصر غذایی افزایش یافته باشد اما به دلیل عدم نمونه‌برداری فوراً پس از آتش‌سوزی بررسی تغییرات عناصر غذایی فوراً پس از آتش‌سوزی امکان پذیر نمی‌باشد. کاهش در سطح پتاسیم و سدیم خاک در سال‌های پس از آتش‌سوزی می‌تواند به فرآیندهای آبشویی و فرسایش خاک و مصرف گیاهان برای بهبود دوباره نسبت داده شود (۲). نتایج پژوهش‌های پیشین نیز فرآیندهای آبشویی و فرسایشی مانند بارندگی را دلیل اصلی کاهش کاتیون‌های خاک گزارش کردند (۴،۱۳،۱۴). همچنین متصاعد شدن به اتمسفر در اثر آتش‌سوزی نیز می‌تواند از دلایل دیگر این کاهش باشد به طوری که حتی در شدت پایین آتش‌سوزی (کنترل‌شده) ۶۶-۴۳٪ پتاسیم می‌تواند به اتمسفر متصاعد شود (۱۱). در همین راستا پژوهش آلوزیز و همکاران (۱) نشان داد که دو ماه پس از آتش‌سوزی غلظت کاتیون‌های خاک افزایش یافت اما دو سال بعد غلظت آن‌ها در مقایسه با شاهد کاهش یافته بود در حالی که pH خاک هنوز یک واحد در تیمارهای سوخته بالاتر بود. عدم تغییر کلسیم خاک یا به عبارت دیگر بهبود کلسیم خاک به سطح قبل از آتش‌سوزی به‌دلیل نداشتن نتایج تغییرات فوری پس از آتش سوزی می‌تواند ناشی از دمای بالای تبخیر این عنصر که حدود ۱۴۰۰ درجه سانتی‌گراد است، باشد (۱۶). همچنین کلسیم خاک پتانسیل یونی بالقوه بالایی دارد که احتمال آبشویی این عنصر را پس از آتش‌سوزی کاهش می‌دهد (۱۳). اندک کاهش این عنصر نیز در سال‌های پس از آتش‌سوزی نیز می‌تواند به دلیل آزادسازی کلسیم پیوند شده با ماده آلی (پس از سوختن ماده آلی) و سپس حذف کلسیم موجود در خاکستر در اثر آبشویی و فرسایش باشد. در بررسی‌های آلکانیز و همکاران (۲) مشخص گردید که فوراً پس از آتش‌سوزی غلظت کلسیم افزایش معنادار یافت اما یک سال بعد به سطح قبل از آتش‌سوزی بهبود یافت.

پایداری خاکدانه‌ها در سال‌های اولیه به ترتیب با مقادیر ۰/۲۳ و ۰/۴۸ روندی افزایشی داشت اما در پایان ده سال با مقدار ۰/۰۳ تقریبا برابر مقدار عددی شاهد بود (شکل ۱. G). روند افزایشی آبگریزی خاک یک و سه سال با مقادیر به ترتیب ۷۶/۲۵ و ۲۷/۶۷ ادامه داشت و در سال دهم با مقدار ۰/۳۷- نتایج بیانگر یکسان بودن و بهبود این شاخص خاک داشت (شکل ۱. H). همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، روند تغییرات این دو ویژگی شامل پایداری خاکدانه‌ها و آبگریزی خاک در بین تیمارهای مورد بررسی تقریباً مشابه می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در خطوط استاندار شده مقادیر آبگریزی و پایداری خاکدانه‌ها به سمت تیمارهای یک و سه سال پس از آتش‌سوزی کشیدگی دارد (شکل ۲). افزایش پایداری خاکدانه‌ها یک و سه سال پس از آتش‌سوزی می‌تواند ناشی از تشکیل یک لایه آبگریز در سطح خارجی خاکدانه‌ها باشد که همچون پیوندی قوی مانع از جداسازی خاکدانه‌ها از یکدیگر می‌شود (۲۶). افزایش پایداری خاکدانه‌ها پس از آتش‌سوزی می‌تواند با افزایش فضای میکروپورها و بهبود تهویه خاک باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک شود. نتایج این پژوهش هم‌سو با نتایج حاصل از پژوهش آرکنگویو همکاران (۳) می‌باشد که تغییرات پایداری خاکدانه‌ها را در طول سه سال بررسی کردند و نتیجه گرفتند پایداری خاکدانه‌ها در طول سه سال نسبت به شاهد افزایش یافته بود. بهبود پایداری خاکدانه‌ها ده سال پس از آتش‌سوزی می‌تواند ناشی از تجزیه تدریجی مواد آبگریز ایجاد شده بر سطح خاکدانه‌ها باشد که در این امر فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک پیچیده‌ای دخیل می‌باشند. بادی و مارتین (۵) اعلام داشتند که در دماهای بالا پایداری خاکدانه‌ها به دلیل از بین رفتن شدید ماده آلی کاهش می‌یابد که به نظر می‌رسد در این پژوهش دما به اندازه کافی افزایش نیافته است. افزایش آبگریزی خاک یک و سه سال پس از آتش‌سوزی می‌تواند ناشی از سوختن ماده آلی و تشکیل ترکیباتی آبگریز بر سطح خارجی ذرات خاک باشد (۱۲). این امر می‌تواند باعث ایجاد روان‌آب‌های شدید پس از بارندگی در این جنگل‌ها و افزایش فرسایش خاک به میزان قابل توجه شود. پس از افزایش چشمگیر آبگریزی خاک در اولین و سومین سال پس از آتش‌سوزی (در سال اول شدیدتر بود) نشان داده شد که این ویژگی مهم کیفیت خاک با گذشت زمان گرایش به بهبود به سطح قبل از آتش‌سوزی دارد. بهبود آبگریزی خاک ده سال پس از آتش‌سوزی می‌تواند به دلیل بهبود تدریجی ماده آلی و تأثیر بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک که طی فرآیندهای پیچیده‌ای باعث شکسته شدن پیوندها و مواد شیمیایی آبگریز می‌شوند، باشد (۱۲).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1395.4.8.7.8]



شکل ۲- رادار تغییرات آبگریزی و پایداری خاکدانه‌ها در بین تیمارهای مورد بررسی شامل سال‌های مختلف پس از آتش‌سوزی و شاهدها برای یکسان‌سازی واحد، مقدار آبگریزی و پایداری خاکدانه‌ها نسبت به مقدار حداکثر آنها نرمال شد

Figure 2. Radar of changes in water repellency and aggregate stability among treatments including different years after fire and controls. To unify the units, the amount of Water repellency and aggregate stability were normalized to their maximum value

از نتایج بدست آمده در این پژوهش می‌توان نتیجه‌گیری کرد که آتش‌سوزی می‌تواند در کوتاه‌مدت و بلندمدت مقدار عناصر غذایی خاک را تحت تأثیر قرار دهد. گرچه بلافاصله پس از آتش‌سوزی عناصری چون فسفر، پتاسیم، کلسیم به دلیل سوختن ماده آلی به خاک رهاسازی می‌شوند، اما در سال‌های پس از آتش‌سوزی مقدار این عناصر می‌تواند تحت تأثیر عواملی مانند آبشویی و فرسایش قرار گیرد. افزایش ویژگی آبگریزی خاک یکی از مهم‌ترین عواملی است که در سال‌های اولیه پس از آتش‌سوزی، مانع از نفوذ سریع آب به داخل منافذ خاک شده و بدین ترتیب زمینه برای آبشویی و هدرروی عناصر غذایی فراهم می‌شود.

منابع

1. Alauzis, M.V., M.J. Mazzarino, E. Raffaele and L. Roselli. 2012. Wildfires in NW Patagonia: long-term effects on a Nothofagus forest soil. Forest Ecology and Management, 192: 131-142.
2. Alcañiz, M., L. Outeiro, M. Francos, J. Farguell and X. Úbeda. 2016. Long-term dynamics of soil chemical properties after a prescribed fire in a Mediterranean forest (Montgrí Massif, Catalonia, Spain). Science of the Total Environment, 572: 1329-1335.
3. Arcenegui, V., J. Mataix-Solera, C. Guerrero, R. Zornoza, J. Mataix-Beneyto and F. Garcia- Orenes. 2008. Immediate effects of wildfires on water repellency and aggregate stability in Mediterranean calcareous soils. Catena, 74: 219-226.
4. Avila, A. and M. Alarcón. 1999. Relationship between precipitation chemistry and meteorological situations at a rural site in NE Spain. Atmospheric Environment, 33: 1663-1677.
5. Badía, D. and C. Martí. 2003. Plant ash and heat intensity effects on chemical and physical properties of two contrasting soils. Arid Land Research and Management, 17: 23-41.
6. Bagheri, F., R. Basiri, A. Amiriachekan, A. Mohammadzade and M. Bazgir. 2016. The effect of fire on some soil chemical properties of Bankool forests in Ilam province. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 23: 69-87 (In Persian).
7. Bisdom, E.B.A., L.W. Dekker and J.F.T. Schoute. 1993. Water repellency of sieve fractions from sandy soils and relationships with organic material and soil structure. Geoderma, 56: 105-118.
8. Bodí, M.B., D.A. Martin, V.N. Balfour, C. Santín, S.H. Doerr, P. Pereira, A. Cerdá and J. Mataix-Solera. 2014. Wildland fire ash: production, composition and eco-hydrogeomorphic effects. Earth Science, 130: 103-127.
9. Bremner, J.M. 1996. Nitrogen-Total. In: Sparks, D.L (eds.) Methods of Soil Analysis- Part 3, Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, USA. 1085-1123 pp.
10. Brye, K.R. 2006. Soil physiochemical changes following 12 years of annual burning in a humid–subtropical tallgrass prairie: hypothesis. Acta Oecologica, 30: 407-413.
11. Carter, M.C. and C.D. Foster. 2004. Prescribed burning and productivity in southern pine forests: a review. Forest Ecology and Management, 191: 93-109.
12. Cawson, J.G., G.J. Sheridan, H.G. Smith and P.N.J. Lane. 2013. Effects of fire severity and burn patchiness on hillslope-scale surface runoff, erosion and hydrologic connectivity in a prescribed burn. Forest Ecology and Management, 310: 219-233.
13. Cawson, J.G., P. Nyman, H.G. Smith, P.N.J. Lane and G.J. Sheridan. 2016. How soil temperatures during prescribed burning affect soil water repellency, infiltration and erosion. Geoderma, 278: 12-22.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1395.4.8.7.8]

14. Durán, J., A. Rodríguez, J.M. Ferna´ndez-Palacios and A. Gallardo. 2008. Changes in soil N and P availability in a Pinus canariensis fire chronosequence. Forest Ecology and Management, 256: 384-387.
15. Fisher, R.F. and D. Binkley. 2000. Ecology and management of forest soils. 3nd ed. Wiley, New York.
16. Fultz, L.M., J. Moore-Kucera, J. Dathe, M. Davinicb, G. Perry, D. Westerd, D.W. Schwilk and 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.
17. Granged, A.J.P., A. Jordán and L.M. Zavala. 2011. Fire-induced changes in soil water repellency increased fingered flow and runoff rates following the 2004 Huelva wildfire. Hydrological Processes, 25: 1614-1629.
18. Hatten, J., D. Zabowski, G. Scherer and E. Dolan. 2005. A comparison of soil properties after contemporary wildfire and fire suppression. Forest Ecology and Management, 220: 227-241.
19. Jordán, A., F.A. González and L.M. Zavala. 2010. Re-establishment of soil water repellency after destruction by intense burning in a Mediterranean heatland (SWSpain). Hydrological Processes, 24: 736-748.
20. Jordán, A., Á.J. Gordillo-Rivero, J. García-Moreno, M. Zavala Lorena, A.J.P. Granged, J. Gil and H.M. Neto-Paixão. 2014. Post-fire evolution of water repellency and aggregate stability in Mediterranean calcareous soils: A 6-year study. Catena, 118: 115-123.
21. 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.
22. Keesstra, S.D, L. Wittenberg, J. Maroulis, F. Sambalino, D. Malkinson, A. Cerdà and P. Pereira. 2016. The influence of fire history, plant species and post-fire management on soil water repellency in a Mediterranean catchment: The Mount Carmel range, Israel. Catena, 149: 857-866.
23. Lagerström, A., C. Esberg, D.A. Wardle and R. Giesler. 2009. Soil phosphorus and microbial response to a long-term wildfire chronosequence in northern Sweden. Biogeochemistry, 95: 199-213.
24. Leighton-Boyce, G., S.H. Doerr, R.A. Shakesby, R.P.D. Walsh, A.J.D. Ferreira, A.K. Boulet and C.O.A. Coelho. 2005. Temporal dynamics of water repellency and soil moisture in eucalypt plantations, Portugal. Australian Journal of Soil Research, 43: 269-280.
25. Masrouri1, E., Sh., Shataei, M.H., Moayeri, J. Soosani and R. Bagheri. 2015. Modeling of Forest Degradation Extend using Physiographic and socio-Economic Variables (Case Study: A part of Kaka-Reza District in Khoram-Abad). Ecology of Iranian Forests, 3: 20-30 (In Persian).
26. Mataix-Solera, J., A. Cerdà, V. Arcenegui, A. Jordán and L.M. Zavala. 2011. Fire effects on soil aggregation: a review. Earth Science Reviews, 109: 44-60.
27. McLean, O.P. 1982. Soil PH and lime requirement. In: Page, A.L., R.H. Miller and D.R. Keeney (eds.) Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and biological properties, Medison. 199-224 pp.
28. Mirzaei Zadeh, V., A. Mahdavi, A. Karmshahi and A.A. Jaefarzadeh. 2015. Application of an Integrated CA-Markov Model in Simulating Spatiotemporal Changes in Forest Cover: A Case Study of Malekshahi County Forests, Ilam Province. Ecology of Iranian Forests, 3: 42-52 (In Persian).
29. Muñoz-Rojas, M., T.E. Erickson, D. Martinia, and K.W. Dixon. 2016. Soil physicochemical and microbiological indicators of short, mediumand long term post-fire recovery in semi-arid ecosystems. Ecological Indicators, 63: 14-22.
30. Neary, D.G., K.C. Ryan and L.F. DeBano. 2005. Wildland fire in ecosystems Effects of fire on soil and water. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station. General Technical Report RMRS-GTR-42-vol 4, Ogden, UT.
31. Palese, A.M., G. Giovannini. G. Lucchesi, S. Dumonet and P. Perucci. 2004. Effects of fire on soil C, N and microbial biomass. Agronomie, 24: 47-53.
32. Pereira, P., X. Úbeda, J. Mataix-Solera, M. Oliva and A. Novara. 2014. Short-term spatiotemporal spring grassland fire effects on soil colour, organic matter and water repellency in Lithuania. Solid Earth, 5: 209-225.
33. Philip, A.H. and D.L. Sparks. 1996. Lithium, Sodium, Potassium, Rubidium and Cesium. In: Sparks, D.L (Eds.) Method of soil analysis-Part 3, Chemical methods, Madison, Wisconsin, USA. 551-574 pp.
34. Pourreza, M., S.M. Hosseini, A.A. Safari Sinegani, M. Matinizadeh and W.A. Dick. 2014. Soil microbial activity in response to fire severity in Zagros oak (Quercus brantii Lindl.) forests, Iran, after one year. Geoderma, 213: 95-102.
35. Pourreza, M., S.M. Hosseini, A.A. Safari Sinegani, M. Matinizadeh and S.J. Alavai. 2014. Herbaceous species diversity in relation to fire severity in Zagros oak forests, Iran. Journal of Forestry Research, 25: 113-120.
36. Suarez, D.L. 1996. Beryllium, magnesium, calcium, strontium and barium. In: Sparks, D.L (ed.) Method of soil analysis-Part 3, Chemical methods, Madison, Wisconsin, USA. 575-602 pp.
37. Tessler, N., L. Wittenberg and N. Greenbaum. 2013. Soil water repellency persistence after recurrent forest fires on Mount Carmel, Israel. International Journal of Wildland Fire, 22: 515-526.
38. Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science, 37: 29-37.
39. Watanabe, F.S. and S.R. Olsen. 1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO3 extracts from soil. Soil Science Society of America, 29: 677-678.
40. Yoder, R.E. 1936. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. Journal of American Society of Agronomy, 28: 337-351.
41. Zheng, W., E.K. Morris, A. Lehmann and M.C. Rillig. 2016. Interplay of soil water repellency, soil aggregation and organic carbon. A meta-analysis. Geoderma, 283: 39-47.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1395.4.8.7.8]

Variability of Soil Nutrients and Aggregate Stability in Different Times after Fire in Zagros Forests (Case Study: Paveh Forests)

Mostafa Sadeghifar[1], Ali Beheshti Ale Agha[2] and Morteza Pourreza[3]

1- Graduated M.Sc. Student, Department of Soil Science and Engineering, Razi University
2- Assistant Professor, Department of Soil Science and Engineering, Razi University,
(Corresponding Author: Beheshti1969@yahoo.com)
3- Assistant Professor, Department of Natural Resources, Razi University
Received: July 2, 2017 Accepted: January 13, 2018

Abstract

The changes in soil nutrients and aggregate stability either in short-term or in long-term after fire is very important in forest ecosystems due to their key role in plants growth and preventing soil erosion. In the present investigation the short, medium, and long-term effect of fire was surveyed on these properties for the first time in Iran. For this purpose a plot of Zagros forests was selected where included three places with 1, 3, and 10 years after fire (treatments). Soil water repellency (WR), aggregate stability (AS), soil nutrients such as N, P, K, Na, Ca, and soil organic matter (SOM) content were measured. Results showed that water repellency and aggregate stability was significantly increased in one and three years treatments compared to control part. A significant decrease was in SOM, N, K and N in all fire treatments compared to their control. No changes were observed in soil texture while soil pH and EC significantly increased one year after fire. Soil P was significantly increased 1 year after fire, however, it was significantly decreased in 3 and 10 years after fire compared to their control. In contrast, no significant changes were observed 1, 3 and 10 years after fire compared to their control. It was concluded that depending on the time after fire, the significance increase in water repellency and consequently nutrient leaching can result in loss of soil fertility in long-term.

Keywords: Aggregate stability, Fire, Soil nutrients, Water repellency, Zagros forests

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1395.4.8.7.8]