نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و پنجم، شماره پنجم، ۱۳۹۷
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2018.12334.2691

بررسی پیامد آتش‌سوزی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در مراتع منطقه بدره (استان ایلام)

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

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه ایلام، [۲]استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه ایلام

تاریخ دریافت: ۹۷/۱/۲۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۸/۱٤

چکیده

سابقه و هدف: آتش‌سوزی یک تهدید بزرگ منابع طبیعی در جهان محسوب می‌شود و به‌عنوان عاملی مهم در تغییر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک می‌باشد. آگاهی از پیامدهای مثبت یا منفی آتش‌سوزی بر ویژگی‌های خاک از نظر مدیریت منابع طبیعی می‌تواند دارای اهمیت باشد. این مطالعه با هدف بررسی اثر آتش‌سوزی در مراتع منطقه بدره استان ایلام بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و نیز مقایسه آن با مناطق بدون آتش‌سوزی (شاهد) اجرا گردید.

مواد و روش‌ها: پس از بررسی‌های صحرایی و میدانی در مراتع منطقه بدره در شرق استان ایلام، پنج نمونه خاک از عمق‌های ۵-۰ و ۲۰-۵ سانتی‌متری به‌صورت تصادفی جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شدند و تجزیه‌های فیزیکی (بافت، میانگین وزنی قطر خاکدانه، رطوبت اشباع و جرم مخصوص ظاهری) و شیمیایی (مواد آلی، نیتروژن کل، فسفر قابل‌جذب، پتاسیم قابل‌جذب، کلسیم و منیزیم محلول، ظرفیت تبادل کاتیونی) روی نمونه‌های خاک انجام گرفت.

یافته‌ها: بیش‌ترین مقدار شن (٤٦/٤ درصد) و سیلت خاک (٢٤/٤ درصد) در مرتع سوخته و بیش‌ترین مقدار رس (۳۹ درصد) در مرتع شاهد به‌دست آمد. آتش‌سوزی میزان میانگین وزنی قطر خاکدانه و تخلخل خاک را در مراتع سوخته در مقایسه با مراتع شاهد به‌ترتیب ١٤/٢٨ و ٨/٧٦ درصد به‌طور معنی‌داری (α=۰/۰۵) کاهش داد. جرم مخصوص ظاهری خاک در مرتع سوخته در مقایسه با مرتع شاهد ۹/۱ درصد بیش‌تر بود. در عمق سطحی خاک آتش‌سوزی باعث افزایش رطوبت اشباع خاک به‌میزان ١٦/٩٨ درصد در مقایسه با تیمار شاهد گردید. آتش‌سوزی مقدار ماده آلی خاک را از ٢/٦٦ درصد در مرتع شاهد به ٢/١٩ درصد در مرتع سوخته به‌طور معنی‌داری (α=۰/۰۵) کاهش داد. اسیدیته خاک در مرتع سوخته (pH=٧/٤٥) نسبت به مرتع شاهد (pH=٧/٠٧) به‌طور معنی‌داری افزایش نشان داد. بیش‌ترین میزان ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (٢٤/٨٢ سانتی‌مول بار در کیلوگرم خاک) و کم‌ترین (١٨/٩٨ سانتی‌مول بار در کیلوگرم خاک) به‌ترتیب در خاک مرتع شاهد و سوخته حاصل گردید همچنین با افزایش عمق خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک ١٠/١٤ درصد کاهش یافت. بیش‌ترین فسفر قابل‌جذب خاک، منیزیم و کلسیم محلول در مرتع سوخته در عمق سطحی حاصل گردید. آتش‌سوزی در عمق زیرین خاک، تأثیر معنی‌داری بر مقدار فسفر قابل‌جذب، منیزیم و کلسیم محلول خاک نداشت.

* مسئول مکاتبه: m.bazgir@ilam.ac.ir

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی نتایج نشان می‌دهد آتش‌سوزی در مراتع منطقه بدره استان ایلام بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تأثیر داشته است به‌طوری‌که در بیش‌تر موارد باعث کاهش کیفیت خاک از لحاظ شیمیایی (کاهش ماده آلی، نیتروژن، ظرفیت تبادل کاتیونی) و فیزیکی (تغییر بافت، کاهش میانگین وزنی قطر خاکدانه، تخلخل و جرم مخصوص ظاهری) و در برخی موارد آتش‌سوزی با آزاد شدن عناصر غذایی مانند فسفر، کلسیم و منیزیم در خاک باعث بهبود چرخه عناصر غذایی در خاک شده است.

واژه‌های کلیدی: آتش‌سوزی، خاک مرتع، عمق خاک، کربن آلی، میانگین وزنی قطر خاکدانه

مقدمه

مراتع نقش مهمی در فرآیندهای ژئومورفولوژیک دارند، به‌عنوان مثال می‌توان به کنترل رواناب و مکانیک حرکت رسوبات و همچنین پایداری اکوسیستم‌ها اشاره نمود (٤٩). وقوع آتش‌سوزی در مراتع از عوامل اصلی تخریب خاک و اکوسیستم می‌باشد (٢٤). در حقیقت آتش‌سوزی به‌عنوان یک اختلال عمده در بسیاری از اکوسیستم‌ها شناخته شده است که منجر به تغییرات مهم در ویژگی‌های خاک و پوشش گیاهی می‌شود (۱۱ و ۲۲). تغییر در ویژگی‌های خاک بر اثر آتش‌سوزی را می‌توان در سه مقطع کوتاه‌مدت، طولانی‌مدت و دائمی بررسی نمود که با توجه به ویژگی‌های؛ شدت و تکرار آتش‌سوزی، شرایط آب و هوایی پس از آتش‌سوزی و ماندگاری اثرات آن متفاوت می‌باشد (۵). بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و کانی‌شناسی خاک تحت‌تأثیر آتش‌سوزی تغییر می‌کند (۱۱). از شایع‌ترین پیامدهای آتش، می‌توان به تغییر در ترکیب و میزان ماده آلی خاک (٤١)، کاهش ماده آلی در اثر آتش‌سوزی، کاهش پایداری خاک‌دانه‌ها، کاهش تهویه و افزایش جرم مخصوص ظاهری را به‌دنبال خواهد داشت. از طرف دیگر، شواهدی وجود دارد که آتش‌سوزی پوشش گیاهی مراتع، موجب وارد شدن خاکستر به خاک، انسداد خلل و فرج، افزایش ویژگی آب‌گریزی شده و در نتیجه نفوذ آب به خاک کاهش می‌یابد (۳۲). تغییرات ذخایر ماده آلی و کربن خاک بسیار پیچیده است، در شدت آتش‌سوزی کم محتوای کربن می‌تواند افزایش یابد ولی در شدت‌های بیش‌تر، مقدار آن کاهش می‌یابد (۷).

آتش‌سوزی ممکن است ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند ساختمان، بافت، تخلخل، سرعت نفوذ و ظرفیت نگه‌داری آب را تغییر دهد. اثر آتش بر ویژگی‌های فیزیکی خاک به شدت و فراوانی آتش بستگی دارد. به‌طورکلی بسیاری از آتش‌سوزی‌ها به اندازه قابل‌توجهی حرارت ایجاد نمی‌کنند که منجر به تغییرات چشمگیری در ویژگی‌های فیزیکی خاک شود، این امر به‌ویژه برای آتش‌سوزی‌هایی با شدت کم است. حتی اگر آتش‌سوزی در جایی سبب تغییرات مستقیمی در ویژگی‌های فیزیکی خاک شود، اثرات غیرمستقیم آن روی هیدرولوژی خاک و فرسایش بسته به شرایط خاک، بقایای گیاهی، توپوگرافی تا حد زیادی متفاوت خواهد بود (۲۸). ذرات تشکیل‌دهنده بافت خاک (شن، سیلت و رس) آستانه درجه حرارت بالا دارند و معمولاً تحت‌تأثیر حرارت قرار نمی‌گیرند، مگر زمانی که سطح خاک معدنی (افق A) در معرض درجه حرارت بالا قرار گیرد. جزء رس خاک که بیش از همه به شکستگی حساس است، با شروع تغییر درجه حرارت خاک از حدود ٤٠٠ درجه سانتی‌گراد ساختار شبکه‌ای رس شروع به فروپاشی می‌کند و در دمای ۷۰۰ تا ۸۰۰

درجه سانتی‌گراد ساختار داخلی رس به‌طور کامل تخریب می‌شود. با این‌حال شن و سیلت که ذراتی از جنس کوارتز هستند تنها در درجه حرارت شدید تحت‌تأثیر قرار می‌گیرند (۳۶). آتش همچنین ممکن است ثبات خاکدانه‌های خاک را به‌دلیل سوختن کربن آلی خاک و تغییرات ماده آلی خاک تحت‌تأثیر قرار دهد (۲۹). وارلا و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش کردند اثر آتش‌سوزی طبیعی روی پایداری خاکدانه دارای تغییرات بالایی است که این تغییرات به‌طور عمده به سوختن مواد آلی خاک و شدت آتش‌سوزی وابسته است (۴۳). در اثر آتش‌سوزی، جرم مخصوص ظاهری خاک به‌دلیل متلاشی‌شدن خاکدانه‌ها و گرفتگی حفره‌ها و پراکنده‌شدن کانی‌های رسی افزایش می‌یابد و در نتیجه تخلخل خاک و نفوذپذیری آن کاهش می‌یابد (۱۱). در پژوهشی که حیدری و دشتکی (۲۰۱۳) در زمینه تأثیر آتش‌سوزی پوشش گیاهی بر کیفیت خاک مراتع نیمه‌استپی کرسنک در چهارمحال و بختیاری انجام دادند، دریافتند که جرم مخصوص ظاهری خاک در لایه سطحی تمام مناطق سوخته‌شده در مقایسه با شاهد به‌صورت معنی‌دار بیش‌تر بود (۲۴). یافته‌های آن‌ها همچنین نشان داد که آتش تأثیر سریع و مستقیمی بر ویژگی‌های فیزیکی و ماده آلی خاک داشته و سبب کاهش کیفیت خاک اراضی مرتعی شده است (۲۴).

باقری و همکاران (۲۰۱۶) گزارش دادند بیش‌ترین میانگین پتاسیم تبادلی و فسفر قابل‌جذب در جنگل‌های آتش‌سوزی‌شده و کم‌ترین مقدار مربوط به منطقه شاهد در جنگل‌های بانکول استان ایلام می‌باشد (۴). پوررضا و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی دیگر پاسخ فعالیت‌های میکروبی و شیمیایی خاک به‌شدت‌های مختلف آتش‌سوزی را یک‌سال بعد از آتش‌سوزی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد اسیدیته و فسفر قابل‌دسترس خاک افزایش یافت و در منطقه با شدت آتش‌سوزی زیاد فقط کاهش نیتروژن رخ داد، همچنین مقدار ماده آلی خاک با شدت زیاد و متوسط آتش‌سوزی در مقایسه با منطقه شاهد کاهش داشته، اما در خاک با شدت کم آتش‌سوزی در مقایسه با خاک شاهد هیچ تغییری مشاهده نگردید (۳۸). در مطالعه‌ای پیامدهای آتش‌سوزی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیوشیمیایی در جنگل‌های کاج (*Pinus taeda* L.) در جنوب چین مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش نمونه‌های خاک از عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری از مکان‌های سوخته و شاهد در محدوده زمانی صفر، یک، چهار و هفت سال پس از آتش‌سوزی جمع‌آوری شد. نتایج نشان داد مقدار اسیدیته خاک به‌طور معنی‌داری یک‌سال بعد از آتش‌سوزی افزایش یافت. همچنین میزان کربن، نیتروژن کل و فسفر قابل‌دسترس به‌طور معنی‌داری یک‌سال بعد از آتش‌سوزی افزایش یافت و به‌تدریج به غلظتی کم‌تر از خاک شاهد کاهش یافت (۴۷). آلوزیس و همکاران (۲۰۰۴) طی چهار سال پی‌در پی خاک عرصه سوخته را با عرصه بکر در ۱۰ سانتی‌متری اول خاک در جنگل‌های شمال‌غرب پاتاگونیا از نظر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مقایسه کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که نیتروژن آلی کاهش یافته و کاهش میزان نیتروژن میکروبی و میزان رطوبت خاک نیز به‌ترتیب ۹۰ و ۵۶ درصد بود. از طرفی میزان نیتروژن معدنی در شروع دوره آتش‌سوزی افزایش و در طول زمان کاهش یافته و به‌میزان ۴ تا ۴۰ درصد کم‌تر از عرصه بکر شده است (۱). در پژوهشی که به‌منظور بررسی پیامد آتش‌سوزی بر مواد مغذی خاک در جنگل‌های کاج بروسیا در ترکیه انجام شد، نشان دادند که آتش‌سوزی بر ویژگی‌های خاک اثر گذاشته و ذخیره عناصر غذایی خاک، کربن، منیزیم و ظرفیت تبادل کاتیونی را کاهش می‌دهد (۴۸). بادیا و همکاران (۲۰۱۴) در بررسی اثر آتش‌سوزی بر مواد مغذی و کربن آلی در خاک‌های

سطحی منطقه‌ای در اسپانیا مشاهده نمودند که کلسیم، منیزیم و فسفر یک هفته بعد از آتش‌سوزی به‌طور قابل‌توجهی افزایش و یک‌سال پس از آتش‌سوزی غلظت مواد مغذی نسبتاً کاهش یافت و به‌میزان آن در خاک شاهد نزدیک شد. دلیل این افزایش شدت متوسط آتش‌سوزی و افزایش کربن آلی و علت کاهش آن آبشویی و خارج شدن فسفر از سطح خاک عنوان شد (۳).

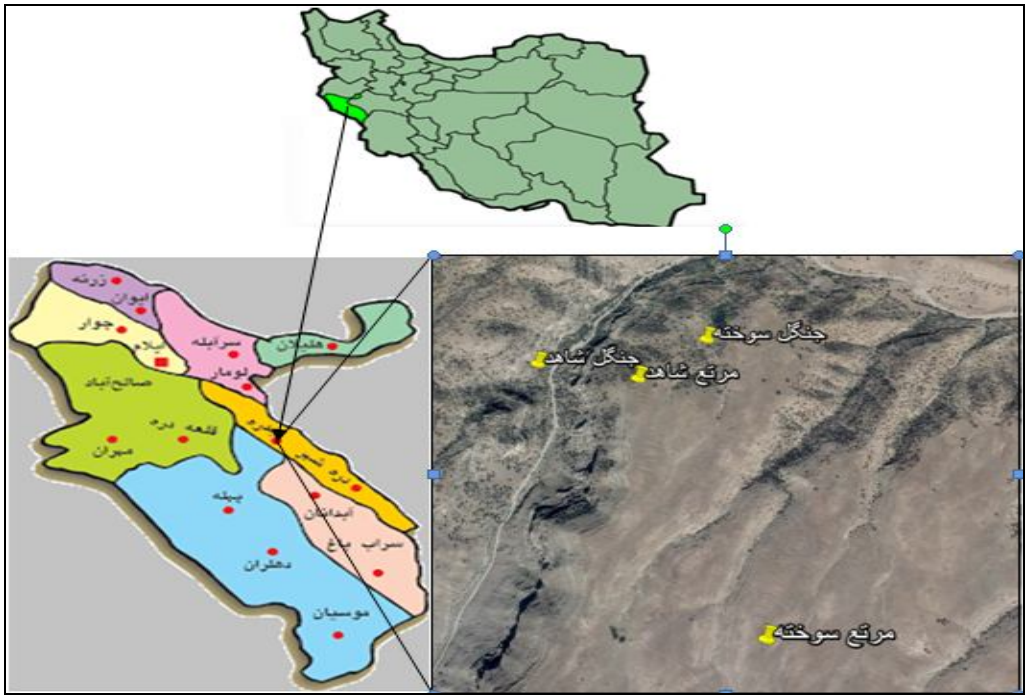
برخی از پژوهشگران پیامد آتش‌سوزی بر ویژگی‌های خاک در منطقه زاگرس به‌ویژه در اکوسیستم‌های جنگلی را مورد مطالعه قرار داده‌اند، اما پژوهش دقیقی در ارتباط با بررسی فرآیند آتش‌سوزی بر ویژگی‌های خاک به‌ویژه بر اکوسیستم‌های مرتعی در استان ایلام انجام نگرفته است. استان ایلام بر خلاف مساحت کم در حدود ۲۰۱۵۰ کیلومترمربع، دارای اکوسیستم‌های جنگلی و مرتعی منحصر به فردی می‌باشد که یکی از این مراتع غنی، مراتع منطقه بدره می‌باشد که هر ساله مورد توجه عشایر و دامپروران منطقه قرار می‌گیرد. از آن‌جایی‌که وقوع آتش‌سوزی در این ناحیه می‌تواند علاوه بر پوشش مرتعی بر ویژگی‌های خاک پیامدهای منفی داشته باشد، بنابراین اهمیت و ضرورت شناخت و مدیریت خاک‌های مرتعی منطقه مورد مطالعه در اثر آتش‌سوزی مورد توجه خواهد بود. در همین راستا هدف از این پروژه بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مرتعی بدره از استان ایلام در اثر آتش‌سوزی بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مراتع منطقه دول‌جلاسه واقع در شهرستان بدره با ارتفاع متوسط ۱۰۷۳ متر از سطح دریا که از لحاظ موقعیت جغرافیایی بین مدارهای ٤٧ درجه و ۲ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی تقریباً در شرق استان ایلام انجام گرفته است (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه از لحاظ آب و هوایی دارای آب و هوای نیمه‌خشک و سرد می‌باشد (با توجه به تقسیم‌بندی آمبرژه). میانگین دمای سالیانه ۲٦/۲ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش سالیانه ٤۷۰ میلی‌متر است. بیش از ۹۰ درصد سطح حوضه جغرافیایی بدره با مساحت ۵۸۲۱٦/۸۷ هکتار، را عرصه‌های منابع طبیعی تشکیل داده است.

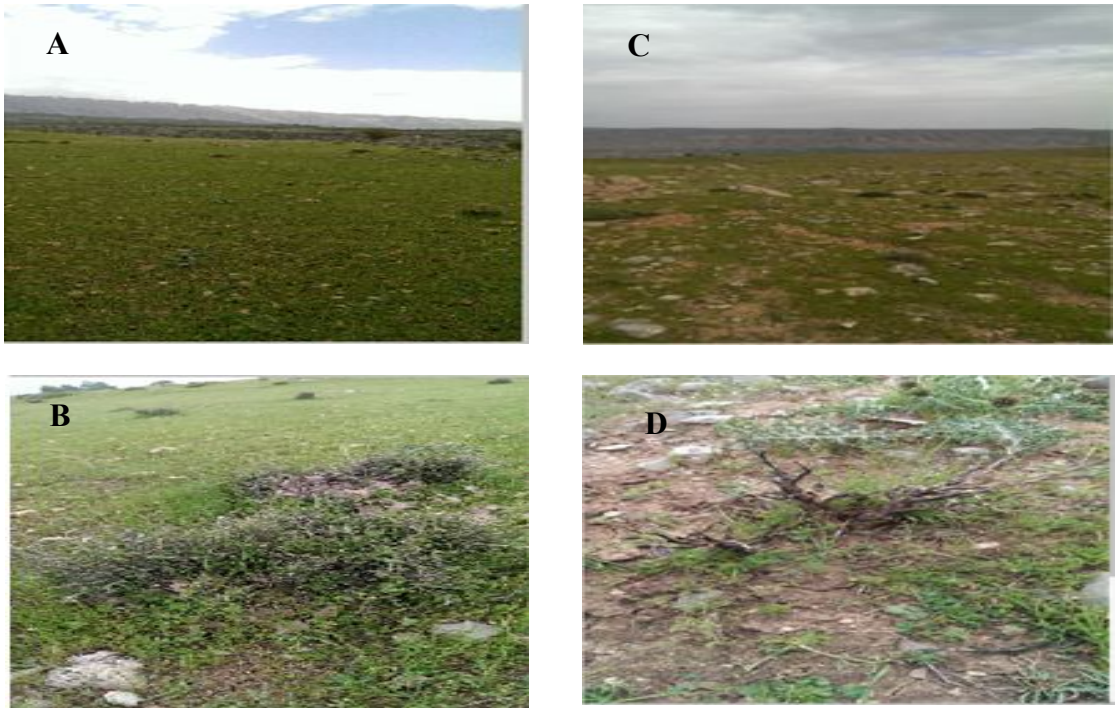
به‌منظور بررسی پیامد آتش‌سوزی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه بدره، بعد از بررسی پرونده‌های آتش‌سوزی موجود در اداره منابع طبیعی ابتدا منطقه آتش‌سوزی شده در ناحیه دول‌چلاسه انتخاب شد (شکل ۲). منطقه مورد مطالعه جزء مناطق با رخداد آتش‌سوزی بالا است. آخرین آتش‌سوزی مردادماه سال ۱۳۹٤ به وقوع پیوسته است و نمونه‌برداری از خاک در تاریخ ۹۵/۱/۲۲ انجام شد به‌طوری‌که فاصله بین آخرین آتش‌سوزی و زمان نمونه‌برداری هشت ماه بوده است. نوع آتش‌سوزی منطقه از نوع سطحی و علت بروز آن عمدی گزارش شده است. همچنین یک منطقه شاهد در مجاورت آن (فاقد آتش‌سوزی) نیز انتخاب شد. با استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (GPS)[1] در دو مرتع سوخته و شاهد با پلات‌های ۵۰×۵۰ متر (هر منطقه سه پلات) طراحی گردید. به‌منظور نمونه‌برداری، از هر پلات به‌صورت تصادفی پنج نقطه از عمق‌های سطحی (۵-۰ سانتی‌متری) و زیرین (۲۰-۵ سانتی‌متری) خاک نمونه‌برداری صورت گرفت. نمونه‌های جمع‌آوری‌شده به آزمایشگاه خاکشناسی دانشگاه ایلام انتقال یافتند.

1- Global Positioning System



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه نسبت به ایران و استان ایلام.

Figure 1. The geographical location of study area within Iran and Ilam province.



شکل ۲- نمای دور (الف) و نزدیک (ب) از مرتع شاهد؛ نمای دور (ج) و نزدیک (د) از مرتع سوخته در منطقه بدره.

Figure 2. Control pasture (A) far view (B) close view and burnt pasture (C) far view (D) close view in Badreh area.

نمونه‌های خاک پس از هوا خشک‌شدن، از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند و برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شامل بافت خاک به روش هیدرومتری (۹)، جرم مخصوص ظاهری خاک به روش کلوخه (٦)، ماده آلی خاک (روش اکسایش تر والکی- بلاک) برآورد گردید (۳۷)، اسیدتیه گل اشباع خاک با دستگاه pHمتر و هدایت الکتریکی با دستگاه هدایت‌سنج اندازه‌گیری شدند (۳۹). برای اندازه‌گیری میانگین وزنی قطر خاکدانه (MWD)، از روش کمپر و روزنا (۱۹۸٦) استفاده شد. در این روش، ابتدا ۵۰ گرم از خاکدانه‌هایی با قطر ۲ تا ٤ میلی‌متر توزین شدند. اندازه سری الک‌های مورد استفاده ۲، ۱، ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی‌متر بود و مجموعه الک‌ها در نوسان عمودی ۱/۵ اینچی و با سرعت ۳۰ دور در دقیقه در آب حرکت داده شدند. سپس مقدار ذرات باقی‌مانده روی هر الک پس از خشک کردن در آون (با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد)، توزین شد. میانگین وزنی قطر خاکدانه با استفاده از رابطه ۱ به‌دست آمد (۳۰).

$$MWD = \sum x_i w_i \qquad (۱)$$

که در آن، MWD میانگین وزنی قطر ذرات بر حسب میلی‌متر، X_i میانگین قطر خاکدانه‌های باقی‌مانده بر روی هر الک بر حسب میلی‌متر و w_i نسبت وزن خاکدانه‌های باقی‌مانده در هر الک به وزن کل خاک است.

رطوبت اشباع خاک به روش وزنی، نیتروژن کل خاک به روش کجلدال (٤٦)، فسفر قابل‌جذب به روش اولسن با دستگاه اسپکترفتومتر (۳۷)، پتاسیم قابل‌جذب به روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم و به کمک دستگاه فیلم‌فتومتر (۱۲)، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک با روش باور (۸)، منیزیم و کلسیم محلول به روش کمپلکسومتری (۳۷) اندازه‌گیری شدند. با توجه به رابطه ۲، تخلخل کل خاک با استفاده از جرم مخصوص ظاهری و حقیقی خاک محاسبه شد.

$$n= (1- Db/Dp)\times 100 \qquad (۲)$$

که در آن، n تخلخل خاک بر حسب درصد، DB جرم مخصوص ظاهری و DP جرم مخصوص حقیقی خاک (۲/٦۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب) است.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با پنج تکرار در هر پلات انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل آتش‌سوزی در دو سطح (مراتع سوخته و شاهد) و عمق خاک در دو سطح (۵-۰ و ۲۰-۵ سانتی‌متر) بودند. تجزیه آماری داده‌های آزمایش با نرم‌افزار SAS var 9.1 و مقایسه میانگین‌ها نیز با روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. رسم نمودارها با Excel انجام گردید.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی خاک: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که پیامدهای آتش‌سوزی بر مقدار ماسه، سیلت و رس خاک در سطح احتمال یک درصد و بر میانگین وزنی قطر خاکدانه، جرم مخصوص ظاهری و تخلخل خاک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بودند (جدول ۱). رطوبت اشباع خاک تحت‌تأثیر آتش‌سوزی، عمق خاک و اثرات متقابل آن‌ها قرار گرفت (جدول ۱).

بافت خاک و درصد ذرات شن، سیلت و رس: در اثر آتش‌سوزی، بافت خاک از لوم شنی رسی در مرتع سوخته به لوم رسی در مرتع شاهد تغییر یافت، برای هر منطقه در هر دو عمق خاک (۵-۰ سانتی‌متری) و (۲۰-۵ سانتی‌متری) نتیجه یکسانی به‌دست آمد. بیش‌ترین مقدار شن (٤٦/٤ درصد) و سیلت (۲٤/٤ درصد) در مرتع سوخته به‌دست آمد، که در مقایسه با خاک مرتع شاهد به‌ترتیب ۸/۰۰ و ۳۵/۵۰ درصد بیش‌تر بودند (شکل ۳ الف و ب). مقدار رس خاک

تحت‌تأثیر آتش‌سوزی کاهش یافت، به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار رس خاک (۳۹/۰۰ درصد) در مرتع شاهد مشاهده گردید (شکل ۳ ج).

نتایج نشان می‌دهد آتش‌سوزی بافت خاک را تغییر داده و بافت درشت‌تر گردد. کترینگز و همکاران (۲۰۰۰) مشاهده کردند که پس از آتش‌سوزی بافت خاک درشت‌تر می‌شود که علت آن به‌وجود آمدن ذرات درشت به اندازه شن از اجزای رس در اثر حرارت می‌باشد (۳۱). اولری و گراهام (۱۹۹۳) با مطالعات صحرایی افزایش شن را بعد از آتش‌سوزی گزارش کردند (٤۲). آن‌ها اکسیدها و هیدروکسیدهای آلومینیوم و به‌ویژه سیلیس را که در طی تخریب کائولین ایجاد می‌شوند، عامل سیمانی شدن ذرات شن و تشکیل خاکدانه‌ها را بیان کردند (٤۲). گارنجید و همکاران (۲۰۱۱ ب) 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، به‌طوری‌که در نتیجه آتش‌سوزی درصد شن افزایش و درصد رس و سیلت به‌علت فرآیندهای فرسایش و جداسازی انتخابی ذرات ریز خاک کاهش یافت (۲۳). افزون بر آن، علت کاهش رس بر اثر آتش‌سوزی را می‌توان ناشی از دهیدراته شدن رس‌ها در دمای بالا دانست (۲۷). رس‌ها حساس‌ترین ذرات بافت خاک در مقابل حرارت هستند و بیش‌تر ذرات رس‌ها در دمای حدود ٤۰۰ درجه سانتی‌گراد شروع به متلاشی‌شدن می‌کنند (١٤)، از این‌رو کاهش آن در خاک سوخته منطقی به‌نظر می‌رسد.

بین درصد رس با درصد سیلت و درصد شن همبستگی منفی و معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۱) مشاهده گردید. به‌طوری‌که با کاهش رس خاک، درصد سیلت و شن خاک افزایش یافت (شکل ٤). این بدان معناست که در مراتع سوخته با کاهش رس میزان شن و سیلت خاک افزایش می‌یابد.

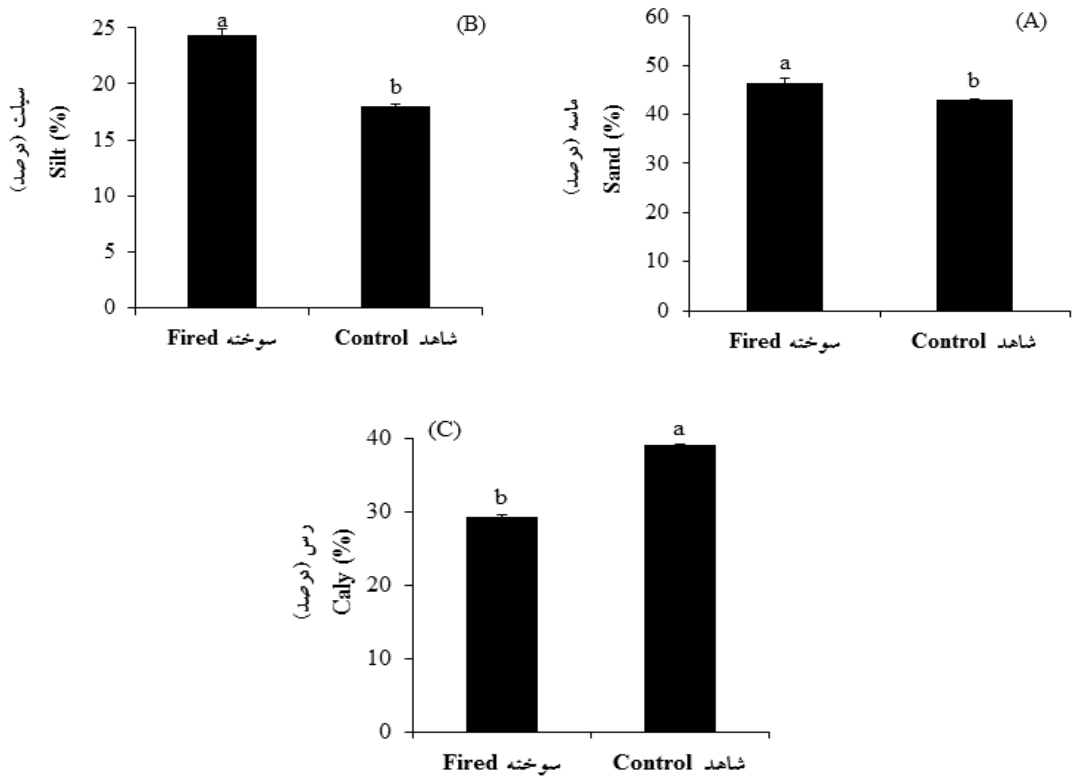
جدول ۱- تجزیه واریانس اثر آتش‌سوزی و عمق خاک بر ویژگی‌های فیزیکی خاک مراتع منطقه بدره.

Table 1. Analysis of variance effect of fire and soil depth on physical properties soil of pasture Baderh area.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares						
		شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	میانگین وزنی قطر خاکدانه Mean weight diameter	جرم مخصوص ظاهری Bulk density	تخلخل کل Total porosity	رطوبت اشباع خاک Saturated soil moisture
آتش‌سوزی Fire	1	59.16**	204.16**	480.20**	0.0168*	0.0845*	127.31*	79.20**
عمق Depth	1	0.16^{ns}	0.54^{ns}	1.25^{ns}	0.0045^{ns}	0.0000^{ns}	0.00^{ns}	74.49**
آتش‌سوزی × عمق Fire× Depth	1	0.16^{ns}	2.24^{ns}	1.25^{ns}	0.0003^{ns}	0.0020^{ns}	2.85^{ns}	15.49*
خطا Error	16	3.84	1.22	0.85	0.0035	0.0155	22.07	3.16
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		4.36	5.23	2.70	15.15	8.32	10.75	5.11

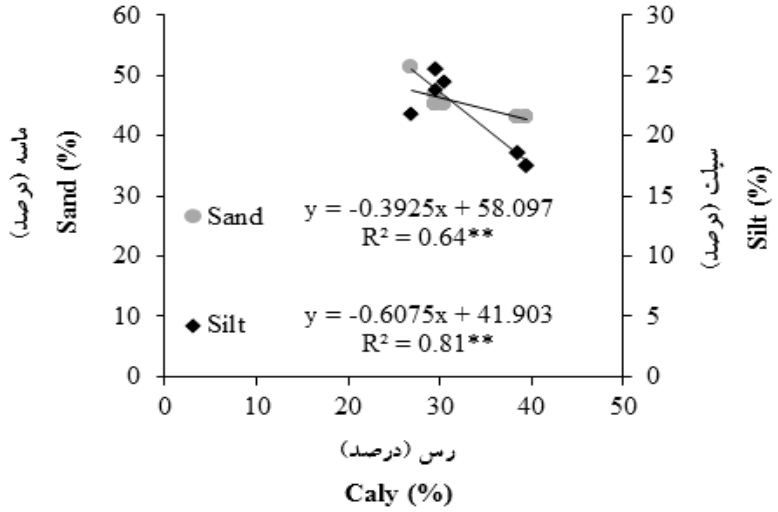
* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد، ^{ns} غیرمعنی‌دار.

* and ** Significant at 5 and 1% probability levels, respectively, ^{ns} non significant.



شکل ۳- اثر آتش‌سوزی بر مقدار شن (الف)، سیلت (ب) و رس (ج) در خاک مراتع منطقه بدره.

Figure 3. The effect of fire on sand (A), silt (B) and clay (C) content in the pasture soils of the Badreh area.



شکل ٤- رابطه رگرسیونی بین مقدار رس با سیلت و شن در خاک مراتع منطقه بدره.

Figure 4. Regression relationship between clay content with sand and silt content in the pasture soils of the Badreh area.

میانگین وزنی قطر خاکدانه، جرم مخصوص ظاهری و تخلخل خاک: آتش‌سوزی میانگین وزنی قطر خاکدانه و تخلخل خاک در مراتع سوخته را در مقایسه با مراتع شاهد به‌ترتیب ۱٤/۲۸ و ۸/۷٦ درصد کاهش داد. آتش‌سوزی جرم مخصوص ظاهری خاک را افزایش داد. در مرتع سوخته جرم مخصوص ظاهری (۱/٤٦ گرم بر سانتی‌متر مکعب) در مقایسه با مرتع شاهد (۱/٥٦ گرم بر سانتی‌مترمکعب) به‌طور معنی‌داری (α = ۰/۰٥) بیش‌تر بود (جدول ۲).

جدول ۲- اثر آتش‌سوزی و عمق خاک بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک مراتع منطقه بدره.

Table 2. The effect of fire and soil depth on physical properties soil of pasture Baderh area.

تیمارها Treatments	میانگین وزنی قطر خاکدانه (میلی‌متر) Mean weight diameter (mm)	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌مترمکعب) Bulk density ($g.cm^{-3}$)	تخلخل کل (درصد) Total porosity (%)
مرتع سوخته Fired pasture	0.36 ± 0.016^{a}	1.56 ± 0.035^{a}	42.15 ± 1.31^{a}
مرتع شاهد Control pasture	0.42 ± 0.020^{b}	$1.43\pm0.0.040^{b}$	46.20 ± 1.49^{b}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different according to least significant difference (LSD) test (P≤0.05).

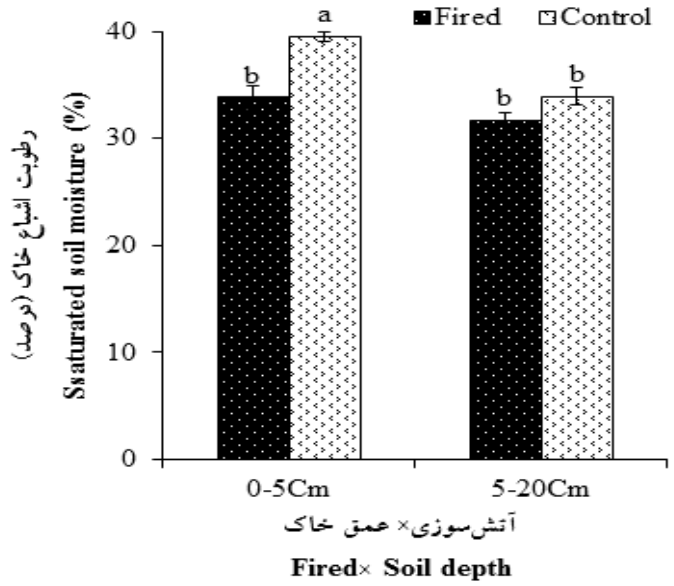
خاکدانه به‌عنوان واحد ساختمان خاک، از اجزای اساسی خاک است و پایداری آن معیار مهمی در ارزیابی وضعیت فیزیکی و فرسایش‌پذیری خاک محسوب می‌شود. تعیین میزان پایداری خاکدانه‌ها شاخص دقیقی برای ارزیابی کیفیت خاک در برنامه‌ریزی استفاده بهینه از خاک می‌باشد (٤۰). کاهش پایداری خاکدانه در مراتع سوخته را می‌توان ناشی از کاهش ماده آلی و رس (شکل ۳ ج و جدول ٤) خاک دانست. با کاهش ماده آلی پیوند بین ذرات خاک از بین رفته و در نتیجه پایداری خاکدانه‌ها و ساختمان خاک را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (٤٦). نتایج گارسیا-کورنا و همکاران (۲۰۰٤) نیز نشان داد که آتش‌سوزی در دمای ۲۲۰-۱۷۰ درجه سانتی‌گراد اثر معنی‌داری بر پایداری خاکدانه نداشته، در حالی‌که در دماهای بالاتر ۳۸۰-٤٦۰ درجه پایداری خاکدانه کاهش می‌یابد. با از بین رفتن کربن آلی پایدار خاکدانه کاهش یافته است (۲۰). فیهلو و همکاران (۲۰۰۲)، غلظت کربن آلی و به‌هم‌خوردگی خاک را دو عامل مهم و تأثیرگذار در مقدار پایداری خاکدانه دانستند (۱۷). بنابراین، افزایش ذرات رس در مرتع نسوخته عامل مهمی در پایدار خاکدانه و حتی خاکدانه‌سازی می‌تواند باشد. افزایش رس و کربن آلی نقش بسیار مهمی در افزایش پایداری خاکدانه دارد (۳٤).

به‌نظر می‌رسد آتش‌سوزی با کاهش ماده آلی باعث کاهش خلل و فرج و یا تخلخل خاک می‌شود و جرم مخصوص ظاهری خاک را افزایش می‌دهد. سرتینی (۲۰۰٥) و ورما و جایکمار (۲۰۱۲) در پژوهش‌های خود به این نتیجه رسیدند؛ که کاهش

مواد آلی خاک طی آتش‌سوزی، تخریب ساختمان خاک و کاهش خلل و فرج را در پی داشته که در نتیجه آن جرم ظاهری افزایش می‌یابد. تغییر ویژگی‌های فیزیکی به همراه تولید ترکیبات آلی نفوذناپذیر به آب، میزان نفوذ آب را کاهش و رواناب و فرسایش خاک را افزایش می‌دهد (۱۱ و ٤٤).

رطوبت اشباع خاک: در عمق سطحی خاک (۵-۰ سانتی‌متری) آتش‌سوزی به‌طور معنی‌داری در سطح پنج درصد باعث افزایش رطوبت اشباع خاک در مقایسه با تیمار شاهد گردید، ولی در عمق زیرین خاک (۲۰-۵ سانتی‌متری) آتش‌سوزی تأثیر معنی‌داری بر رطوبت اشباع خاک نداشت. به‌نظر می‌رسد با افزایش ماده آلی خاک در مراتع شاهد، میزان رطوبت خاک در این مراتع نسبت به مراتع سوخته افزایش یافته است (شکل ۵).

ابراهیمی‌محمدی و همکاران (۲۰۱٦) کاهش رطوبت اشباع خاک در منطقه زریبار کردستان تحت‌تأثیر آتش‌سوزی گزارش کردند (۱٦).



شکل ۵- اثر آتش‌سوزی بر مقدار رطوبت اشباع در دو عمق مختلف خاک در مراتع منطقه بدره.

Figure 5. The effect of fire on saturated soil moisture in two different depth of soil in pasture of the Badreh area.

ویژگی‌های شیمیایی خاک: بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) عامل آتش‌سوزی به‌طور معنی‌داری در سطح پنج درصد بر اسیدیته خاک و ماده آلی خاک تأثیر داشت. ظرفیت تبادل کاتیونی نیز به‌طور معنی‌داری (α = ۰/۰۱) تحت‌تأثیر آتش‌سوزی واقع گردید. همچنین عمق خاک تأثیر معنی‌داری بر هدایت الکتریکی، ظرفیت تبادل کاتیونی و مقدار ماده آلی خاک نشان داد.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر آتش‌سوزی و عمق خاک بر ویژگی‌های شیمیایی خاک مراتع منطقه بدره.

Table 3. Analysis of variance effect of fire and soil depth on chemical properties soil of pasture Baderh area.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares			
		هدایت الکتریکی Electrical conductivity	اسیدیته خاک pH	ظرفیت تبادل کاتیونی Cation exchange capacity	ماده آلی Organic matter
آتش‌سوزی Fire	1	0.0039^{ns}	0.1513*	170.64**	1.104*
عمق Depth	1	0.0460*	0.0007^{ns}	27.19**	8.372**
آتش‌سوزی × عمق Fire× Depth	1	0.0051^{ns}	0.0000^{ns}	1.15^{ns}	0.065^{ns}
خطا Error	16	0.0081	0.0332	1.92	0.202
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	28.68	2.47	6.33	18.56

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد، ^{ns} غیرمعنی‌دار.

* and ** Significant at 5 and 1% probability levels, respectively, ^{ns} non significant.

هدایت الکتریکی، اسیدیته خاک و ظرفیت تبادل کاتیونی: مقایسه میانگین مرتع سوخته و شاهد از نظر هدایت الکتریکی خاک نشان داد که این پارامتر تحت‌تأثیر آتش‌سوزی قرار نگرفت، اما با افزایش عمق خاک هدایت الکتریکی خاک به‌میزان ۲۵/۰۰ درصد کاهش یافت. مقدار اسیدیته خاک در خاک مرتع سوخته به‌طور معنی‌داری در سطح (α = ۰/۰۵) مقدار ۵/۳۷ درصد از خاک مرتع شاهد افزایش نشان داد. بیش‌ترین و کم‌ترین میزان ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (۲٤/۸۲ و ۱۸/۹۸ سانتی‌مول بار در کیلوگرم خاک) به‌ترتیب در خاک مرتع شاهد و سوخته به‌طور معنی‌داری در سطح پنج درصد حاصل گردید. آتش‌سوزی میزان ظرفیت تبادل کاتیونی خاک ۳۰/۷٦ درصد کاهش داد. با افزایش عمق خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک ۱۰/۱٤ درصد کاهش یافت (جدول ٤).

جدول ٤- مقایسه میانگین آتش‌سوزی و عمق خاک بر ویژگی‌های شیمیایی خاک مراتع منطقه بدره.

Table 4. Mean compression of fire and soil depth on chemical properties soil of pasture Baderh area.

تیمارها Treatments	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) Electrical conductivity ($dS\ m^{-1}$)	اسیدیته خاک pH	ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی مول بار در کیلوگرم خاک) Cation exchange capacity ($cmol\ kg^{-1}$)	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)
آتش‌سوزی (Fired)				
مرتع سوخته Fired pasture	0.30±0.025^{a}	7.45±0.024^{a}	18.98±0.623^{a}	2.19±0.270^{a}
مرتع شاهد Control pasture	0.33±0.038^{a}	7.07±0.073^{b}	24.82±0.518^{b}	2.66±0.237^{b}
عمق خاک (Soil depth)				
0-5	0.36±0.031^{a}	7.37±0.061^{a}	23.07±1.027^{a}	3.07±0.172^{a}
5-20	0.27±0.025^{b}	7.35±0.063^{a}	20.73±1.093^{b}	1.78±0.139^{b}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

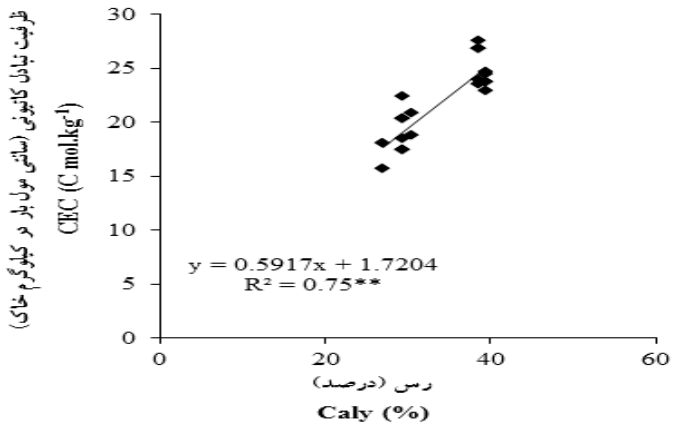
Means followed by the same letters in each column are not significantly different according to least significant difference (LSD) test ($P \leq 0.05$).

ظرفیت تبادل کاتیونی خاک از ویژگی‌های مهم شیمیایی خاک به‌حساب می‌آید. مقدار این پارامتر بسته به میزان مواد آلی، مقدار و نوع رس و نیز شرایط خاک متغیر است. با توجه به این‌که ظرفیت تبادل کاتیونی از مقدار ماده آلی و رس پیروی می‌کند (۲۹)، کاهش ماده آلی و ذرات رس در مراتع سوخته، می‌تواند سبب کاهش ظرفیت تبادل کاتیونی در این زمین‌ها شود.

اسیدیته خاک یک عامل محیطی تأثیرگذار بر پوشش گیاهی است، کاتیون‌های هیدروژن و آلومینیوم عامل تعیین‌کننده اسیدیته خاک هستند. جانشینی این کاتیون‌ها با عناصر دیگر می‌تواند روی اسیدیته خاک تأثیر به‌سزایی داشته باشد. گرانجید و همکاران (۲۰۱۱ ب) در پژوهشی که به‌منظور بررسی تغییرات ویژگی‌های 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 (۲۳). زو و همکاران (۲۰۱٤) علت افزایش اسیدیته خاک در اثر آتش‌سوزی را تمرکز مجموع عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم از خاکستر ناشی از آتش‌سوزی عنوان کردند (٤۷). افزایش کلسیم، منیزیم، پتاسیم آزاد شده از خاکستر می‌توانند مقدار اسیدیته خاک را در درازمدت با جانشین کردن هیدروژن و آلومینیوم جذب شده بر کلوئیدهای خاک افزایش دهند (۲). در این پژوهش آزادسازی بالای کاتیون‌ها از خاکستر مرتع سوخته سبب افزایش اسیدیته خاک در مرتع سوخته نسبت به مرتع شاهد شد.

در پژوهش حاضر میزان هدایت الکتریکی خاک در مرتع سوخته و شاهد معنی‌دار نبود، بررسی تأثیر آتش‌سوزی بر تنوع درختان و برخی ویژگی‌های خاک در منطقه عربستان نشان داد که هدایت الکتریکی خاک به‌طور قابل‌توجهی در مناطق سوخته‌شده در مقایسه با مناطق سوخته شاهد افزایش پیدا کرده بود که با نتایج این پژوهش مغایرت دارد (۳۳).

بین ظرفیت تبادل کاتیونی و درصد رس خاک نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد که این امر بدیهی است، چرا که هر چقدر ذرات رس در یک خاک بیش‌تر باشد، آن خاک دارای ظرفیت تبادل کاتیونی بالاتری است. به‌دلیل آن‌که مواد آلی در خاک دارای بار منفی هستند، بنابراین موجب نگه‌داشتن یون‌های مثبت در خاک و جذب بهینه‌تر و بهتر آن‌ها می‌شود و ظرفیت تبادلی خاک افزایش می‌یابد (شکل ٦).



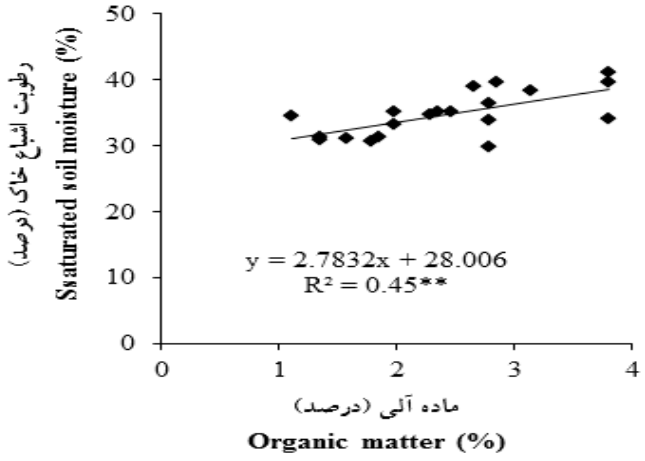
شکل ٦- رابطه رگرسیونی بین مقدار رس با ظرفیت تبادل کاتیونی در خاک مراتع منطقه بدره.

Figure 6. Regression relationship between claycontent with sand and silt content in the pasture soils of the Badreh area.

ماده آلی خاک: بر اساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ٤) آتش‌سوزی در مراتع منطق بدره منجر به کاهش مقدار ماده آلی خاک به‌طور معنی‌داری ($P<0/05$) گردید. میزان کاهش ماده آلی خاک در مرتع سوخته در مقایسه با خاک مراتع شاهد ١٧/٦٦ درصد بود همچنین با افزایش عمق خاک ماده آلی خاک به‌میزان ٤٢/٠٢ درصد کاهش نشان داد (جدول ٤).

مهم‌ترین جزء تشکیل‌دهنده مواد آلی خاک بقایای گیاهی است و به‌طور طبیعی با وقوع آتش‌سوزی مواد آلی سوخته‌شده و عمدتاً به‌صورت گاز CO_2 از خاک خارج می‌شوند (١١). در برخی مراتع از جمله منطقه بدره که به‌طور پی‌درپی تحت‌تأثیر آتش‌سوزی است، سوزاندن سبب کاهش ماده آلی خاک با زمان به‌ویژه در چند سانتی‌متر بالایی عمق خاک می‌شود (١٩). علت افزایش میزان مواد آلی در مرتع شاهد علاوه بر تولید فراوان ماده خشک گیاهی، می‌توان به پتانسیل رطوبتی بالای آب در مرتع نسوخته نسبت به مرتع شاهد دانست (١٠). در پژوهشی با هدف بررسی تأثیر آتش‌سوزی پوشش گیاهی بر کیفیت خاک مراتع نیمه‌استپی کرسنک، چهارمحال و بختیاری، مراتعی با تاریخچه آتش‌سوزی متفاوت را مورد بررسی قرار دادند (٢٤). نمونه‌های خاک در عمق‌های ١٠-٠ و ٢٥-١٥ سانتی‌متری خاک برداشت شد. نتایج این پژوهش نشان داد که در مناطق سوخته‌شده، ماده آلی خاک در لایه‌های سطحی پس از آتش‌سوزی به‌طور معنی‌دار کاهش یافته و ماده آلی در لایه سطحی تمام مناطق سوخته شده به‌طور معنی‌دار کم‌تر از مناطق شاهد بود. در این پژوهش احتمالاً آتش‌سوزی در مرتع پوشش گیاهی و لاشبرگ را به‌طور مستقیم از بین می‌رود و ورود مواد به خاک و کربن آلی خاک کاهش می‌دهد و سبب تفاوت معنی‌دار مرتع سوخته نسبت به مرتع شاهد می‌شود. علت افزایش ماده آلی در خاک سطحی نسبت به عمق تحتانی در پژوهش حاضر را می‌توان فعالیت بالای میکروارگانیسم‌ها، انبار بقایای گیاهی تازه، سرعت بالای فرآیند تجزیه در عمق ٠-٥ سانتی‌متر نسبت به عمق ٥-٢٠ سانتی‌متر دانست (٢١). چیپسا و تاها (٢٠٠٩) در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که لایه سطحی خاک از نظر درصد ماده آلی و نیتروژن کل شرایط مناسب‌تری در مقایسه با لایه زیرین خاک دارد (١٣).

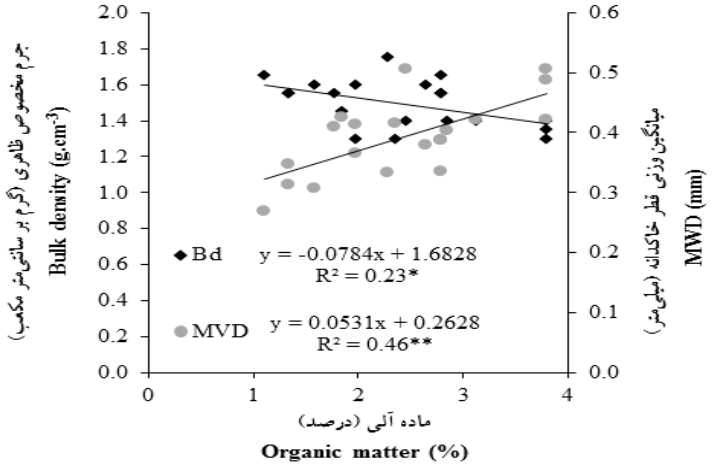
رابطه ماده آلی و میزان رطوبت اشباع خاک نیز دارای همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری بود. همان‌گونه که در شکل ٧ ملاحظه می‌شود با افزایش ماده آلی خاک در مراتع میزان رطوبت اشباع خاک نیز افزایش یافت.



شکل ٧- رابطه رگرسیونی بین ماده آلی خاک با رطوبت اشباع در خاک مراتع منطقه بدره.

Figure 7. Regression relationship between organic matter with saturated soil moisture in the pasture soils of the Badreh area.

بین ماده آلی خاک با میانگین وزنی قطر خاکدانه همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری مشاهده گردید. به‌طوری‌که با افزایش ماده آلی خاک، میانگین وزنی قطر خاکدانه افزایش یافت. رابطه ماده آلی خاک با جرم مخصوص ظاهری خاک نیز دارای همبستگی منفی و معنی‌داری ($P<0/05$) بود. همان‌گونه که در شکل ۸ ملاحظه می‌شود با افزایش ماده آلی خاک، میزان جرم مخصوص ظاهری خاک روند کاهشی نشان داد (شکل ۸).



شکل ۸- رابطه رگرسیونی بین ماده آلی با جرم مخصوص ظاهری و میانگین وزنی قطر خاکدانه در خاک مراتع منطقه بدره.

Figure 8. Regression relationship between organic matter with bulk density and mean weight diameter in the pasture soils of the Badreh area.

میزان عناصر غذایی خاک: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثرات آتش‌سوزی بر عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم قابل‌جذب و کلسیم محلول خاک بود (جدول ۵). غلظت نیتروژن خاک، پتاسیم، منیزیم و کلسیم محلول خاک تحت‌تأثیر اثرات عمق خاک در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۵). اثرات متقابل آتش‌سوزی و عمق خاک تأثیر معنی‌داری بر غلظت فسفر، کلسیم و منیزیم محلول خاک در سطح احتمال پنج درصد داشت (جدول ۵).

نیتروژن کل: نیتروژن در خاک به دو شکل آلی (اسیدهای امینه، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلیئک) و معدنی (نیترات و آمونیوم) وجود دارد که مجموع آن‌ها نیتروژن کل را تشکیل می‌دهند (٤٥). از جایی‌که بیش‌ترین بخش نیتروژن کل، نیتروژن آلی تشکیل می‌دهد در هنگام آتش‌سوزی بخش آلی بیش‌تر تحت‌تأثیر قرار گرفته و به‌تبع آن نیتروژن کل نیز کاهش می‌یابد. در پژوهش حاضر نیز بیش‌ترین میزان نیتروژن کل (۰/۱٦ درصد) در مراتع شاهد به‌دست آمد، که در مقایسه با مرتع سوخته ۲۳/۰۲ درصد بیش‌تر بود (شکل ۹ الف). با افزایش عمق خاک غلظت نیتروژن کل خاک ٤۱/۲٤ درصد کاهش یافت (شکل ۹ ب).

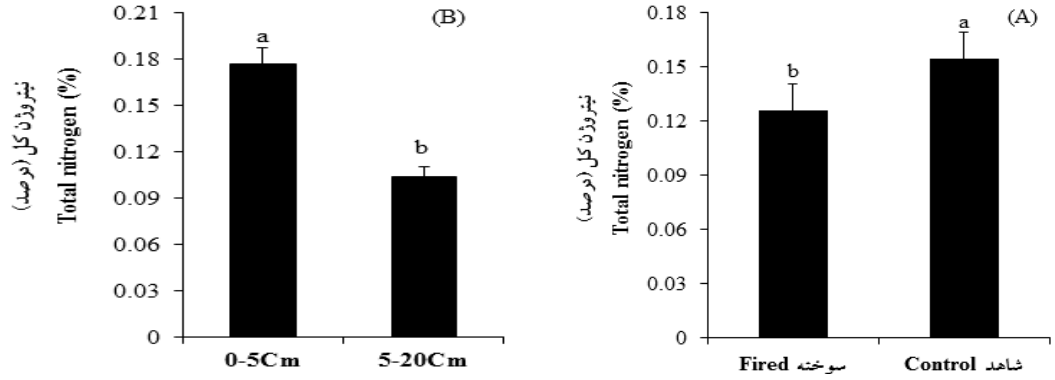
جدول ۵- تجزیه واریانس اثر آتش‌سوزی و عمق خاک بر غلظت عناصر خاک مراتع منطقه بدره.

Table 5. Analysis of variance effect of fire and soil depth on elements concentration soil of pasture Baderh area.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares				
		نیتروژن کل Total nitrogen	فسفر قابل‌جذب Phosphorus Available	پتاسیم قابل‌جذب Available potassium	منیزیم محلول Magnesium solation	کلسیم محلول Calcium solation
آتش‌سوزی Fire	1	0.0042*	96.80*	39694*	0.691^{ns}	0.612**
عمق Depth	1	0.0266**	50.75^{ns}	178038**	12.608**	2.112**
آتش‌سوزی × عمق Fire× Depth	1	0.0002^{ns}	53.33*	1361^{ns}	1.636*	0.480*
خطا Error	16	0.0006	11.78	7371	0.276	0.069
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		17.97	13.59	17.24	16.35	15.96

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد، ^{ns} غیرمعنی‌دار.

* and ** Significant at 5 and 1% probability levels, respectively, ^{ns} non significant.

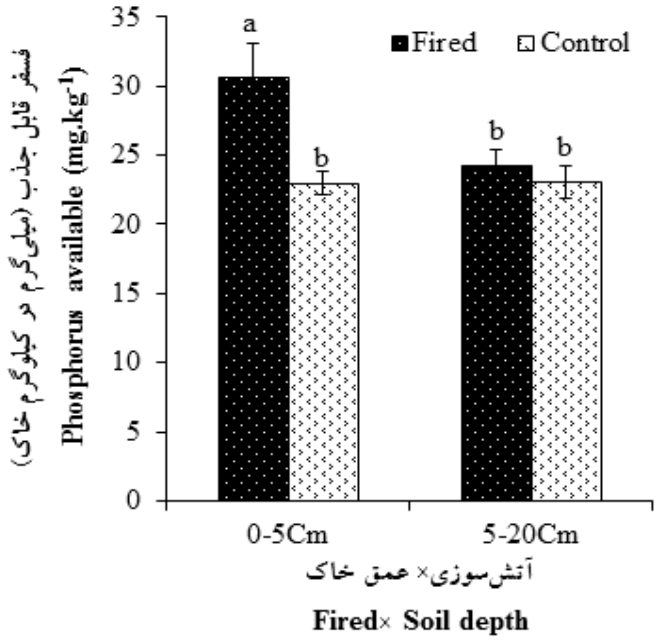


شکل ۹- اثر آتش‌سوزی (الف) و عمق خاک (ب) بر غلظت نیتروژن کل خاک مراتع منطقه بدره.

Figure 9. The effect of fired (A) and soil depth (B) on total nitrogen soil of pasture Baderh area.

مقدار نیتروژن کل خاک در اثر آتش‌سوزی کاهش یافت است که با یافته‌های سایر پژوهشگران از جمله دوگای و همکاران (۲۰۰۷)، گارسیا- کورنا و همکاران (۲۰۰٤) مطابقت دارد (۱۵ و ۲۰). در اثر آتش‌سوزی نیتروژن آلی خاک کاهش می‌یابد چون به مقدار زیادی تصعید می‌شود (۱۸). همچنین نتایج پروهش‌های همت‌بلند و همکاران (۲۰۱۰) نشان‌دهنده افزایش نیتروژن کل خاک در اثر آتش‌سوزی است که با نتایج این پژوهش مطابقت ندارد (۲۵). محمدعارف و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی پیامد آتش‌سوزی بر ویژگی‌های خاک گزارش نمودند، آتش بر بافت خاک تأثیر ویژه‌ای ندارد ولی غلظت نیتروژن و مواد آلی کاهش و اسیدیته افزایش یافت که در نهایت منجر به تغییر در غلظت مولیبدن، کبالت، نیکل و سرب گردید (۳۲).

فسفر قابل‌جذب خاک: بیش‌ترین غلظت فسفر قابل‌جذب خاک (۳۰/٦۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) در مرتع سوخته در عمق سطحی (۵-۰ سانتی‌متر) حاصل گردید، که در مقایسه با مرتع شاهد ۳۳/۳۲ درصد افزایش نشان داد (شکل ۱۰). آتش‌سوزی در عمق زیرین خاک، تأثیر معنی‌داری بر غلظت فسفر قابل‌جذب خاک نداشت (شکل ۱۰).



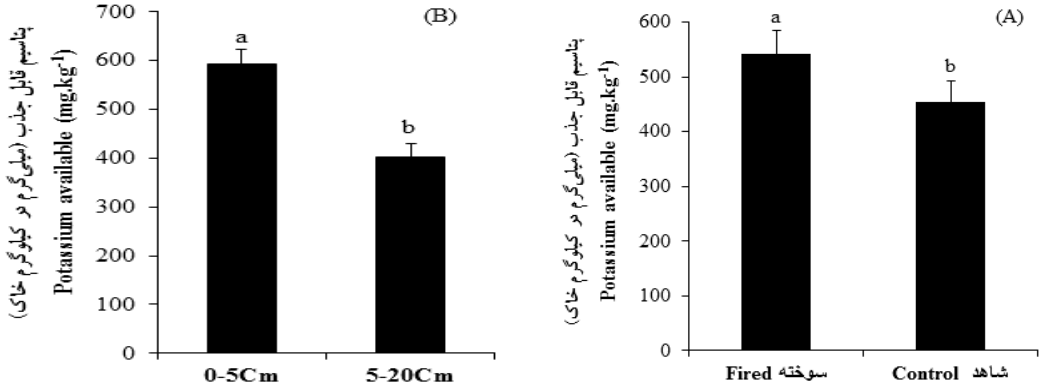
شکل ۱۰- اثر آتش‌سوزی بر غلظت فسفر قابل‌جذب در دو عمق مختلف خاک در مراتع منطقه بدره.

Figure 10. The effect of fire on soil phosphorus available in two different depth of soil in pasture of the Badreh area.

در مورد پیامد آتش‌سوزی بر غلظت فسفر خاک، می‌توان نتیجه گرفت که افق سطحی بیش‌تر از افق زیرین تحت‌تأثیر قرار گرفته است. مطالعات نیز نشان می‌دهند که آتش‌سوزی‌هایی با شدت زیاد یا کم، بیش‌تر درجه حرارت چند سانتی‌متر اول خاک را افزایش می‌دهند (۱۱). در دماهای ۱۷۰ تا ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد فسفر آلی خاک با از بین رفتن مواد آلی به فسفر معدنی تبدیل می‌شود. این فسفر به‌صورت محلول می‌باشد که یا توسط گیاهان جذب می‌شود و یا به‌صورت فسفات‌های آهن، آلومینیوم و کلسیم رسوب می‌کند (۳۵). آتش‌سوزی از طریق تغییر اسیدیته خاک و هدایت آن به‌سمت خنثی بودن تأثیر مثبتی بر میزان فسفر قابل‌استفاده خاک گذاشته و فسفر غیرقابل‌استفاده خاک را به اورتوفسفات (شکل قابل‌جذب) تبدیل می‌نماید (٤). بنابراین آتش‌سوزی منجر به افزایش قابل‌توجهی در میزان فسفر قابل‌دسترس می‌شود. پژوهش‌های مختلف بیانگر آن است که سوزندان بقایای گیاهی سبب افزایش فسفر خاک به‌ویژه در لایه ۵-۰ سانتی‌متری می‌شود (۱۹). پژوهش آلوزیس و همکاران (۲۰۰٤) نشان داد که دو ماه پس از آتش‌سوزی مقدار فسفر قابل عصاره‌گیری با اسید آسکوربیک خاک سوخته نسبت به خاک شاهد بیش‌تر می‌باشد (۱). آنان همچنین گزارش کردند که دو سال پس از آتش‌سوزی مقدار فسفر به‌طور

چشم‌گیری افزایش یافته که احتمالاً به‌دلیل ظرفیت جذب فسفر زیاد ماده مادری (خاک‌های آتشفشانی) بوده است (۱).

پتاسیم قابل‌جذب خاک: آتش‌سوزی میزان پتاسیم قابل‌جذب خاک را افزایش داد، میزان افزایش پتاسیم قابل‌جذب خاک در مرتع سوخته در مقایسه با مرتع شاهد ۱۹/٦٤ درصد بود (شکل ۱۱ الف). افزایش عمق خاک باعث کاهش غلظت پتاسیم قابل‌جذب خاک گردید (شکل ۱۱ ب).



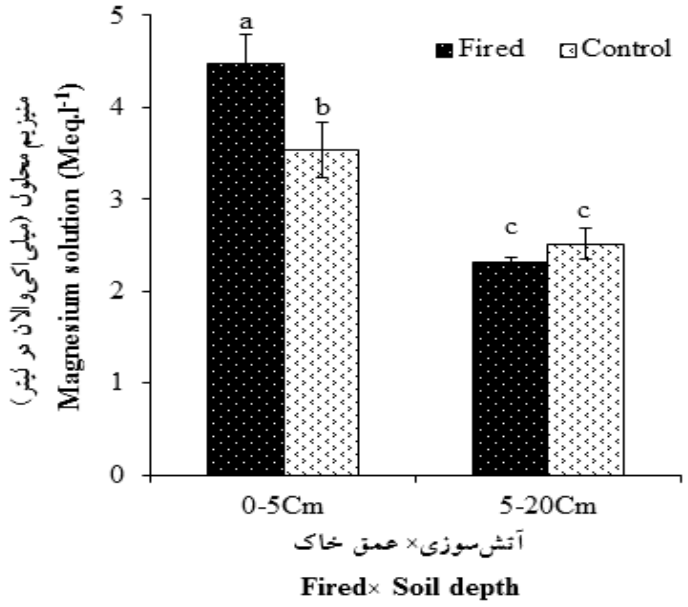
شکل ۱۱- اثر آتش‌سوزی (الف) و عمق خاک (ب) بر غلظت پتاسیم قابل‌جذب خاک مراتع منطقه بدره.

Figure 11. The effect of fire (A) and soil depth (B) on potassium available soil of pasture Baderh area.

نتایج نشان داد میزان پتاسیم خاک تحت‌تأثیر آتش‌سوزی افزایش یافت که با نتایج مطالعات باقری و همکاران (۲۰۱٦) و شاوکینگ و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت دارد (٤ و ۳۹). به‌طورکلی دلیل افزایش پتاسیم پس از آتش‌سوزی را می‌توان ناشی از سوختن مواد آلی و آزاد شدن کاتیون‌های موجود در آن دانست (۳۳). آلوزیس و همکاران (۲۰۰٤) نیز گزارش نمودند که دو ماه پس از آتش‌سوزی مقدار پتاسیم خاک در عرصه سوخته افزایش یافت (۱). هرناندز و همکاران (۱۹۹۷) دریافتند که در اثر آتش‌سوزی، فراهمی عناصر غذایی از جمله پتاسیم در لایه رویین خاک افزایش می‌یابد. این افزایش فراهمی پتاسیم در عرصه سوخته نسبت به شاهد از طریق سوختن مواد آلی و گیاهان و تبدیل آن‌ها به خاکستر حاصل می‌شود (۲٦).

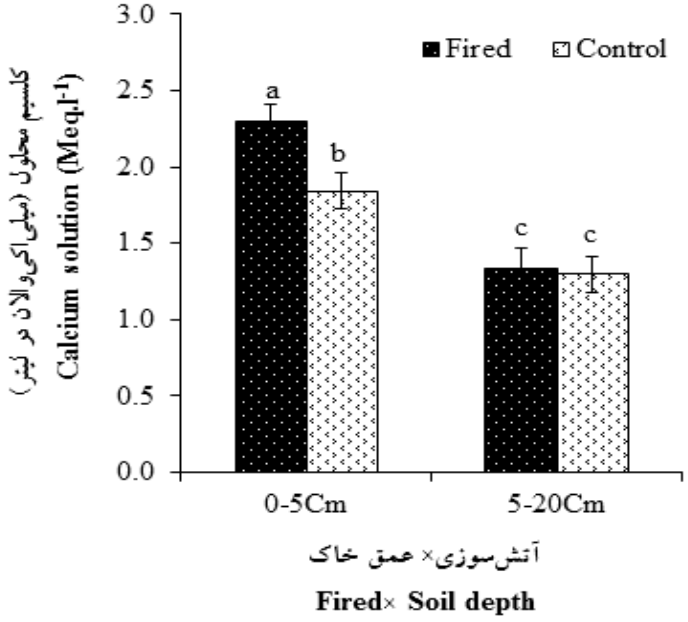
منیزیم محلول: در عمق زیرین خاک (۲۰-۵ سانتی‌متر) آتش‌سوزی تأثیر معنی‌داری ($P<0/05$) بر غلظت منیزیم خاک نداشت (شکل ۱۲). ولی در عمق سطحی خاک (۵-۰ سانتی‌متری) آتش‌سوزی باعث افزایش غلظت منیزیم خاک به‌میزان ۲٦/٦۹ درصد در مقایسه با تیمار شاهد گردید (شکل ۱۲).

کلسیم محلول: بیش‌ترین غلظت کلسیم محلول خاک (۲/۳۰ میلی‌اکی‌والان در لیتر) در خاک مرتع سوخته در عمق ۵-۰ سانتی‌متر به‌دست آمد که در مقایسه با خاک مرتع شاهد ۲۵/۰۰ درصد بیش‌تر بود (شکل ۱٤). در عمق زیرین خاک (۲۰-۵ سانتی‌متر) آتش‌سوزی تأثیر معنی‌داری بر غلظت کلسیم محلول خاک نداشت (شکل ۱٤).



شکل ۱۲- اثر آتش‌سوزی بر مقدار منیزیم محلول خاک در دو عمق مختلف خاک در مراتع منطقه بدره.

Figure 12. The effect of fired on soil magnesium solution in two different depth of soil in pasture of the Badreh area.



شکل ۱۳- اثر آتش‌سوزی بر مقدار کلسیم محلول خاک در دو عمق مختلف خاک در مراتع منطقه بدره.

Figure 13. The effect of fired on soil calcium solution in two different depth of soil in pasture of the Badreh area.

نتایج نشان داد که آتش‌سوزی بیش‌ترین تأثیر را بر ویژگی‌های در لایه سطحی خاک داشته و تأثیری چندانی بر ویژگی‌های مورد نظر در لایه زیر سطحی خاک نداشته است. دلیل این را می‌توان ناشی از عمق نفوذ متفاوت گرما در این دو لایه دانست. با توجه به سطحی بودن آتش‌سوزی، عمق نفوذ گرمای حاصل از

آتش‌سوزی به لایه سطحی خاک محدود شده و گرما قادر به نفوذ به لایه زیرین خاک نبوده است، به‌طوری‌که لایه سطحی خاک بیش‌تر در تماس با حرارت ناشی از آتش‌سوزی می‌باشد و بنابراین تأثیر آتش‌سوزی در این لایه بیش‌تر از لایه‌های زیرین خاک است. بادیا و همکاران (۲۰۱٤) در بررسی اثر آتش‌سوزی بر مواد مغذی و کربن آلی در خاک‌های اسپانیا مشاهده نمودند که کلسیم، منیزیم و فسفر یک هفته بعد از آتش‌سوزی به‌طور قابل‌توجهی افزایش و یک‌سال پس از آتش‌سوزی غلظت مواد مغذی نسبتاً کاهش یافت و به‌میزان آن در خاک شاهد نزدیک شد (۳). دلیل این افزایش شدت آتش‌سوزی و افزایش کربن آلی و علت کاهش آن آبشویی و خارج شدن فسفر از سطح خاک عنوان شد. آلوزیس و همکاران (۲۰۰٤) در بررسی پیامدهای آتش‌سوزی خاک‌های مناطق جنگلی آرژانتین افزایش مقدار منیزیم خاک و در مطالعه‌ای دیگر، ورما و جی‌کومار (۲۰۱۲) افزایش کلسیم محلول را در عرصه سوخته گزارش کردند (۱ و ٤٤).

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی نتایج نشان می‌دهد آتش‌سوزی در مراتع منطقه بدره در استان ایلام بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تأثیر داشته است. به‌طوری‌که در بیش‌تر موارد باعث کاهش کیفیت خاک از لحاظ شیمیایی (کاهش ماده آلی، نیتروژن، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک) و فیزیکی (تغییر بافت خاک، کاهش میانگین وزنی قطر خاکدانه، تخلخل و جرم مخصوص ظاهری خاک) و در برخی موارد آتش‌سوزی با آزاد شدن عناصر غذایی مانند فسفر، کلسیم و منیزیم در خاک باعث بهبود چرخه عناصر غذایی در خاک شده است. بنابراین تغییر در ویژگی‌های خاک در اثر آتش بیانگر اهمیت وقوع آتش‌سوزی بوده و از سوی دیگر با توجه به بیش‌تر بودن اثرات منفی آتش‌سوزی بر کیفیت خاک باید با آگاهی دادن به مردم و همکاری سازمان‌ها و ادارات از وقوع آتش‌سوزی در مراتع منطقه جلوگیری نمود.

منابع

1. Alauzis, M., Mazzarino, M.J., Raffaele, E., and Roselli, L. 2004. Wildfire in NW Patagonia: long-term effects on a Nothofagus forest soil. Forest Ecology and Management. 192: 1. 131-142.
2. Arocena, J.M., and Opio, C. 2003. Prescribed fire-induced changes in properties of sub-boral forest soils. Geoderma. 113: 1-16.
3. Badía, D., Martí C., Aguirre, A., Aznar, J.M., González-Pérez, J.A., Rosa, J.M., León, J., Ibarra, P., and Echeverría, T. 2014. Wildfire effects on nutrients and organic carbon of a Rendzic Phaeozem in NE Spain: Changes at cm-scale topsoil, Catena. 113: 267-275.
4. Bagheri, F., Basiri, R., Amiriachekan, A., Mohammadzade, A., and Bazgir, M. 2016. The effect of fire on some soil chemical properties of Bankool forests in Ilam province. J. Wood For. Sci. Technol. 23: 3. 69-87. (In Persian)
5. Banej Shafiei, A., Akbarinia, M., Azizi, P., and Eshaghi Rad, J. 2010. Impacts of fire on some chemical properties of forest soil in north of Iran (Case study: Kheyroudkenar forest). Iran. J. For. Poplar Res. 18: 3. 32-45. (In Persian)
6. Blake, G.R., and Hart-age, K.H. 1986. Bulk density. P 363-382, In: A. Klute (ed), methods of soil analysis. Part 1: physical and mineralogical methods, 2nd. Agronomy Monograph.
7. Bodí, M.B., Cerdà, A., Mataix-Solera, J., and Doerr, S.H. 2012. A review of fire effects on veget action and soil in the meditaranian basin. Boletin De La asociacion De Geografos Espanoles. 58: 33-55.
8. Bower, C.A., Reitemeier R.F., and Fire-man, M. 1952. Exchangeable caption analysis of saline and alkali Soil. Soil Science. 73: 251-261.

9.Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agron. J. 54: 464-465.
10.Bruhjell, D., and Tegart. G. 2001. Fire effect on soil, Ministry of Agriculture, Food and Fisheries, 108p.
11.Certini, G. 2005. Effects of fire on properties of forest soils. Oecologia. 143: 1. 1-10.
12.Chapman, H.D., and Pratt, P.F. 1978. Methods of analysis for soils, plants and waters. Division of Agricultural Sciences, University of California, Berkeley, USA. 309p.
13.Chibsa, T., and Ta, A. 2009. Assessmt of soil organic matter under four land use systems, in Bale Highlands, Southeast Ethiopia. World Appl. Sci. J. 6: 9. 1231-1246.
14.De-Bano, L.F., Neary, D., and Folliott, P.F. 2005. Soil physical properties. P 250-260. In: D. Neary (ed), Wild land fire in ecosystems, effects of fire on soil and water. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42-Vol.4. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
15.Duguy, B., Rovira, P., and Vallejo, R. 2007. Land-use history and fire effects on soil fertility in eastern Spain. Europ. J. Soil Sci. 58: 1. 83-91.
16.Ebrahimi Mohannadi, S.H., Azari, M. and Manoochehri, E. 2016. Effect of fire on soil properties, erosion and hydrologic regime of Zrebar lake watershed. J. Water Soil. 30: 2. 618-631. (In Persian)
17.Filho, C.C., Lourenco, A., Guimaraes, M., and Fonseca, I.C.B. 2002. Aggregate stability under different soil management systems in red latosol in the Parana, Brazil. Soil Tillage Research. 65: 45-51.
18.Fisher, R.F., and Binkley, D. 2000. Ecology and management of forest soils. 3nd. Wiley, New York. 362p.
19.Fynn, R.W.S., Haynes, R.J., and O'Connor, T.G. 2003. Burning causes long-term changes in soil organic matter content of South African grassland. Soil Biology Biochemistry. 35: 677-687.
20.García-Corona, R., Benito, E., De Blas, E., and Varela, M. 2004. Effects of heating on some soil physical properties related to its hydrological behavior in two north-western Spanish soils. Inter. J. Wild land Fire. 13: 195-199.
21.Gonzalez-Perez, J.A., Gonzalez-Vila, F.J., Almendros, G., and Knicker, H. 2004. The effect of fire on soil organic matter a review. Environment international. 30: 6. 855-870.
22.Granged, A.J.P., Jordan, A., Zavala, L.M., Munoz-Rojas, M., and Mataix-Solera, J. 2011a: Short-term effects of experimental fire for a soil under eucalyptus forest (SE Australia), Geoderma. 167: 125-134.
23.Granged, A.J.P., Jordan, A., Zavala, L.M., Jordan, A., and Barcenas-Moreno, G. 2011b. Post-fire evolution of soil properties and vegetation cover in a Mediterranean heathland after experimental burning: A 3-year study. Geodrma. 164: 85-94.
24.Heidary, J., and Ghorbani Dashtaki, S. 2013. The effect of fire on soil quality in semi-steppe rangelands of Karsanak, Chaharmahal and Bakhtiari. J. Water Soil Cons. 20: 2. 1-18. (In Persian)
25.Hemmatboland, M., Akbarinia, M., and Banej Shafiei, A. 2010. The effect of fire on some soil chemical properties of oak forests in Marivan region. Iran. J. For. Pop. Res. 18: 2. 32-43. (In Persian)
26.Hernandez, T., Garcia, C., and Reinhardt, I. 1997. Short-term effect of wild fire on the chemical, biochemical and microbiological properties of Mediterranean pine forest soils. Biology Fertilizer Soils. 25: 109-116.
27.Hubbert, K.R., Preisler, H.K., Wohlgemuth, P.M., Graham, R.G., and Narog, M.G. 2006. Prescribed burning effects on soil physical properties and water repellency in a steep chaparral watershed, Southern California, USA. Geoderma. 130: 284-298.
28.Hungerford, R.D., Harrington, M.G., Frandsen, W.H., Ryan, R.C., and Niehoff, J.G. 1990. Influence of fire on factors that affect site productivity. Symposium on Management and productivity of Western-Montana forest soil, Montana, USA.

29.Kavdır, Y., Ekinci, H., Yuksel, O., and Mermut, A.R. 2005. Soil aggregate stability and 13C CP/MAS-NMR assessment of organic matter in soils influenced by forest wildfires in Çanakkale, Turkey. Geoderma. 129: 219-29.
30.Kemper, W.D., and Rosenau, R.C. 1986. Aggregate stability and size distribution. P 425-442, In: A. Klute (ed), methods of soil analysis. Part 1: physical and mineralogical methods, 2nd.
31.Ketterings, Q.M., Bigham, J.M., and Laperche, V. 2000. Change in soil mineralogy and Texture caused by slash and burn fires in Sumatra, Indonesia. Soil Sci. Amer. J. 64: 1108-1117.
32.Mohamed Aref, I., Atta, H.A., and Al-Ghamed, A.R.M. 2011. Effect of forest fires on tree diversity and some soil properties. J. Agric. Biol. 13: 659-664.
33.Molavi, R., Baghernezhad, M., and Adhami, A. 2009. Fires and burning of agricultural waste on changes in clay minerals and some physic-chemical characteristics of soil. J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour. Water and soil Sciences. 49: 99-110. (In Persian)
34.Morgan, R.P.C. 2005. Soil erosion and conservation. 3rd edition. Blackwell Publishing. 304p.
35.Murphy, J.D., Johnson, D.W., Miller, W.W., Walker, R.F., and Blank, R.R. 2006. Prescribed fire effects on forest floor and soil nutrients in a Sierra Nevada Forest. Soil Science. 171: 3. 181-199.
36.Neary, D.G. 2004. An Over-veiw of fire effects on soils. Southwest Hydrology. 17p.
37.Page. A.L., Miller, R.H., and Jeeney, D.R. 1992. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and mineralogical properties. SSSA Pub., Madison. 624p.
38.Pourreza, M., Hosseini, S.M., Safari Sinegani, A.A., Matinizadeh, M., and Dick, W.A. 2014. Soil microbial activity in response to fire severity in Zagros oak (*Quercus brantii* Lindl.) forests, Iran, after one year. Geoderma. 213: 95-102.
39.Shaoqing, C., Shaolin, P., Baoming, C., Danting, C., and Juhua, C. 2010. Effects of fire disturbance on the soil physical and chemical properties and vegetation of Pinus massoniana forest in south subtropical area. Acta Ecological Science. 30: 184-189.
40.Six, J., Elliotte, E., and Paustian, K. 2000. Soil structure and soil organic matter: II. A normalized stability index and the effect of mineralogy. Soil Sci. Soc. Amer. J. 64: 1042-1049.
41.Terefe, T., Mariscal-Sancho, I., Peregrina, F., and Espejo, R. 2008. Influence of heating on various properties of six Mediterranean soils. A laboratory study. Geoderma. 143: 273-280.
42.Ulery, A.L., and Graham. 1993. Forest fire effects on soil color and texture. Soil Sci. Soc. Amer. J. 57: 135-140.
43.Varela, M.E., Benito, E., and Keizer, J.J. 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.
44.Verma, S., and Jaykumar, S. 2012. Impact of forest on physical, Chemical and biological properties of soil. International Academy of Ecology and Environmental Sciences. 2: 168-176.
45.Weil, R.R., and Brady, N.C. 2013. The Nature and Properties of Soils. Pearson Press.
46.Wuest, S.B., Caesar, T.T.C., Wright, S.F., and Williams, J.D. 2005. Organic matter addition, N and residue burning effects on infiltration, biological, and physical properties of an intensively tilled silt-loam soil. Soil and Tillage Research. 84: 154-167.
47.Xue, L., Li, Q., and Chen, H. 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.
48.Yildiz, D., Esen, D., Sarginic, M., and Topark, B. 2010. Effects of forest fire on soil nutrients in Turkish pine (*Pinus brutia* Ten) Ecosystems. J. Environ. Biol. 31: 11-13.
49.Yu, B., Stott, P., Di, X.Y., and Yu, H.X. 2014. Assessment of land cover changes and their effect on soil organic carbon and soil total nitrogen in daqing prefecture. Land Degradation and Development. 25: 520-531.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 25(5), 2019
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2018.12334.2691

Impact of fire on soil physical and chemical properties in the pastures of Badreh area in Ilam province

Z. Riahi[1], *M. Bazgir[2], F. Valizadeh Kakheki[2] and M. Rostaminya[2]
[1]M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, University of Ilam,
[2]Assistant Prof., Dept. of Soil Science, University of Ilam
Received: 04.09.2018; Accepted: 11.05.2018

Abstract
Background and Objectives: Fire is a major threat for natural resources in the world and is an important factor in changing physical and chemical properties of soil. Knowledge of the positive or negative effects of fire on soil properties can be a great importance for the management of natural resources. The aim of this study was to investigate the effect of fire on physical and chemical properties of soil in rangelands of Badreh area in Ilam province its comparison with non-fire areas (control).

Materials and Methods: After field studies in Badreh area in the eastern of Ilam province, soil samples were taken from 0-5 and 5-20 cm depths and collected randomly and transferred to the laboratory. Physical (soil texture, mean weight aggregate diameter, saturation moisture and bulk density) and chemical (organic matter, total nitrogen, phosphorus available, potassium available, calcium and magnesium exchangeable, cation exchange capacity) analysis were carried out on soil samples.

Results: The highest amount of sand (46.4%) and soil silt (24.4%) were found in burned pasture and the highest clay content (39%) was found in control rangelands. Fire significantly (α=0.05) decreased the stability of aggregates and soil porosity in burned rangelands compared to unprocessed rangelands (14.28 and 8.68%). The bulk density of the burned pasture was 9.1% higher than that of the control pasture. In the soil surface layer, the soil moisture content increased 16.98% compared to the control treatment. The fire decreased the amount of soil organic matter from 2.66% in control pasture to 2.19% in burned pasture (α=0.05). Soil acidity significantly increased in burned pasture (pH=7.45) compared to control pasture (pH=7.07). The highest cation exchange capacity (24.82 cmol kg^{-1}) and the lowest (18.98 cmol kg^{-1}) were obtained in control and burned rangelands, respectively. Also, with an increase in soil depth, the cation exchange capacity of soil decreased to 14.10%. The most available phosphorus, magnesium and calcium were obtained in burned pasture at the soil surface. Fire had no significant effect in the subsoil layer, on the amount of soil phosphorus, magnesium and calcium exchangeable.

Conclusion: In general, the results indicate that fire in rangelands of Badreh area in Ilam province affected physical and chemical properties of soil. In most cases, soil quality is decreased chemically (decreasing organic matter, nitrogen, cation exchange capacity) and physically (soil texture changing, soil aggregate stability, porosity and bulk density), and in some cases, fire caused to release the nutrient elements such as phosphorus, calcium and magnesium in the soil and improved the nutrient cycling nutrients in the soil.

Keywords: Cation exchange capacity, Element concentration, Fire, Mean weight diameter, Pasture, Soil texture

* Corresponding Author; Email: m.bazgir@ilam.ac.ir