نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۶، بهمن – اسفند ۱۳۹۸، ص. ۹۲۲-۹۱۳

Journal of Water and Soil
Vol. 33, No. 6, Jan-Feb. 2020, p. 913-922

اثر آتش بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک جنگل در نزدیک تنه و مرز تاج بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.)

الهام یزدانی[۱]- وحید حسینی[۲*]- کیومرث محمدی سمانی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۰۶

چکیده

آتش می‌تواند طیف گسترده‌ای از خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، کانی‌شناسی و زیستی خاک را بسته به شدت خود تغییر دهد. هدف از انجام این پژوهش، بررسی و مقایسه اثر آتش بر ویژگی‌های شیمیایی خاک جنگلی در موقعیت‌های متفاوت در زیر گونه درخت بلوط ایرانی (بروادر) (*Quercus brantii* Lindl) در شهرستان مریوان بود. برای انجام این تحقیق، دامنه‌ای که در مرداد ماه سال ۱۳۹۶ آتش‌سوزی رخ داده بود، انتخاب شد. سپس ترانسکتی بر روی خطوط تراز به طول ۲۵۰ متر پیاده شد و در فواصل ۳۰ متری نزدیک‌ترین درخت بروادر انتخاب شد و در نهایت دو نمونه خاک در عمق ۵-۰ سانتی‌متری و در دو فاصله نزدیک تنه (۵۰ سانتی‌متری) و مرز تاج برداشت شد. در مجاورت این دامنه؛ منطقه شاهد انتخاب و به همین ترتیب عمل شد. در نهایت ۳۲ نمونه خاک سوخته و نسوخته، برداشت و پس از انتقال به آزمایشگاه برخی ویژگی‌های شیمیایی شامل کربن، نیتروژن، فسفر، کلسیم، منیزیم، پتاسیم تبادلی، pH و EC اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که با افزایش فاصله از تنه درخت، مقدار کربن و نیتروژن خاک افزایش یافت. فسفر، کلسیم، منیزیم و پتاسیم با حرکت به سمت مرز تاج درختان کاهش معنی‌داری داشتند. pH و هدایت الکتریکی نیز با افزایش فاصله از تنه درختان کاهش معنی‌داری داشتند. به طور کلی می‌توان گفت با حرکت از موقعیت نزدیک تنه به طرف مرز تاج خصوصیات خاک سوخته متفاوت بوده است که به دلیل تفاوت در مقدار مواد قابل اشتعال تجمع‌یافته، احتمالا شدت آتش کمتر شده و در نتیجه اثرات متفاوتی بر خاک گذاشته است.

واژه‌های کلیدی: تاج درخت، جنگل بلوط زاگرس شمالی، خاک جنگل، شدت آتش

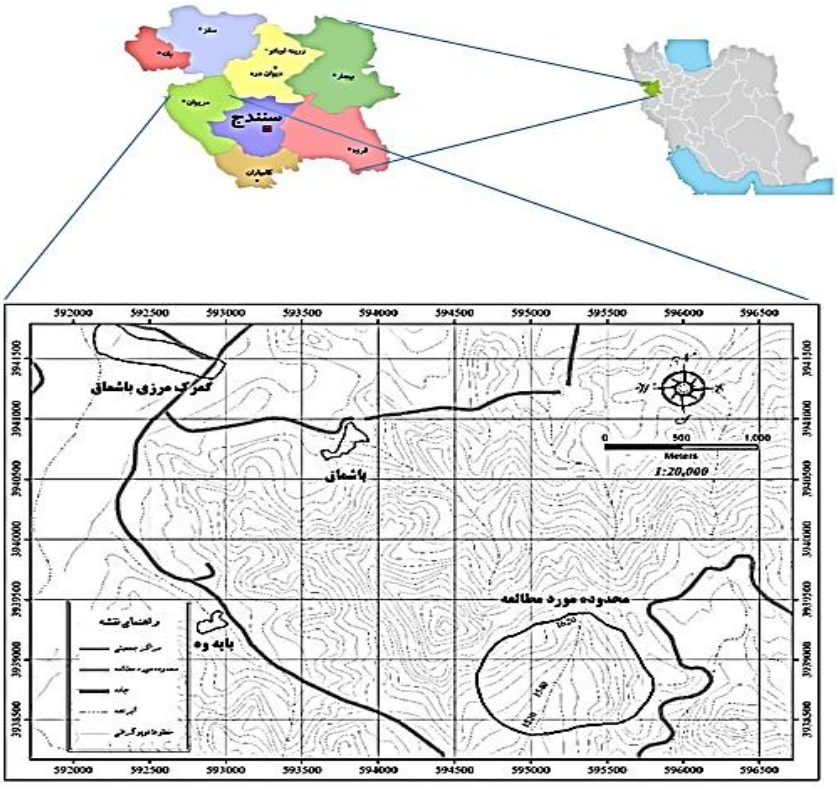
مقدمه

جنگل‌ها نقش حیاتی در تداوم جوامع انسانی به ویژه در ایران که یکی از کشورهای خشک جهان است، ایفا می‌کنند (۱۶) و آتش یکی از عوامل تأثیرگذار بر عملکرد این اکوسیستم‌ها است (۶). آتش‌سوزی گیاهان از ابتدای تشکیل حیات، فرایندی طبیعی بوده است، به طوری‌که از اواخر دوره سیلورین، زمانی که گیاهان آوندی برای اولین بار به وجود آمدند، وجود داشته است (۳۸). در کشور ایران هم سالانه صدها آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع اتفاق می‌افتد و باعث سوزاندن هزاران هکتار می‌شود (۵ و ۱۶). به طور کلی دو نوع آتش‌سوزی تجویزی و طبیعی در جنگل وجود دارد. آتش‌سوزی تجویزی، شامل سوزاندن مواد انباشته شده در سطح جنگل است که یک اقدام استاندارد برای کاهش میزان مواد قابل اشتعال و با هدف کاهش شدت آتش، تسهیل جوانه‌زنی و رشد گونه‌های جنگلی می‌باشد (۴۲).

اما در مقابل آتش‌سوزی کنترل شده، آتش‌سوزی طبیعی وجود دارد که در حضور مواد قابل اشتعال فراوان اتفاق می‌افتد و معمولا شدید است (۳۳). آتش می‌تواند به عنوان یک عامل مهم بر خاک اثر گذاشته و از طریق گرما و تولید خاکستر تغییراتی را بر خاک اعمال کند (۹ و ۷). تحقیقات نشان داده است که آتش می‌تواند طیف گسترده‌ای از خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، کانی‌شناسی و زیستی خاک را بسته به شدت خود تغییر دهد (۹). آتش از یک طرف، یک عامل زیست محیطی فعال است که قادر به تجمع مواد مغذی در خاک است (۳۹)، اما از سوی دیگر، می‌تواند به عنوان یک دلیل اولیه برای تخریب خاک به دلیل از دست دادن مواد مغذی از طریق تبخیر، آبشویی و فرسایش به ویژه در آتش‌سوزی‌های شدید در نظر گرفته شود (۲۸). تأثیر آتش‌سوزی بر خاک به عواملی همچون نوع خاک، زمان آتش سوزی، اکوسیستم و گونه‌های سوخته شده، شدت آتش‌سوزی، توپوگرافی منطقه و شرایط آب و هوایی در طی آتش و پس از آن، بستگی دارد (۷، ۸ و ۲۹). حسینی و حسینی (۱۷) پس از بررسی تاثیر زمان وقوع آتش بر مشخصه‌های خاک در فواصل زمانی مختلف، به این نتیجه رسیدند که تأثیر آتش بر خواص شیمیایی خاک در اولین سال پس از آتش‌سوزی بیشتر از دو و سه سال پس از آن بود. آتش می‌تواند بر از دست دادن یا کاهش ماده آلی، کاهش تخلخل و

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد و استادیاران گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان
(*- نویسنده مسئول: (Email: V.Hosseini@uok.ac.ir
DOI: 1022067//jsw.v33i6.80914

افزایش pH خاک اثرگذار باشد (۱۰). آلکانیز و همکاران (۲) دریافتند که مقدار pH و EC خاک پس از آتش‌سوزی به طور چشم‌گیری افزایش یافت. آتش‌سوزی با شدت پایین می‌تواند مقدار ماده آلی، نیتروژن کل و کاتیون‌های قابل تبادل را افزایش دهد، در حالی‌که شدت آتش‌سوزی بالا موجب از بین رفتن کامل ماده آلی شده و نیتروژن را نیز به طور قابل توجهی کاهش می‌دهد و اساسا مقدار کاتیون‌های تبادلی را افزایش می‌دهد (۶، ۷ و ۳۱). به طوری‌که نظری و همکاران (۲۷) در بررسی اثر شدت آتش بر خاک جنگلی دریافتند که بیشترین و کمترین مقدار کربن و نیتروژن به ترتیب مربوط به دماهای ۱۵۰ و ۴۹۰ درجه سانتی‌گراد بود. میزان خسارت وارد شده با توجه به شدت و مدت آتش‌سوزی، میزان اشتعال‌پذیری مواد، محل آتش‌سوزی، نوع خاک و محتوای مواد معدنی، اقلیم و توپوگرافی منطقه متفاوت است (۲۴ و ۴۳). بلوط ایرانی، گونه اصلی درختی در جنگل‌های زاگرس است که در بیشتر جاها به شکل رویشی شاخه‌زاد مشاهده می‌شود (۳۶) به طوری که هر درخت دارای جست‌های زیادی است. درون جست‌گروه‌ها و نزدیک تنه درختان به دلیل انباشت لاشبرگ‌ها و شاخه‌ها، مواد قابل اشتعال بیشتری وجود دارد (۱۲)، بنابراین هر چه آتش از سمت نزدیک تنه درختان به سمت مرز تاج پیش می‌رود با کاهش تراکم ماده سوختنی، شدت و مدت آتش‌سوزی هم کمتر شده و در نتیجه اثری که خاک از آتش می‌پذیرد، متفاوت است (۳۱). در این راستا حسینی و همکاران (۱۸) در مطالعه‌ای بر روی ویژگی‌های خاکستر دریافتند که با فاصله از تنه درختان، از شدت آتش کم شده و ویژگی‌های خاکستر در موقعیت‌های مختلف، متفاوت بود (۱۸). آتش‌سوزی در جنگل‌های زاگرس که به عنوان مهم‌ترین رویشگاه بلوط در ایران به شمار می‌رود، بسیار شایع است، به طوری‌که طبق آمارهای موجود در اداره کل منابع طبیعی استان کردستان، آتش‌سوزی یکی از مهم‌ترین عوامل تهدیدکننده و تخریب جنگل‌های عرصه زاگرس محسوب می‌شود (۲۷). از آن جا که این جنگل‌ها از لحاظ تاج پوشش، تنک و دارای تاج باز هستند، نوع آتش‌سوزی در آن‌ها سطحی می‌باشد، اما ناهمگونی مواد قابل اشتعال در کف جنگل می‌تواند منجر به آتش‌سوزی با شدت‌های متفاوت شود (۳۲). با توجه به اهمیت جنگل‌های زاگرس از لحاظ حفظ منابع آب و خاک و از طرفی هم آتش‌سوزی‌های متوالی که هر ساله در این جنگل‌ها اتفاق می‌افتد، جهت حفظ این اکوسیستم، شناخت کامل آن و اثرات آتش بر این اکوسیستم ضروری می‌باشد. بنابراین هدف از انجام این تحقیق بررسی و مقایسه اثر آتش‌سوزی بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک در دو موقعیت نزدیک تنه و مرز تاج در زیر گونه درختی برودار یا بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) بود.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در کشور و استان کردستان

Figure 1- Geographical location of the study area in the Kurdistan province, Iran

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، جنگل‌های روستای مرانـه در ۱۵ کیلـومتری شهرستان مریوان واقع در استان کردستان بود. ایـن منطقـه در طـول جغرافیایی "۸ ´۰۳ °۴۶ و عرض جغرافیایی "۲۴ ´۳۵ °۳۵ و با ارتفاع ۱۵۹۱ متر از سـطح دریـا واقـع شـده اسـت. میـانگین بارنـدگی ۸۰۴ میلی‌متر و رطوبت نسبی ۵۱ درصد می‌باشد. پوشش غالـب منطقـه از سه گونه بلوط ایرانی (برودار)، مازودار (*Quercusinfectoria Oliv.*) و وی‌ول (*Quercus libani Oliv.*) تشـکیل شـده اسـت. همچنـین شکل رویشی این جنگل اکثرا شاخه‌زاد بـود و گونـه‌هـای بـادام تلـخ، گلابی وحشی، کیکم، زالزالک و آلبالوی وحشی به صورت گونه همراه وجود دارند (۳).

روش نمونه‌برداری و اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک

منطقه مورد مطالعه در مرداد ماه سـال ۱۳۹۶ دچـار آتـش‌سـوزی شدید شده بود. پس از بازدید از منطقـه سـوخته و شـاهد، در منطقـه سوخته و بر روی خطوط تراز، ترانسکتی به طول ۲۵۰ متر پیـاده و در فواصل ۳۰ متری در زیر نزدیک ترین درخت برودار، دو نمونـه خـاک در دو فاصله نزدیک تنه (۵۰ سانتی‌متری) و مـرز تـاج در عمـق ۵-۰ سانتی‌متر، حدود یک هفته پس از رخداد آتش، برداشت شد. در مـورد منطقه شاهد نیز ۸ پایه درخت برودار در مجاور منطقه سـوخته کـه از لحاظ شرایط توپوگرافی، مواد مـادری، پوشـش گیـاهی و درختـی بـا منطقه سوخته مشابه بودند، انتخاب و در زیر هر پایه درخت یک نمونه در نزدیک تنه و یک نمونـه در مـرز تـاج در عمـق ۵-۰ سـانتی‌متـر، همزمان با منطقه سوخته برداشت شد. بنابراین در مجمـوع ۱۶ نمونـه خاک سوخته و ۱۶ نمونه خاک نسوخته برداشت شد. نمونه‌های خـاک پس از برداشت از از الک ۲ میلی‌متری گذرانـده شـدند و خصوصـیات شیمیایی شامل کربن آلی به روش والکی و بلاک، نیتـروژن کـل بـه روش کجلدال با استفاده از دستگاه اتوکجلتیک و فسفر قابل جذب بـه روش اولسن و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیـری شـدند (۱۹). همچنین کلسیم، منیزیم و پتاسیم قابل دسترس به روش استات آمونیـوم (۴۰) و بـا اسـتفاده از دسـتگاه فلـیم‌فتـومتر، pH و هـدایت الکتریکی در آب مقطر و با نسبت ۱ به ۲/۵ و بـه روش پتانسـیومتری (۴۱) اندازه‌گیری شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS 16 و Excel 2016 و بـا استفاده از طرح کاملا تصادفی تجزیه و تحلیل شـد. در ایـن تحقیـق پـس از بررسـی نرمـال بـودن داده‌هـا توسـط آزمـون کلمـوگروف-اسمیرنوف به منظور تجزیه و تحلیـل تغییـرات خصوصـیات خـاک از تجزیه واریانس یک طرفه (ANOVA) و برای مقایسه میانگین‌هـا از آزمون چند دامنه دانکن در سـطح هـای خطـای قابـل قبـول آمـاری (α=0.05 و α=0.01) استفاده شد.

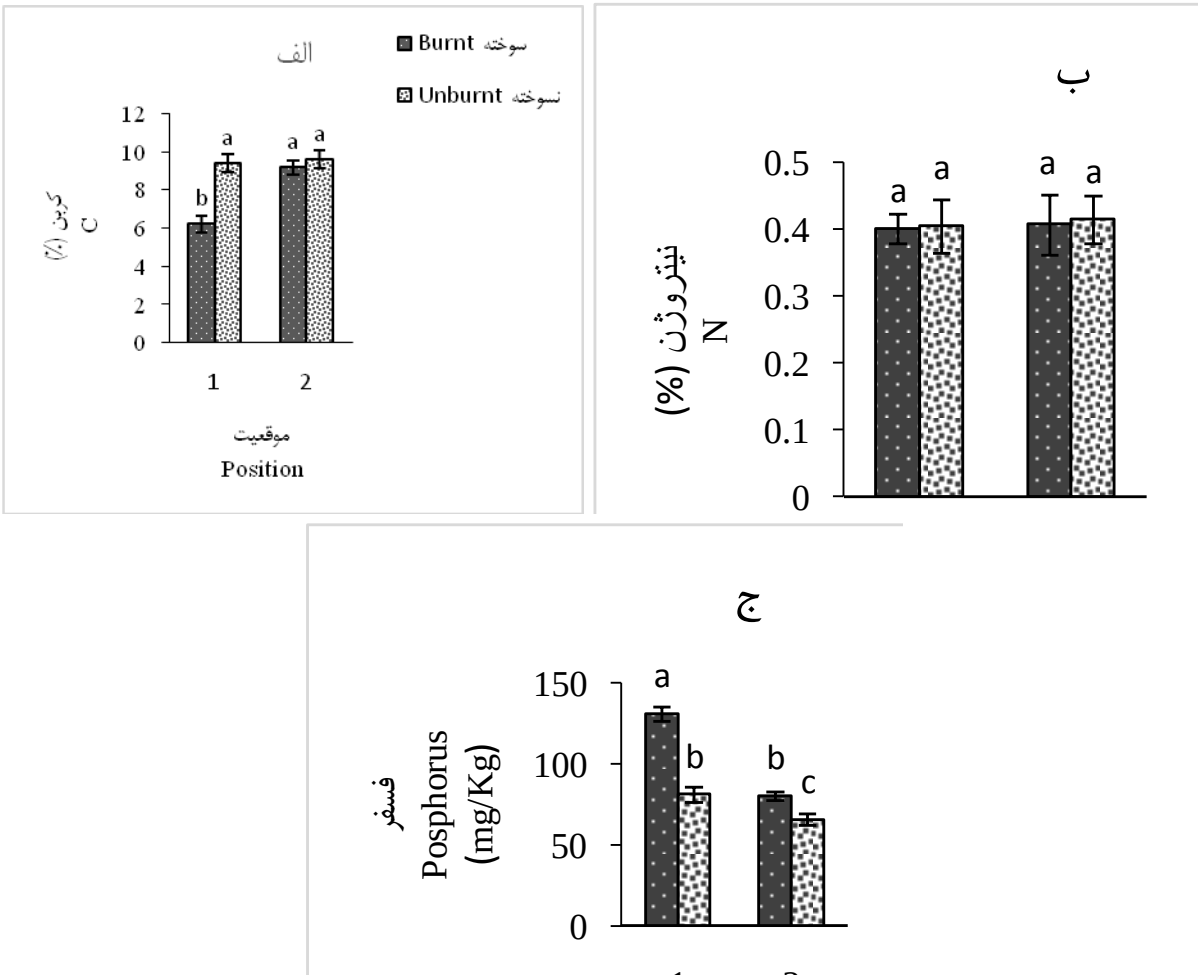
نتایج و بحث

کربن آلی (C)، نیتروژن کل (N) و فسفر قابل جذب (P)

نتایج نشان داد که مقدار کـربن و نیتـروژن در خـاک نسـوخته و سوخته در هر دو موقعیت، به استثناء کربن در موقعیت نزدیک تنه، بـا یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند (P>۰/۰۱). کربن خـاک سـوخته از ۶/۱۹ درصد در نزدیک تنه به ۹/۱۵ درصد در خاک سوخته مـرز تـاج افزایش یافت (شکل ۲. الف). نیتروژن از ۰/۳۹ درصد در خاک سوخته نزدیک تنه به ۰/۴۲ درصد در خاک سوخته مرز تاج افزایش یافت امـا این تفاوت معنی‌دار نبود (شکل ۲. ب). همچنین نتایج، افزایش مقـدار فسفر را در خاک سوخته در مقایسه با خـاک نسـوخته نشـان داد و بـا فاصله از نزدیک تنه از مقدار آن کاسـته شـد. بیشـترین مقـدار فسـفر (۱۳۱/۰۸ میلـی‌گـرم در کیلـوگرم) در خـاک سـوخته نزدیـک تنـه و کمترین مقدار آن (۶۵/۶۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) در خاک نسوخته مرز تاج اندازه‌گیری شد. اختلاف بین میانگین مقـدار فسـفر موجـود در دو خاک سوخته و نسوخته در هر دو موقعیت نزدیـک تنـه و مـرز تـاج از لحاظ آمـاری معنـی‌دار (P<۰/۰۱) بـود (شـکل ۲. ج). نتـایج تجزیـه واریانس نشان داد که دو موقعیت نزدیک تنـه و مـرز تـاج بـر مقـدار کربن، نیتروژن و فسفر اثر معنی‌داری داشت (جدول ۱).

کربن از طریق تجزیه شدن بقایای گیاهی وارد خاک شده و سبب تجمع مواد آلی در خاک می‌گردد (۱۹). نتـایج ایـن پـژوهش کـاهش کربن آلی را در خاک سوخته نشـان داد. کـاهش کـربن آلـی پـس از آتش‌سوزی می‌تواند به دلیل خروج کربن آلی و یا سوختن کامل مـاده الی و تبدیل آن به خاکستر باشد (۳۴). در مطالعه‌ای آزمایشـگاهی بـر خاک جنگل‌های زاگرس بالاترین مقدار کربن در خاک سوزانده شـده را در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد و همچنـین کـاهش آن را از دمـای ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد به بالا گزارش کردند (۲۷).

در جنگل‌های زاگرس درون توده‌های جوان مقدار زیادی از مـواد قابل اشتعال وجود دارد که می‌تواند منجر به آتش‌سوزی‌هایی با شدت بالا و متوسط نسبت به خارج از توده‌هـا شـود (۳۱). بنـابراین مطـابق نتایج این پژوهش مقدار کربن آلی خاک سوخته در موقعیـت نزدیـک تنه به دلیل بالا بودن تجمع مواد قابل اشتعال و بالا بودن شدت آتش، کمتر از مرز تاج بود. برخی از پژوهشگران افزایش نیتـروژن در دمـای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و سپس کاهش آن در دماهای بـالا را گـزارش دادند (۱۰ و ۲۰). دلیل این کـاهش را مـی‌تـوان پـایین بـودن دمـای تصعید نیتروژن بیان کرد، زیرا نیتروژن یکی از مواد مغذی اسـت کـه دارای بیشترین اثرپذیری از آتش می‌باشـد (۲۵). تصـعید نیتـروژن در طول سوختن به طور مستقیم به دمای خاک و مقدار ماده آلی مصرف شده بستگی دارد، اما شرایط نیتراتی شـدن معمـولا پـس از سـوختن بهبود می‌یابد (۱۱، ۱۰ و ۲۵).



شکل ۲- مقایسه میانگین کربن، نیتروژن و فسفر خاک درموقعیت نزدیک تنه (۱) و مرز تاج (۲) دردرختان برودار در سطح P<۰/۰۱

Figure 2- Mean comparison of carbon, nitrogen and soil phosphorus near tree trunk (1) and crown border (2) in Persian oak trees at the P <0.01 level

مطابق نتایج به دست آمده، مقدار فسفر در خاک سوخته در مقایسه با خاک نسوخته افزایش معنی‌داری یافت. روند مشابهی توسط برخی از پژوهشگران در جنگل‌های زاگرس گزارش شد (۱۴ و ۲۷). افزایش فسفر پس از آتش‌سوزی را در نتیجه جایگزین شدن لایه خاکستر به جای لایه لاشبرگ که حاوی کربن آلی و مواد مغذی حاصل از سوختن پوشش گیاهی است، گزارش کردند (۱۱). همچنین آتش‌سوزی باعث تبدیل فسفر آلی به فسفر قابل جذب (اورتوفسفات) می‌گردد (۱۱ و ۴۴). مقدار فسفر در خاک سوخته موقعیت نزدیک تنه بیشتر از مرز تاج بود. به طور معمول افزایش دما موجب افزایش فسفر قابل جذب به دلیل معدنی شدن مواد آلی می‌شود (۲۳). بنابراین تغییرات در مقدار فسفر خاک به شدت و مدت آتش‌سوزی بستگی دارد (۱۱).

پتاسیم (K)، کلسیم (Ca) و منیزیم (Mg) تبادلی

بر اساس نتایج، مقدار سه عنصر کلسیم، منیزیم و پتاسیم به استثناء پتاسیم در موقعیت مرز تاج، در خاک سوخته بیشتر از خاک نسوخته بود. همچنین با فاصله از موقعیت نزدیک تنه از مقدار پتاسیم موجود در خاک سوخته کاسته شد، به این ترتیب که از ۱۵۵/۲۷ میلی‌گرم در کیلوگرم در خاک سوخته نزدیک تنه درختان به ۱۳۴/۹۸ میلی‌گرم در کیلوگرم در خاک سوخته مرز تاج رسید. اختلاف مقدار پتاسیم بین خاک سوخته و نسوخته فقط در موقعیت نزدیک تنه از لحاظ آماری معنی‌دار (P<۰/۰۱) بود (شکل ۳. الف). مقدار کلسیم موجود در خاک سوخته نیز از ۵۳۳۳/۱۸ میلی‌گرم در کیلوگرم در نزدیک تنه به ۴۲۱۳/۶۴ در خاک سوخته مرز تاج کاهش یافت (شکل ۳. ب). تغییرات منیزیم در خاک سوخته نیز مشابه کلسیم بود، به طوری‌که مقدار آن در نزدیک تنه ۲۳۳۲/۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم و در مرز تاج ۲۳۸۷ میلی‌گرم در کیلوگرم به دست آمد. بنابراین اختلاف بین میانگین‌های کلسیم و منیزیم بین دو خاک سوخته و نسوخته در هر دو موقعیت از لحاظ آماری معنی‌دار (P<۰/۰۱) بود (شکل ۳. ج). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که دو موقعیت نزدیک تنه و مرز تاج دارای اثر معنی‌داری بر مقدار پتاسیم، کلسیم و منیزیم خاک، بودند (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس عامل‌های مورد مطالعه خاک در دو موقعیت نزدیک تنه و مرز تاج در درختان برودار (معنی‌داری در سطح ۰/۰۱)**

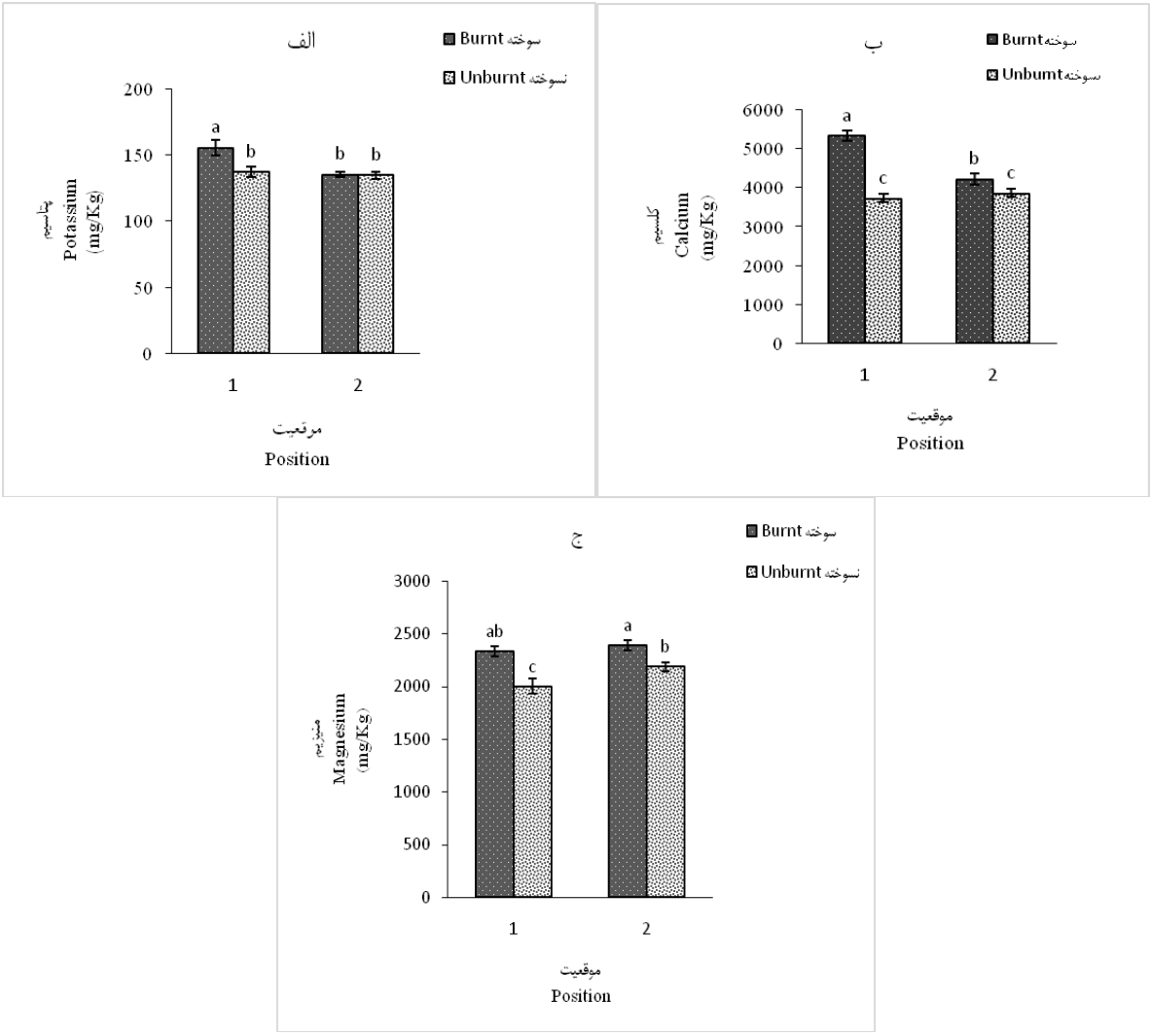
Table 1- Analysis of variance of soil parameters in two positions (near tree trunk and crown boundary) in Persian oak trees (significant differences at 1% level)**

منبع تغییرات Source of variation		میانگین مربعات Mean square	درجه آزادی df	F	p
C % کربن (درصد)					
Between groups بین گروهی		20.52	3	12.3	**
Whithin groups درون گروهی		1.67	28		
N% نیتروژن (درصد)					
Between groups بین گروهی		0.006	3	0.49	ns
Whithin groups درون گروهی		0.013	28		
P (mg/Kg) فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم)					
Between groups بین گروهی		6536.72	3	54.44	**
Whithin groups درون گروهی		119.98	28		
K (mg/Kg) پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم)					
Between groups بین گروهی		787.60	3	6.43	**
Whithin groups درون گروهی		122.58	28		
Ca (mg/Kg) کلسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم)					
Between groups بین گروهی		4253230.78	3	37.25	**
Whithin groups درون گروهی		114120.96	28		
Mg (mg/Kg) منیزیم (میلی‌گرم در کیلوگرم)					
Between groups بین گروهی		240799.45	3	10.56	**
Whithin groups درون گروهی		22789.48	28		
pH					
Between groups بین گروهی		0.795	3	13.00	**
Whithin groups درون گروهی		0.061	28		
EC (mS/cm)					
Between groups بین گروهی		2.73	3	26.11	**
Whithin groups درون گروهی		0.104	28		

بر اساس نتایج این پژوهش، مقدار پتاسیم، کلسیم و منیزیم به استثناء پتاسیم مرز تاج، در خاک سوخته افزایش معنی‌داری نسبت به خاک نسوخته داشت. این موضوع می‌تواند به علت افزوده شدن خاکستر حاصل از سوختن بقایای گیاهی به خاک و اکسید شدن ماده آلی باشد که موجب رهاسازی مقادیر زیادی از کاتیون‌ها می‌شود (۴ و ۳۵). افزایش پتاسیم، کلسیم و منیزیم بلافاصله پس از آتش‌سوزی توسط بسیاری از محققین تایید شده است (۱ و ۲). همچنین مقدار این عناصر در خاک سوخته موقعیت نزدیک تنه نسبت به موقعیت مرز تاج افزایش یافت که این افزایش را می‌توان به دلیل تجمع بالای مواد قابل اشتعال و به دنبال آن بالا بودن شدت آتش‌سوزی در موقعیت نزدیک تنه و در نتیجه افزایش مقدار خاکستر تجمع یافته بر روی خاک بیان کرد (۳۱)، زیرا ترکیبات خاکستر حاصل از اتش‌سوزی عموما از عناصر مانند پتاسیم، کلسیم و منیزیم غنی می‌باشد (۲۱ و ۲۲). همچنین غلظت کلسیم و منیزیم با بالا رفتن دما، افزایش می یابد که علت آن تجزیه حرارتی می‌باشد (۷ و ۲۲).

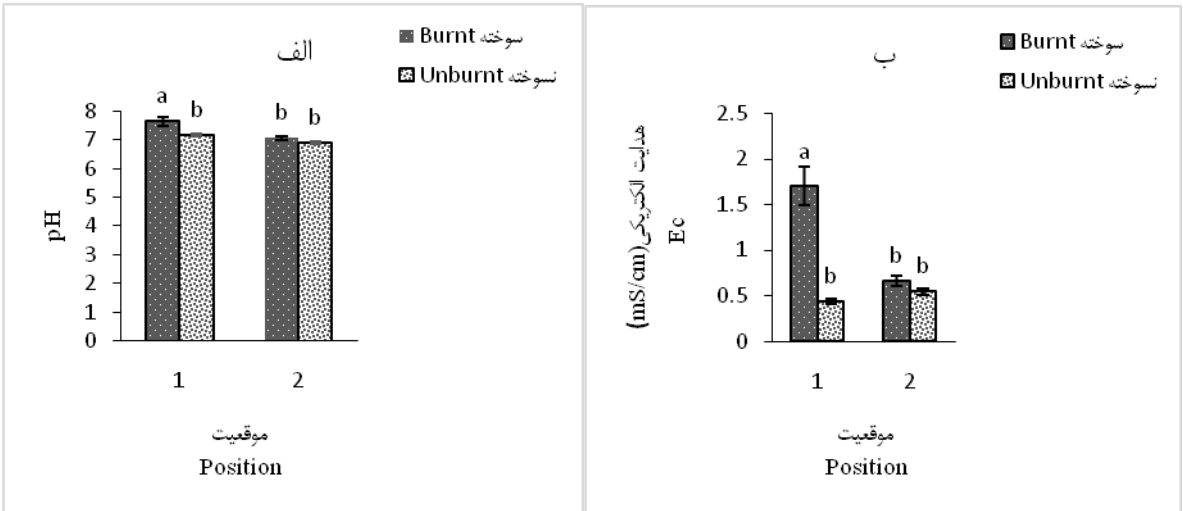
pH و هدایت الکتریکی (EC) خاک

بر طبق نتایج حاصل از این پژوهش، مقدار pH و هدایت الکتریکی موجود در خاک سوخته نسبت به خاک نسوخته در موقعیت نزدیک تنه درخت، بیشتر بود. مقدار pH با دور شدن از تنه درختان کاهش یافت، به صورتی‌که از ۷/۶۲ در خاک سوخته نزدیک تنه به ۷/۰۵ در خاک سوخته مرز تاج رسید (شکل ۴. الف). روند تغییرات هدایت الکتریکی نیز مشابه pH بود به این ترتیب که مقدار آن از ۱/۶۹ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر در خاک سوخته نزدیک تنه درختان به ۰/۶۵ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر در خاک سوخته مرز تاج کاهش یافت. تفاوت بین میانگین‌های pH و هدایت الکتریکی بین دو خاک سوخته و نسوخته فقط در موقعیت نزدیک تنه از نظر آماری معنی‌دار (P<۰/۰۱) بود (شکل ۴. ب). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که دو موقعیت نزدیک تنه و مرز تاج از لحاظ آماری اثر معنی‌داری (P<۰/۰۱) بر مقدار pH و هدایت الکتریکی موجود در خاک، داشتند (جدول ۱).



شکل ۳- مقایسه میانگین پتاسیم، کلسیم و منیزیم خاک درموقعیت نزدیک تنه (۱) و مرز تاج (۲) دردرختان برودار در سطح P <۰/۰۱

Figure 3- Mean comparison of potassium, calcium and soil magnesium near tree trunk (1) and crown border (2) in Persian oak trees at the P <0.01 level



شکل ٤- مقایسه میانگین pH و هدایت الکتریکی خاک در موقعیت نزدیک تنه (۱) و مرز تاج (۲) در درختان برودار در سطح P<۰/۰۱

Figure 4- Mean comparison of acidity and soil electrical conductivity near tree trunk (1) and crown border (2) in Persian oak trees at the P <0.01 level

هدایت الکتریکی بیانگر مقدار کاتیون‌ها در محلول خاک می‌باشد که یکی از عوامل اثر گذار بر رشد گیاهان محسوب می‌شود (۱۹). افزایش مقدار pH و هدایت الکتریکی در خاک سوخته نزدیک تنه را می‌توان به دلیل سوختن لاشبرگ‌های تجمع یافته در سطح جنگل، آزاد شدن کاتیون‌های موجود در آن‌ها (۳۷) و تولید خاکستر بیان کرد، که مقادیر زیادی از کاتیون‌های اساسی (پتاسیم، کلسیم و منیزیم) را فراهم نموده و در نهایت منجر به افزایش pH و هدایت الکتریکی می‌شود (۷ و ۳۰). همچنین افزایش pH و EC خاک پس از آتش، در جنگل‌های زاگرس و مناطقی از اروپا و استرالیا گزارش شده است (۱۳، ۱۷، ۲۶ و ۲۷). افزایش pH و هدایت الکتریکی در موقعیت نزدیک تنه نیز احتمالا به دلیل شدت بالای اتش بود. افزایش pH پس از آتش دوام زیادی نداشته و معمولا در طی یک فصل مرطوب از بین می‌رود و به مقدار خود قبل از آتش برمی‌گردد (۱۵). زمان بازیابی آن به ظرفیت بافر خاک بستگی دارد (۳۰ و ۴۵). دامنه تغییرات ان از ۳ ماه پس از آتش به دلیل حذف سریع خاکستر توسط باد و بارندگی (۳۰) از یک تا چندین سال به طول می‌انجامد (۴۱).

نتیجه‌گیری

به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که آتش‌سوزی موجب تغییرات قابل توجهی بر برخی از ویژگی‌هایی شیمیایی خاک جنگلی می‌شود که این تغییرات می‌تواند بسته به موقعیت مکانی رخداد آتش (نزدیک تنه و مرز تاج)، متفاوت باشد. می‌توان گفت که در بررسی آتش‌سوزی و اثرات آن بر خاک باید موقعیت آتش‌سوزی در نظر گرفته شود، زیرا همان طور که نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، تغییرات در ویژگی‌هایی شیمیایی خاک در موقعیت نزدیک تنه نسبت به موقعیت مرز تاج متفاوت بود، به طوری‌که در این تحقیق با حرکت از سمت تنه درختان از مقدار فسفر، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، pH و هدایت الکتریکی کاسته شد و مقدار کربن افزایش یافت اما مقدار نیتروژن تغییری نکرد. درواقع این تغییرات احتمالا نشان‌دهنده‌ی بالا بودن شدت آتش‌سوزی به دلیل انباشت بیشتر لاشبرگ و مواد قابل اشتعال خشبی شده شامل ساقه و شاخه در موقعیت نزدیک تنه درختان بود.

منابع

1- Alauzis M.V., Mazzarino M.J., Raffaele E., and Roselli L. 2004. Wildfires in NW Patagonia: long-term effects on a Nothofagus forest soil. Forest Ecology and Management 192(2-3): 131-142.
2- Alcañiz M., Outeiro L., Francos M., Farguell J., and Úbeda X. 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- Anonymous. 2006. Multipurpose forestry plan Cham Zarivar, Marivan city. Natural Resources Office of Kurdistan Province. 65 pages. (In Persian)
4- Arocena J., and Opio C. 2003. Prescribed fire-induced changes in properties of sub-boreal forest soils. Geoderma 113(1-2): 1-16.
5- Banj Shafiei A., Akbarinia M., Jalali GH., and Alijanpour A. 2010. Effect of forest fire on diameter growth of beech (*Fagus orientalis* Lipsky) and hornbeam (*Carpinus betulus* L.): a case study in Kheyroud forest. Iranian Journal of Forest and Poplar Research 17: 464–474. (In Persian with English abstract)
6- Barreiro A., Martín A., Carballas T., and Díaz-Raviña M. 2010. Response of soil microbial communities to fire and fire-fighting chemicals. The Science of the Total Environment 408: 6172–6178.
7- Bodí M.B., Martin D.A., Balfour V.N., Santín C., Doerr S.H., Pereira P., Cerdà A., and Mataix-Solera J. 2014. Wildland fire ash: production, composition and eco-hydro-geomorphic effects. Earth-Science Reviews 130: 103-127.
8- Caon L., Vallejo V.R., Ritsema C.J., and Geissen V. 2014. Effects of wildfire on soil nutrients in Mediterranean ecosystems. Earth-Science Reviews 139: 47-58.
9- Certini G. 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review. Oecologia 143(1): 1-10.
10- DeBano L.F. 2000. The role of fire and soil heating on water repellency in wildland environments: a review. Journal of Hydrology 231: 195-206.
11- Ekinci H. 2006. Effect of forest fire on some physical, chemical and biological properties of soil in Çanakkale, Turkey. International Journal of Agriculture and Biology 8(1): 102-106.
12- Gholami SH., Hosseini S.M., Mohammadi J., and Mahini A.S. 2001. Spatial variability of soil macrofauna biomass and soil properties in riparian forest of Karkhe River. Journal of Water and Soil 25: 248-257. (In Persian with English abstract)
13- Granged A.J., Jordán A., Zavala L.M., Muñoz-Rojas M., and Mataix-Solera J. 2011. Short-term effects of experimental fire for a soil under eucalyptus forest (SE Australia). Geoderma 167: 125-134.
14- Hemmatboland E., Akbarinia M., and Banej Shafiei A. 2010. The effect of fire on some soil chemical properties of oak forests in Marivan region. Iranian Journal of Forest and Poplar Research 18(2): 205-218 (In Persian with English abstract)
15- Hernández T., Garcia C., and Reinhardt I. 1997. Short-term effect of wildfire on the chemical, biochemical and microbiological properties of Mediterranean pine forest soils. Biology and Fertility of Soils 25(2): 109-116.

16- Heydari M., Salehi A., Mahdavi A., and Adibnejad M. 2012. Effects of different fire severity levels on soil chemical and physical properties in Zagros forests of western Iran. Folia Forestalia Polonica 54: 241–250.
17- Hosseini S.S., and Hosseini V. 2014. Effect of fire occurrence through the time on changes of K, Mg, Ca and EC of forest soil. Iranian Journal of Forest and Poplar Research 22(1): 143-151. (In Persian with English abstract)
18- Hosseini V., Mohammadi Samani K., and Moradi Mirvani L. 2019. Litter ash chemical properties of wildfire in forest floor of Brant`s oak (*Quercus brantii* Lindl.) in Darehvaran area, Marivan. Iranian Journal of Forest and Poplar Research 26(4): 496-505. (In Persian with English abstract)
19- Jafari Haghighi M. 2003. Methods of Soil Analysis: Sampling and Important Physical & Chemical Analysis with Emphasis on Theoretical & Applied Principles. Nedaye Zoha, Sari, 240p. (In Persian)
20- Johnson D.W., Murphy J., Susfalk R., Caldwell T., Miller W., Walker R., and Powers R. 2005. The effects of wildfire, salvage logging, and post-fire N-fixation on the nutrient budgets of a Sierran forest. Forest Ecology and Management 220(1-3): 155-165.
21- Khanna P., Raison R.J., and Falkiner R.A. 1994. Chemical properties of ash derived from Eucalyptus litter and its effects on forest soils. Forest Ecology and Management 66(1-3): 107-125.
22- Liodakis S., Katsigiannis G., and Kakali G. 2005. Ash properties of some dominant Greek forest species. Thermochimica Acta 437 (1-2):158-167.
23- Marcos E., Tárrega R., and Luis E. 2007. Changes in a Humic Cambisol heated (100–500 C) under laboratory conditions: the significance of heating time. Geoderma 138(3-4): 237-243.
24- Martín A., Díaz-Raviña M., and Carballas T. 2012. Short-and medium-term evolution of soil properties in Atlantic forest ecosystems affected by wildfires. Land Degradation & Development 23(5): 427-439.
25- Mataix-Solera J., and Guerrero C. 2007. Efectos de los incendios forestales en las propiedades edáficas. Incendios Forestales, Suelos y Erosión Hídrica. Caja Mediterráneo CEMACAM Font Roja-Alcoi, Alicante:5-40.
26- Munoz-Rojas M., Erickson T.E., Martini D., Dixon K.W., and Merritt D.J. 2016. Soil physicochemical and microbiological indicators of short, medium and long term post-fire recovery in semi-arid ecosystems. Ecological Indicators 63: 14-22.
27- Nazari F., Hosseini V., and Shabanian N. 2012. Effect of fire severity on organic carbon, total nitrogen and available phosphorus of forest soils (Case study: Marivan). Iranian Journal of Forest and Poplar Research 20(1): 25-37. (In Persian with English abstract)
28- Novara A., Gristina L., Rühl J., Pasta S., Angelo G.D., La Mantia T., and Pereira P. 2013. Grassland fire effect on soil organic carbon reservoirs in a semiarid environment. Solid Earth 4.
29- Pereira P., Cerda A., Martin D., Úbeda X., Depellegrin D., Novara A., Martínez-Murillo J.F., Brevik E.C., Menshov O., and Comino J.R. 2016. Short-term low-severity spring grassland fire impacts on soil extractable elements and soil ratios in Lithuania. Science of the Total Environment 578: 469-475.
30- Pereira P., Úbeda X., and Martin D.A. 2012. Fire severity effects on ash chemical composition and water-extractable elements. Geoderma 191: 105-114.
31- Pourreza M., Hosseini S.M., Sinegani A.A.S., 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.
32- Pourreza M., Hosseini S.M., Sinegani A.A.S., Matinizadeh M., and Dick W.A. 2014. Effect of fire severity on soil macrofauna in Manna oak coppice forests. Iranian Journal of Forest and Poplar Research 21(4): 729-741. (In Persian with English abstract)
33- Rab M. 1996. Soil physical and hydrological properties following logging and slash burning in the *Eucalyptus* regnans forest of southeastern Australia. Forest Ecology and Management 84(1-3): 159-176.
34- Raison R., Khanna P., and Woods P. 1985. Transfer of elements to the atmosphere during low-intensity prescribed fires in three Australian subalpine eucalypt forests. Canadian Journal of Forest Research 15(4): 657-664.
35- Ramazanpr H., and Norozi M. 2012. The effect of floods and forest fier on some soil characteri Lacan in Gilan. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. Water and Soil Sciences 16(61): 291-301. (In Persian with English abstract)
36- Sagheb-Talebi KH., Sajedi T., and Yazdian F. 2004 Forests of Iran. Iran Research Institute of Forests and Rangelands (RIFR) Press, No: 1380-339, Tehran.
37- Saharjo B.H. 1999. The effects of fire on the properties of soil in Acacia mangium plantations in South Sumatra, Indonesia. Journal of Tropical Forest Science 459-469.
38- Scott A.C., and Glasspool I.J. 2006. The diversification of Paleozoic fire systems and fluctuations in atmospheric oxygen concentration. Proceedings of the National Academy of Sciences 103(29): 10861-10865.
39- Snyman H. 2003. Short-term response of rangeland following an unplanned fire in terms of soil characteristics in a semi-arid climate of South Africa. Journal of Arid Environments 55(1): 160-180.
40- Soto B., and Diaz-Fierros F. 1993. Interactions between plant ash leachates and soil. International Journal of Wildland Fire 3(4): 207-216.
41- Úbeda X., Pereira P., Outeiro L., and Martin D. 2009. Effects of fire temperature on the physical and chemical characteristics of the ash from two plots of cork oak (*Quercus suber*). Land Degradation & Development 20(6): 589-608.
42- Walstad J.D., and Radosevich S.R. 1990. Natural and prescribed fire in Pacific Northwest forests: Oregon State

Univ Pr.
43- Wan S., Hui D., and Luo Y. 2001. Fire effects on nitrogen pools and dynamics in terrestrial ecosystems: a meta-analysis. Ecological Applications 11(5): 1349-1365.
44- Yao Y., Liu F., Hu H., and Jin S. 2008. Effect of fire on soil chemical properties of Manchurian walnut plantation. Journal of Northeast Forestry University 36(7): 34-36.
45- Zavala L.M., Jordán A., Gil J., Bellinfante N., and Pain C. 2009. Intact ash and charred litter reduces susceptibility to rain splash erosion post-wildfire. Earth Surface Processes and Landforms 34(11): 1522-1532.

Journal of Water and Soil
Vol. 33, No. 6, Jan-Feb. 2020, p. 913-922

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۶، بهمن – اسفند ۱۳۹۸، ص. ۹۲۲-۹۱۳

Effect of Wildfire on some Chemical Properties of Forest Soil Near Base Trunk and Crown Border of Persian Oak (*Quercus brantii* Lindl.)

E. Yazdani[1]- V. Hosseini[2*]- K. Mohammadi Samani[3]

Received: 08-07-2019
Accepted: 27-11-2019

Introduction: Fires are natural processes in many ecosystems, constituting a natural, even vital, component of forests. Fire can change the soil properties depending on its severity. In semi-arid regions, the effects of fire are more vigorous in comparison with other regions. In these regions, forests restoration is much more difficult especially in the summer when temperatures reach maximum levels and cause fires that reduce soil nutrients by burning organic matters and vegetation. Since the frequency of fire events in Zagros oak forests have been increasing in recent years, therefore, in this study, the chemical properties of soil investigated immediately after fire. Most wildfires in these forests are surface fires with low-to-moderate severity due to low forest density, great distances between trees and few forest floor plants.

Materials and Methods: The study area is located in Kurdistan Province, western Iran, around Marivan that has been burned in July 2017. One transect was installed on the contour line with 250 m length on the burnt slope. Eight Persian oak trees were selected at 30 meters interval. Two soil samples were collected in each tree from depth of 0-5 cm. The two positions of soil samples including: the first one was 50 cm far from the base trunk and the second one was on the edge of tree crown border. In the control area, eight Persian oak were selected in the adjacent area of burned area with same topographic and plant conditions and soil samples were collected same as burned area. Finally, soil organic carbon (SOC), Total nitrogen (TN), available phosphorus, potassium, calcium, magnesium, pH, and EC were analyzed.

Results and Discussion: The results of this study showed that fire has a significant effect on soil properties, so that organic carbon reduced and amount of available phosphorus, calcium, magnesium and potassium of soil increased in burned soil. Organic carbon decreased significantly ($P<0.01$) in the burned soil in comparison to control treatment near tree trunk while it did not have any significant difference in the border of tree crown. The lowest Organic carbon was 6.19% in burned soil near tree trunk and the highest 9.15% in unburned soil in the border of tree crown. Total nitrogen did not show any significant difference between all treatments. Phosphorus increased significantly after the fire in the burned soil by comparison with control in the both positions. The increase of available P in soil after fire can be due to added ash as the fire partially and completely combusted plant debris in the soil. The highest phosphorus was 130.08 mg/kg in the burned soil near tree trunk and the lowest was 65.67 mg/kg in soil of control area in the border of tree crown. Cations including Ca, Mg and K were significantly higher near tree trunks in burned soil compared with control area, while only Ca and Mg of soil showed significant differences in the border crown position. The pH of burned soil was 7.62 and 7.05 near tree trunk and border of tree crown, respectively, and it was 7.15 and 6.89 near tree trunk and border of tree crown, respectively, in control area. The EC of burned soil was 1.70 mS/cm and 0.66 mS/cm near tree trunk and border of tree crown, respectively and it was 0.44 mS/cm and 0.54 mS/cm near tree trunk and border of tree crown, respectively in control area. One-way ANOVA showed that two positions of soil samples had significant effect on all soil parameters except nitrogen. In the Zagros oak forests, there are a lot of flammable materials inside stands, which can lead to low and medium intensity fire .According to the results of this study, the amount of organic carbon of burned soil near tree trunk was less than the crown border because of high accumulation of flammable materials and high fire intensity.

Conclusion: In general, it can be concluded that wildfire causes significant changes in chemical properties of forest soils. Changes in the chemical properties of soil between burned soil and control area differed with movement from tree trunk to border of tree crown, so that the amounts of phosphorus, potassium, magnesium, calcium, acidity and electrical conductivity were reduced and the amount of carbon increased. Hence, it seems that properties of soil burned has diffiered by moving from the tree trunk to the border of crown trees probabley because of the differences in the amount of accumulated litter, consequently has an effect on the characteristics of the soil in different postions.

Keywords: Forest soil, Northern Zagros oak forest, Tree crown, Wildfire severity

1, 2 and 3- Graduated in Master Forestry and Assistant Professors, Department of Forestry, Natural Resources Faculty, Uninversity of Kurdistan, Sanandaj, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: V.Hosseini@uok.ac.ir)