

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 سمائی^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 (برودار) (*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 برودار 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 تبادل، 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، احتمالاً 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

اما در مقابل آتش‌سوزی کنترل شده، آتش‌سوزی طبیعی وجود دارد که در حضور مواد قابل اشتعال فراوان اتفاق می‌افتد و معمولاً 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 آتش‌سوزی، 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 تأثیر 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

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 طوری که 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).

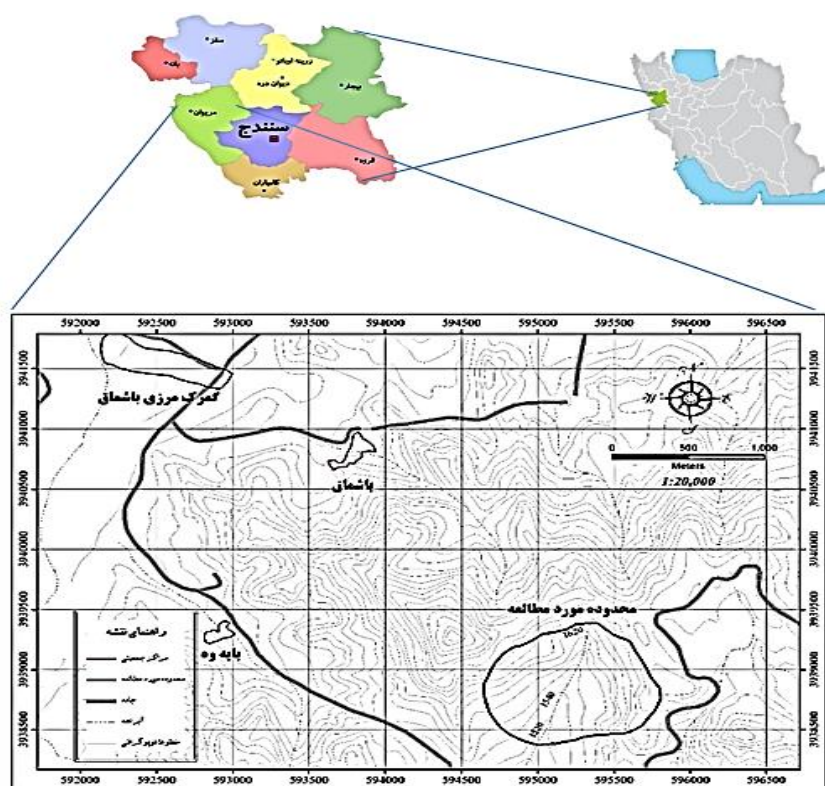
۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد و استادیاران گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان

*- نویسنده مسئول: (Email: V.Hosseini@uok.ac.ir)

DOI: 1022067//jsw.v33i6.80914

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 طوری که 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.

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 حالی که شدت آتش‌سوزی بالا موجب از بین رفتن کامل ماده آلی شده و نیتروژن را نیز به طور قابل توجهی کاهش می‌دهد و اساساً مقدار کاتیون‌های تبدلی را افزایش می‌دهد (۶، ۷ و ۳۱). به طوری که 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



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 مرانه در ۱۵ کیلومتری شهرستان مریوان واقع در استان کردستان بود. این منطقه در طول جغرافیایی $36^{\circ} 03' 8''$ و عرض جغرافیایی $35^{\circ} 35' 24''$ و با ارتفاع ۱۵۹۱ متر از سطح دریا واقع شده است. میانگین بارندگی ۸۰۴ میلی‌متر و رطوبت نسبی ۵۱ درصد می‌باشد. پوشش غالب منطقه از سه گونه بلوط ایرانی (برودار)، مازودار (*Quercus infectoria Oliv.*) و وی‌ول (*Quercus libani Oliv.*) تشکیل شده است. همچنین شکل رویشی این جنگل اکثراً شاخه‌زاد بود و گونه‌های بادام تلخ، 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 سال ۱۳۹۶ دچار آتش‌سوزی شدید شده بود. پس از بازدید از منطقه سوخته و شاهد، در منطقه سوخته و بر روی خطوط تراز، ترانسکتی به طول ۲۵۰ متر پیاده و در فواصل ۳۰ متری در زیر نزدیک ترین درخت برودار، دو نمونه خاک در دو فاصله نزدیک تنه (۵۰ سانتی‌متری) و مرز تاج در عمق ۵-۰ سانتی‌متر، حدود یک هفته پس از رخداد آتش، برداشت شد. در مورد منطقه شاهد نیز ۸ پایه درخت برودار در مجاور منطقه سوخته که از لحاظ شرایط توپوگرافی، مواد مادری، پوشش گیاهی و درختی با منطقه سوخته مشابه بودند، انتخاب و در زیر هر پایه درخت یک نمونه در نزدیک تنه و یک نمونه در مرز تاج در عمق ۵-۰ سانتی‌متر، همزمان با منطقه سوخته برداشت شد. بنابراین در مجموع ۱۶ نمونه خاک سوخته و ۱۶ نمونه خاک نسوخته برداشت شد. نمونه‌های خاک پس از برداشت از آن‌ها ۲ میلی‌متری گذرانده شدند و خصوصیات شیمیایی شامل کربن آلی به روش والکی و بلاک، نیتروژن کل به روش کجلدال با استفاده از دستگاه اتوکجلیتیک و فسفر قابل جذب به روش اولسن و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شدند (۱۹). همچنین کلسیم، منیزیم و پتاسیم قابل دسترس به روش استات آمونیوم (۴۰) و با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر، pH و هدایت الکتریکی در آب مقطر و با نسبت ۱ به ۲/۵ و به روش پتانسیومتری (۴۱) اندازه‌گیری شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS 16 و Excel 2016 و با استفاده از طرح کاملاً تصادفی تجزیه و تحلیل شد. در این تحقیق پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون کلموگروف-اسمیرنوف به منظور تجزیه و تحلیل تغییرات خصوصیات خاک از تجزیه واریانس یک طرفه (ANOVA) و برای مقایسه میانگین‌ها از

آزمون چند دامنه دانکن در سطح‌های خطای قابل قبول آماری ($\alpha=0.05$ و $\alpha=0.01$) استفاده شد.

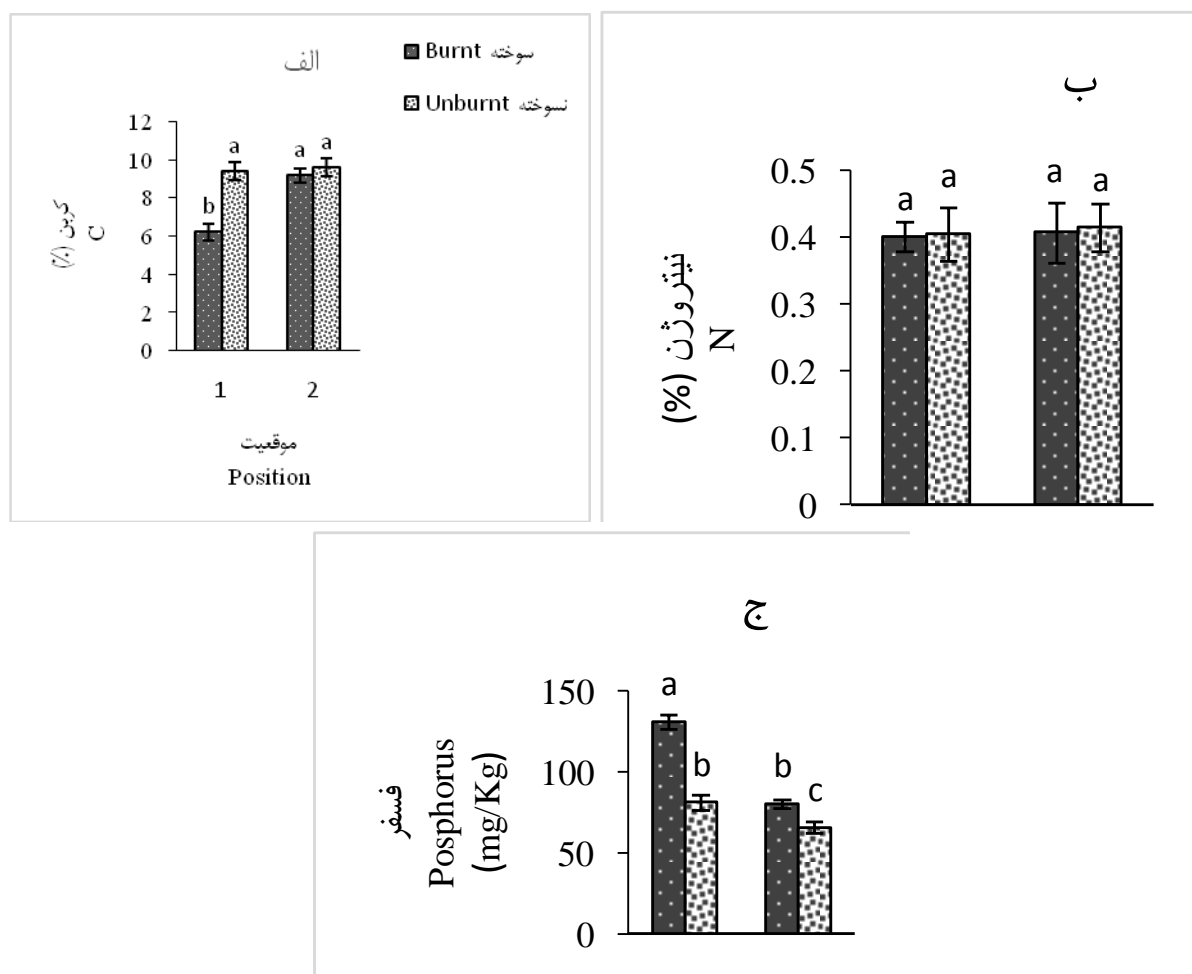
نتایج و بحث

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

نتایج نشان داد که مقدار کربن و نیتروژن در خاک نسوخته و سوخته در هر دو موقعیت، به استثناء کربن در موقعیت نزدیک تنه، با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند ($P>0.01$). کربن خاک سوخته از ۶/۱۹ درصد در نزدیک تنه به ۹/۱۵ درصد در خاک سوخته مرز تاج 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 اما این تفاوت معنی‌دار نبود (شکل ۲. ب). همچنین نتایج، افزایش مقدار فسفر را در خاک سوخته در مقایسه با خاک نسوخته نشان داد و با فاصله از نزدیک تنه از مقدار آن کاسته شد. بیشترین مقدار فسفر (۱۳۱/۰۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) در خاک سوخته نزدیک تنه و کمترین مقدار آن (۶۵/۶۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) در خاک نسوخته مرز تاج اندازه‌گیری شد. اختلاف بین میانگین مقدار فسفر موجود در دو خاک سوخته و نسوخته در هر دو موقعیت نزدیک تنه و مرز تاج از لحاظ آماری معنی‌دار ($P<0.01$) بود (شکل ۲. ج). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که دو موقعیت نزدیک تنه و مرز تاج بر مقدار 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). نتایج این پژوهش کاهش کربن آلی را در خاک سوخته نشان داد. کاهش کربن آلی پس از آتش‌سوزی می‌تواند به دلیل خروج کربن آلی و یا سوختن کامل ماده آلی و تبدیل آن به خاکستر باشد (۳۴). در مطالعه‌ای آزمایشگاهی بر خاک جنگل‌های زاگرس بالاترین مقدار کربن در خاک سوزانده شده را در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد و همچنین کاهش آن را از دمای ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد به بالا گزارش کردند (۲۷).

در جنگل‌های زاگرس درون توده‌های جوان مقدار زیادی از مواد قابل اشتعال وجود دارد که می‌تواند منجر به آتش‌سوزی‌هایی با شدت بالا و متوسط نسبت به خارج از توده‌ها شود (۳۱). بنابراین مطابق نتایج این پژوهش مقدار کربن آلی خاک سوخته در موقعیت نزدیک تنه به دلیل بالا بودن تجمع مواد قابل اشتعال و بالا بودن شدت آتش، کمتر از مرز تاج بود. برخی از پژوهشگران افزایش نیتروژن در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و سپس کاهش آن در دماهای بالا را گزارش دادند (۱۰ و ۲۰). دلیل این کاهش را می‌توان پایین بودن دمای تصعید نیتروژن بیان کرد، زیرا نیتروژن یکی از مواد مغذی است که دارای بیشترین اثرپذیری از آتش می‌باشد (۲۵). تصعید نیتروژن در طول سوختن به طور مستقیم به دمای خاک و مقدار ماده آلی مصرف شده بستگی دارد، اما شرایط نیراتی شدن معمولاً پس از سوختن بهبود می‌یابد (۱۱، ۱۰ و ۲۵).



شکل ۲- مقایسه میانگین کربن، نیتروژن و فسفر خاک در موقعیت نزدیک تنه (۱) و مرز تاج (۲) در درختان برودار در سطح $P < 0.01$
 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

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 میلی گرم در کیلوگرم در خاک سوخته نزدیک تنه درختان به ۱۳۴/۹۸ میلی گرم در کیلوگرم در خاک سوخته مرز تاج رسید. اختلاف مقدار پتاسیم بین خاک سوخته و نسوخته فقط در موقعیت نزدیک تنه از لحاظ آماری معنی دار ($P < 0.01$) بود (شکل ۳. الف). مقدار کلسیم موجود در خاک سوخته نیز از ۵۳۳۳/۱۸ میلی گرم 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 طوری که مقدار آن در نزدیک تنه ۲۳۳۲/۷۵ میلی گرم در کیلوگرم و در مرز تاج ۲۳۸۷ میلی گرم در کیلوگرم به دست آمد. بنابراین اختلاف بین میانگین های کلسیم و منیزیم بین دو خاک سوخته و نسوخته در هر دو موقعیت از لحاظ آماری معنی دار ($P < 0.01$) بود (شکل ۳. ج). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که دو موقعیت نزدیک تنه و مرز تاج دارای اثر معنی داری بر مقدار پتاسیم، کلسیم و منیزیم خاک، بودند (جدول ۱).

مطابق نتایج به دست آمده، مقدار فسفر در خاک سوخته در مقایسه با خاک نسوخته افزایش معنی داری یافت. روند مشابهی توسط برخی از پژوهشگران در جنگل های زاگرس گزارش شد (۱۴ و ۲۷). افزایش فسفر پس از آتش سوزی 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 آتش سوزی باعث تبدیل فسفر آلی به فسفر قابل جذب (اورتوفسفات) می گردد (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 می شود (۲۳). بنابراین تغییرات در مقدار فسفر خاک به شدت و مدت آتش سوزی بستگی دارد (۱۱).

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

بر اساس نتایج، مقدار سه عنصر کلسیم، منیزیم و پتاسیم به استثناء پتاسیم در موقعیت مرز تاج، در خاک سوخته بیشتر از خاک

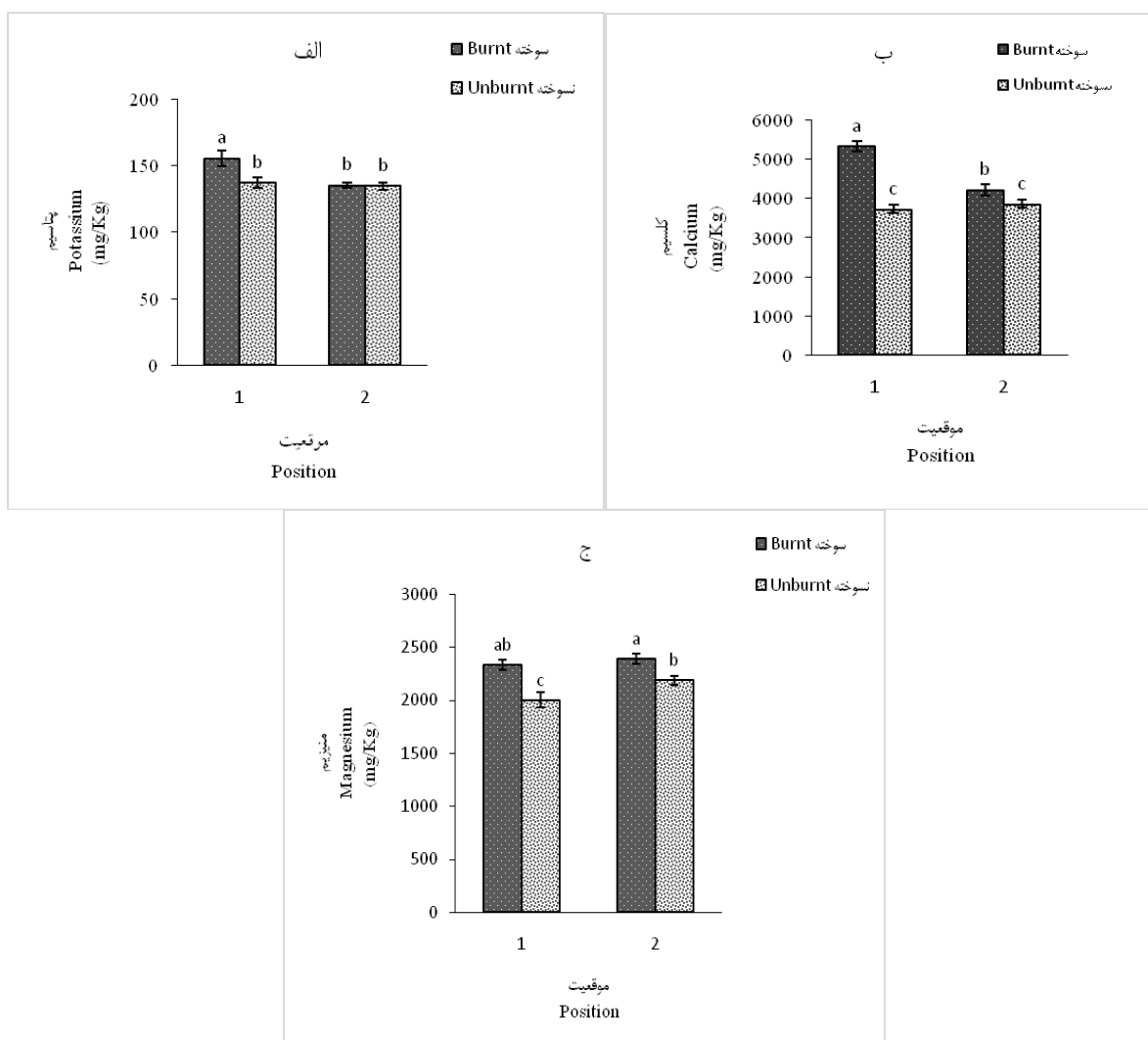
جدول ۱- تجزیه واریانس عامل‌های مورد مطالعه خاک در دو موقعیت نزدیک تنه و مرز تاج در درختان برودار (** معنی داری در سطح ۰/۰۱)
 Table 1- Analysis of variance of soil parameters in two positions (near tree trunk and crown boundary) in Persian oak trees
 (**significant differences at 1% level)

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

pH و هدایت الکتریکی (EC) خاک

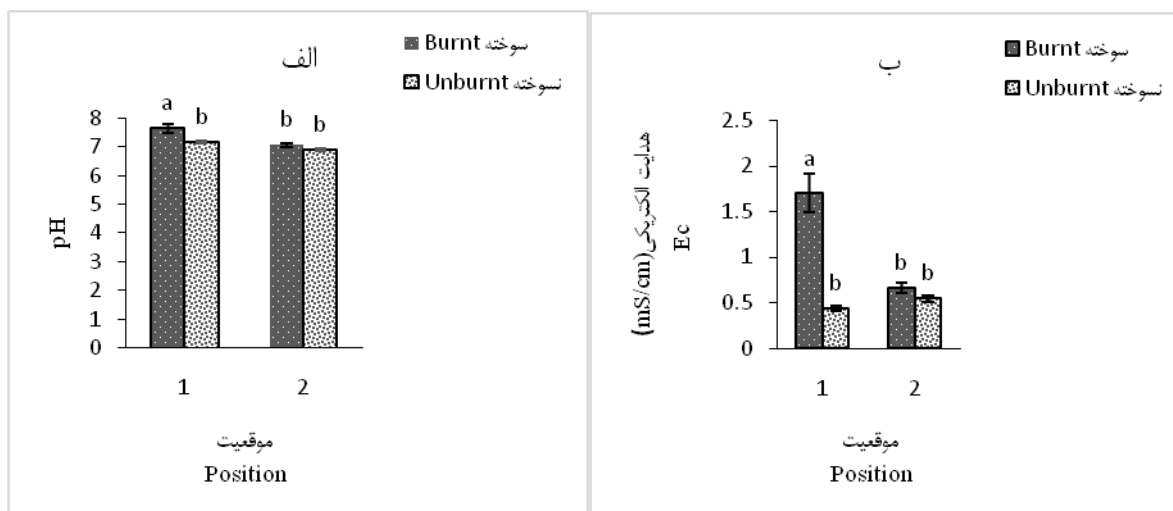
بر طبق نتایج حاصل از این پژوهش، مقدار pH و هدایت الکتریکی موجود در خاک سوخته نسبت به خاک نسوخته در موقعیت نزدیک تنه درخت، بیشتر بود. مقدار pH با دور شدن از تنه درختان کاهش یافت، به صورتی که از ۷/۶۲ در خاک سوخته نزدیک تنه به ۷/۰۵ در خاک سوخته مرز تاج رسید (شکل ۴ الف). روند تغییرات هدایت الکتریکی نیز مشابه 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 ($P < 0/01$) بود (شکل ۴ ب). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که دو موقعیت نزدیک تنه و مرز تاج از لحاظ آماری اثر معنی‌داری ($P < 0/01$) بر مقدار pH و هدایت الکتریکی موجود در خاک، داشتند (جدول ۱).

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 آتش‌سوزی عموماً از عناصر مانند پتاسیم، کلسیم و منیزیم غنی می‌باشد (۲۱ و ۲۲). همچنین غلظت کلسیم و منیزیم با بالا رفتن دما، افزایش می‌یابد که علت آن تجزیه حرارتی می‌باشد (۷ و ۲۲).



شکل ۳- مقایسه میانگین پتاسیم، کلسیم و منیزیم خاک در موقعیت نزدیک تنه (۱) و مرز تاج (۲) در درختان برودار در سطح $P < 0.01$

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 ۴- مقایسه میانگین pH و هدایت الکتریکی خاک در موقعیت نزدیک تنه (۱) و مرز تاج (۲) در درختان برودار در سطح $P < 0.01$

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

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 طوری که 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. در واقع این تغییرات احتمالاً 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.

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 احتمالاً به دلیل شدت بالای آتش بود. افزایش pH پس از آتش دوام زیادی نداشته و معمولاً 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 آن 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).

منابع

- 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.
- 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.
- Anonymous. 2006. Multipurpose forestry plan Cham Zarivar, Marivan city. Natural Resources Office of Kurdistan Province. 65 pages. (In Persian)
- Arocena J., and Opio C. 2003. Prescribed fire-induced changes in properties of sub-boreal forest soils. *Geoderma* 113(1-2): 1-16.
- 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)
- 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.
- Bodí M.B., Martín 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.
- 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.
- Certini G. 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia* 143(1): 1-10.
- 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.
- Ekinçi 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.
- 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)
- 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.
- 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)
- Hernández T., García 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.

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

E. Yazdani¹ - V. Hosseini^{2*} - K. Mohammadi Samani³

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 differed by moving from the tree trunk to the border of crown trees probably because of the differences in the amount of accumulated litter, consequently has an effect on the characteristics of the soil in different positions.

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, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran, respectively.

(* - Corresponding Author Email: V.Hosseini@uok.ac.ir)