

## ارزیابی تاثیر آتش‌سوزی بر ویژگی‌های شیمیایی خاک جنگل در بالا و پایین دامنه در منطقه سروآباد استان کردستان

وحید حسینی<sup>۱\*</sup>، کیومرث محمدی سمائی<sup>۲</sup>، فاطمه عبدالملکی<sup>۳</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۰۹)

### چکیده

پستی و بلندی و آتش‌سوزی، می‌توانند تاثیرات قابل توجهی بر ویژگی‌های خاک بگذارند. پستی و بلندی، یکی از عوامل اثرگذار بر شدت آتش می‌باشد. هدف از انجام این پژوهش، مقایسه اثر آتش بر ویژگی‌های شیمیایی خاک در دو موقعیت بالا و پایین دست یک دامنه بود. به این منظور، یک هفته پس از آتش‌سوزی، در دامنه‌ای با جهت غربی واقع در روستای رزآب شهرستان سروآباد که در تابستان سال ۱۳۹۷ در آن آتش‌سوزی رخ داده بود، شش ترانسکت در دو منطقه سوخته و نسوخته یا شاهد (سه ترانسکت در هر منطقه) و نزدیک به هم به طول تقریبی ۱۰۰ متر از بالا به پایین دامنه و به فاصله ۲۰ متر از یکدیگر از خاک نمونه‌برداری شد. در مجموع تعداد ۳۶ نمونه خاک برداشت و برخی از خصوصیات شیمیایی شامل کربن، نیتروژن، فسفر، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، pH و EC اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد تمامی متغیرهای اندازه‌گیری شده خاک، در بالای دامنه منطقه نسوخته از پایین دامنه سوخته کمتر بود. اما در منطقه سوخته، مقدار pH و هدایت الکتریکی و کلسیم در بالای دامنه نسبت به پایین دامنه، افزایش بیشتری یافت. همچنین مقدار کربن و نیتروژن در بالای دامنه افزایش کمتری نسبت به پایین دامنه داشته است. مقدار فسفر خاک سوخته فقط در بالای دامنه نسبت به خاک نسوخته تفاوت داشت. به‌طور کلی می‌توان گفت با مقایسه ویژگی‌های خاک سوخته در طول دامنه در دو موقعیت بالا و پایین دامنه، به‌طور غیرمستقیم شدت آتش در این دو موقعیت می‌تواند سنجیده شود. با توجه به تغییرات ویژگی‌های خاک در منطقه سوخته، شدت آتش در بالای دامنه، به دلیل انتقال حرارت از پایین به بالای دامنه، بیشتر بوده است.

**واژه‌های کلیدی:** آتش، پستی و بلندی، خاک جنگل، زاگرس شمالی، موقعیت دامنه

حسینی و، محمدی سمائی ک، عبدالملکی ف. ۱۴۰۱. ارزیابی تاثیر آتش‌سوزی بر ویژگی‌های شیمیایی خاک جنگل در بالا و پایین دامنه در منطقه سروآباد استان کردستان. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۱۰، شماره ۲. صفحه: ۲۹-۳۹.

۱- استادیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان

۲- استادیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان

۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه کردستان

\*پست الکترونیک: [v.hoissemi@uok.ac.ir](mailto:v.hoissemi@uok.ac.ir)

## مقدمه

پستی و بلندی و شدت آتش بر فرآیندهای بیوژئوشیمیایی خاک و خاکزایی اثر می‌گذارد (Knelman *et al.*, 2015; Fisher & Binkley, 2000). به‌طوریکه ویژگی‌های خاک و الگوهای پوشش گیاهی در یک چشم انداز و با تغییرات پستی و بلندی، متفاوت خواهد بود. از طرفی دیگر پستی و بلندی می‌تواند، از طریق تاثیر بر الگوی پراکنش مواد قابل اشتعال، مقدار رطوبت آنها، جهت وزش باد و الگوی پوشش گیاهی، بر رفتار آتش اثر تعیین کننده بر جای بگذارد (Fang *et al.*, 2018). حرارت حاصل از آتش و خاکستر ایجاد شده از عواملی هستند که می‌توانند به‌طور مستقیم و غیر مستقیم بر ویژگی‌های خاک تاثیر بگذارند (Hosseini *et al.*, 2019). مقدار حرارت ایجاد شده توسط آتش، به شدت آتش بستگی دارد. شدت آتش، با اندازه مقدار اثر آتش بر زیست توده اکوسیستم سنجیده شده و با مقدار کربن از دست رفته از پوشش گیاهی سطح زمین همبستگی دارد (Keeley, 2009). همچنین شدت آتش بر تغییرات ویژگی‌های خاک سوخته اثر قابل توجهی دارد، زیرا سوختن با شدت بیشتر منجر به از دست رفتن بیشتر برخی عناصر غذایی و آزاد شدن بیشتر برخی دیگر در خاک می‌شود (Brais *et al.*, 2005; Certini, 2000). شدت آتش با مقدار و الگوی پراکنش مواد قابل اشتعال مرتبط است، و خود به میزان زیادی به ترکیب پوشش گیاهی، مرحله توالی، رژیم آتش-سوزی و پستی و بلندی بستگی دارد. شدت آتش از رفتار آتش اثر می‌پذیرد. سه عامل اصلی آب و هوا، پستی و بلندی و مواد قابل اشتعال و مثلث رفتار آتش را شکل می‌دهند (Whitlock *et al.*, 2010). تاثیر پستی و بلندی بر رفتار آتش به خوبی شناخته شده است و بر عرض خط آتش، طول شعله و جهت گسترش آتش اثر قابل توجهی دارد (Linn *et al.*, 2007). در این بین نرخ گسترش آتش مهمترین عاملی است که از پستی و بلندی تاثیر می‌پذیرد زیرا در یک دامنه معمولاً آتش به سمت بالا شتاب می‌گیرد.

هر چند در بسیاری از پژوهش‌ها به اثر پستی و بلندی و همچنین شدت آتش بر ویژگی‌های خاک بطور جداگانه پرداخته شده است، اما در تحقیقات اندکی اثر این دو با هم ترکیب شده است. از جمله استس و همکاران (Estes *et al.*,

2017)، در بررسی عوامل موثر در شدت آتش در کالیفرنیا شمالی اعلام کردند که در موقعیت‌های بالاتر و میانه دامنه، شدت‌های بالاتر آتش‌سوزی نسبت به بخش‌های پایینی دامنه رخ می‌دهد و دلیل آن را سرعت بالاتر باد در قسمت-های بالاتر دامنه دانستند. به این ترتیب پستی و بلندی با تاثیر بر رطوبت مواد قابل اشتعال، الگوی وزش باد محلی، جهت توسعه آتش و ترکیب پوشش گیاهی، می‌تواند بر رفتار آتش اثرگذار باشد. سونگ و همکاران (Song *et al.*, 2017) در مطالعه اثر پستی و بلندی و آتش بر خاک جنگل‌های بورآل به این نتیجه رسیدند که پستی و بلندی، اثرات آتش بر جریان کربن خاک را تنظیم نموده به‌طوریکه نشر دی-اکسید کربن خاک در بخش‌های بالایی دامنه منطقه سوخته به‌طور معنی‌داری بیشتر از بخش پایینی بود. فانگ و همکاران (Fang *et al.*, 2018) در پیش‌بینی شدت‌های آتش‌سوزی در جنگل‌های بورآل اوراسیا، به این نتیجه رسیدند که پوشش گیاهی و پستی و بلندی عوامل اصلی کنترل‌کننده شدت آتش‌سوزی هستند. کونگ و همکاران (Kong *et al.*, 2019) در پژوهشی در جنگل‌های بورآل چین، اثر پستی و بلندی و شدت آتش را بر ویژگی‌های خاک مورد بررسی قرار داده و اعلام نمودند در کوتاه مدت آتش و در بلند مدت پستی و بلندی بر ویژگی‌های خاک تاثیر گذارترند.

جنگل‌های زاگرس که بیشتر شاخه‌زاد هستند از خطر آتش-سوزی در امان نبوده و آتش به‌طور مداوم این جنگل‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد. با توجه به اینکه پایداری طولانی مدت این جنگل‌ها وابسته به حفظ کیفیت خاک است، بررسی اثرات آتش بر خصوصیات خاک بسیار مهم است. توزیع عمودی، افقی و زمانی عناصر غذایی در خاک توسط ترکیبی از عوامل از جمله پستی و بلندی، بارندگی و همچنین شدت‌های متفاوت آتش و انتقال خاکستر حاصل از آتش از بالا به پایین دامنه می‌تواند کنترل شود. با توجه به کوهستانی بودن جنگل‌های زاگرس و وجود تغییرات قابل ملاحظه پستی و بلندی و شیب دامنه‌ها، هدف از این مطالعه، بررسی اثر آتش بر برخی ویژگی‌های خاک در طول دامنه و مقایسه این ویژگی‌ها در دو موقعیت بالا و پایین

گذرانده شدند. کربن آلی به روش والکلی و بلک، نیتروژن کل به روش کج‌لدال و با استفاده از دستگاه اتوکجلیتیک و فسفر قابل جذب به روش اولسن و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (Jafari Haghghi, 2003). کلسیم، منیزیم و پتاسیم قابل دسترس به روش استات آمونیوم و با استفاده از دستگاه فلیم فوتومتر (Soto & Diaz-Fierros, 1993) ، pH و هدایت الکتریکی به روش پتانسیومتری (Ubeda et al., 2009) اندازه‌گیری شدند. داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای SPSS 16 و Excel 2016 و با استفاده از طرح کاملاً تصادفی تجزیه و تحلیل شد. پس از کنترل نرمال بودن داده‌ها و آزمون همگنی واریانس‌ها، از آزمون چند دامنه ای دانکن، برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. همچنین از تجزیه واریانس دو طرفه با دو عامل آتش (شامل سوخته و نسوخته) و موقعیت دامنه (شامل بالا و پایین دامنه) برای بررسی توام دامنه و آتش بر ویژگی‌های خاک استفاده شد.

### نتایج و بحث

#### pH و هدایت الکتریکی (EC) خاک

نتایج تجزیه واریانس دوطرفه نشان داد که آتش و موقعیت دامنه و اثر متقابل آنها بر هدایت الکتریکی و pH، به استثناء موقعیت دامنه بر pH، اثر ( $p < 0.001$ ) داشته است (جدول ۱). مقدار pH و هدایت الکتریکی خاک منطقه نسوخته در بالای دامنه نسبت به منطقه نسوخته پایین دامنه به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.001$ ) کمتر بود (شکل ۱-الف). همچنین در مقدار pH خاک بین منطقه سوخته و نسوخته در پایین دامنه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. مقدار افزایش pH در خاک سوخته بالای دامنه نسبت به منطقه نسوخته ۷/۶ درصد بوده است، در حالیکه این مقدار در پایین دامنه فقط ۱/۵ درصد اندازه‌گیری شد (شکل ۱-ب).

تفاوت میانگین هدایت الکتریکی بین خاک سوخته در هر موقعیت دامنه با نسوخته همان موقعیت از نظر آماری معنی‌دار ( $p < 0.001$ ) بود (شکل ۱-ب). در بالای دامنه این افزایش نسبت به منطقه نسوخته ۶۱/۵ درصد و در پایین دامنه ۲۴ درصد بود (شکل ۱-ب).

دامنه بود تا به‌طور غیرمستقیم شدت آتش در این دو موقعیت سنجیده شود

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

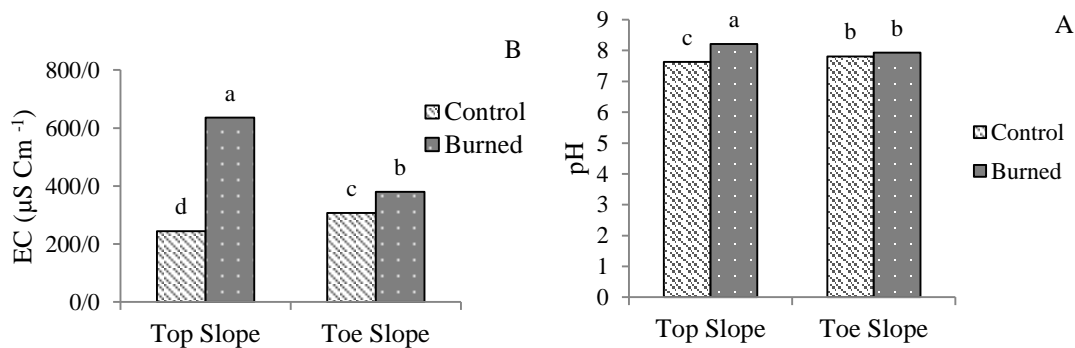
منطقه مورد مطالعه، جنگل‌های روستای رزاب در ۱۲ کیلومتری جنوب شهرستان سروآباد واقع در استان کردستان بود. این منطقه در طول جغرافیایی  $46^{\circ} 24' 41''$  و عرض جغرافیایی  $35^{\circ} 15' 33''$  و با ارتفاع ۱۲۴۰ متر از سطح دریا واقع شده است. میانگین بارندگی ۸۰۴ میلی‌متر می‌باشد. پوشش غالب منطقه از سه گونه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.)، مازودار (*Quercus infectoria* Oliv.) و وی‌ول (*Quercus libani* Oliv.) تشکیل شده است. همچنین شکل رویشی این جنگل اکثراً شاخه‌زاد است. جهت غالب غربی و متوسط شیب کمتر از ۲۰ درصد می‌باشد.

#### روش تحقیق

در شهریور ماه سال ۱۳۹۷، دامنه‌ای که در آن آتش‌سوزی اتفاق افتاده بود، انتخاب گردید، در مجاورت آن، دامنه‌ای با شرایط یکسان از لحاظ شرایط توپوگرافی، پوشش گیاهی و مواد مادری، که در آن آتش‌سوزی رخ نداده بود، به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. طول منطقه در دامنه‌ای که دچار آتش‌سوزی شده بود، حدود ۱۰۰ متر بود و از این جهت، در این پژوهش به منظور نمونه‌برداری، یک هفته پس از رخداد آتش‌سوزی، سه ترانسکت به طول تقریبی ۱۰۰ متر از بالا به پایین دامنه‌ای با شیب ۲۰ درصد و به فاصله ۲۰ متر از یکدیگر در هر منطقه پیاده شد. در ابتدای هر ترانسکت در نقطه بالای دامنه، یک نقطه بر روی ترانسکت و دو نقطه به فاصله پنج متر در دو طرف آن انتخاب و از عمق ۰-۵ سانتی-متری خاک نمونه‌برداری شد. به همین روال در پایین دامنه و در انتهای هر ترانسکت هم از خاک نمونه‌برداری گردید. به این ترتیب نه نمونه خاک در بالا و نه نمونه در پایین دامنه هر منطقه (سوخته و نسوخته) برداشت گردید. بنابراین در مجموع ۳۶ نمونه خاک شامل ۱۸ نمونه سوخته و ۱۸ نمونه نسوخته برداشت شد. نمونه‌های خاک پس از انتقال به آزمایشگاه و خشک شدن، از الک دو میلی‌متری

pH به طور معنی داری افزایش یافت. همچنین مقدار هدایت الکتریکی در طی آتش سوزی با آزاد شدن یون های معدنی محلول در طی سوختن مواد آلی و تشکیل کربن سیاه و همراه شدن خاکستر با خاک، افزایش می یابد (Certini, 2005). یزدانی و همکاران (Yazdani *et al.*, 2020)، بیشتر بودن مقدار هدایت الکتریکی در خاک سوخته نزدیک تنه درخت نسبت به مقدار آن در مرز تاج درختان را به دلیل شدت بیشتر آتش دانستند، که می تواند بیانگر غلظت بیشتر کاتیون ها در خاک باشد. بنابراین با توجه به مقدار pH و هدایت الکتریکی خاک در موقعیت های مختلف دامنه می توان نتیجه گرفت که در خاک سوخته و در موقعیت بالای دامنه آتش شدت بیشتری داشته است.

نتایج نشان داد که بیشترین مقدار pH و هدایت الکتریکی در خاک سوخته و در موقعیت بالای دامنه بوده است. برایس و همکاران (Brais *et al.*, 2000) بیان نمودند که مقدار pH و هدایت الکتریکی با بیشتر شدن شدت آتش سوزی، افزایش بیشتری می یابد. دلیل افزایش pH بعد از رخداد آتش سوزی می تواند افزوده شدن خاکستر به خاک، اکسید شدن مواد آلی در طی آتش سوزی و آزاد شدن کاتیون ها باشد (Pereira, *et al.*, 2014, Alcañiz *et al.*, 2016). طبق نتایج کونگ و همکاران (Kong *et al.*, 2019)، شدت آتش همبستگی بالایی را با مقدار pH خاک نشان داده است و همچنین با توجه به نتایج نظری (Nazari, 2010)، با افزایش دمای خاک سوخته از ۲۰۰ به ۳۵۰ درجه سانتی گراد، مقدار



شکل ۱- میانگین pH و هدایت الکتریکی خاک سوخته و نسوخته در دو موقعیت بالا و پایین دامنه (حروف متفاوت بر اساس آزمون دانکن بیانگر اختلاف معنی دار در سطح ۱ درصد است)

Figure 1. Mean of pH and EC in burned and control soil at top and toe of slope (The different letters indicate significant difference at the 1% level based Duncan test)

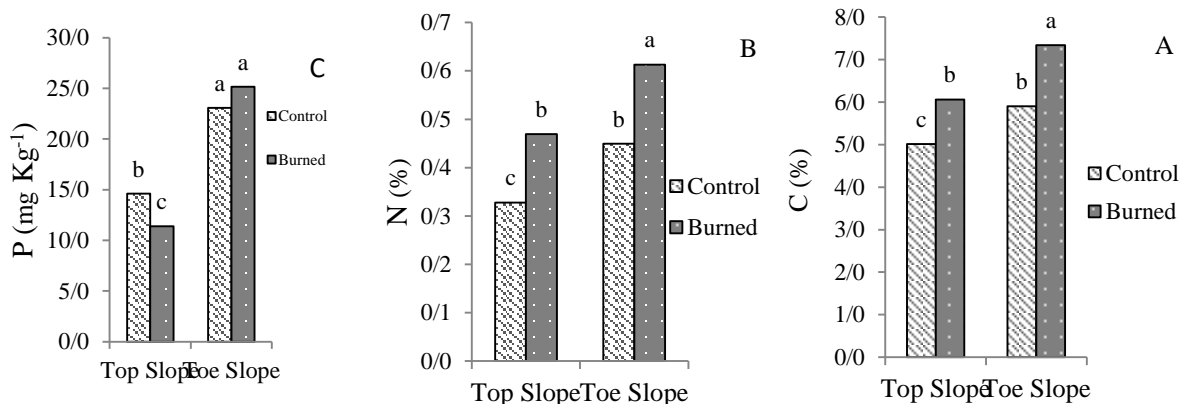
جدول ۱- جدول تجزیه واریانس اثر آتش در دو موقعیت دامنه بر ویژگی های خاک

Table 1. Variance analysis of Fire impactation soil properties in two slope position

Mean square

Source of variation	df	C	N	P	Ca	Mg	K	pH	EC
Fire	1	13.85***	0.209***	2.79 <sup>ns</sup>	59810000***	3937248.06***	14039.88**	39.9***	485669.61***
Position	1	10.48***	0.157***	1110.55***	125000000***	636086***	2804.76 <sup>ns</sup>	0.759 <sup>ns</sup>	83964.72***
Fire × Position	1	0.342 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	63.12**	223600000***	16354.14 <sup>ns</sup>	10138.47*	17.10***	227433.61***
Error	32	0.508	0.007	7.07	1619956.51	14729.50	2611.47	0.028	3467.27
CV		1.95	3.01	2.38	3.51	1.84	1.43	0.35	2.5

به ترتیب ۲۱ و ۲۴ درصد نسبت به منطقه نسوخته افزایش پیدا کرد. میانگین‌های نیتروژن خاک در دو موقعیت دامنه منطقه سوخته با خاک نسوخته همان موقعیت اختلاف معنی‌دار ( $p < 0/01$ ) نشان داد (شکل ۲-ب). تغییرات نیتروژن خاک نیز مشابه کربن بود. به این صورت که مقدار نیتروژن در موقعیت بالا و پایین دامنه به ترتیب ۴۳ و ۳۶/۵ درصد در مقایسه با منطقه نسوخته افزایش یافت. میانگین فسفر خاک سوخته و نسوخته در دو موقعیت دامنه تفاوت معنی‌دار نداشت (شکل ۲-ج). روند تغییرات فسفر خاک متفاوت بود، به این ترتیب که مقدار این عنصر در بالای دامنه در خاک سوخته ۲۲ درصد نسبت به خاک نسوخته کاهش و در موقعیت پایین دامنه ۹ درصد افزایش نشان داد.



شکل ۲- میانگین کربن، نیتروژن و فسفر خاک سوخته و نسوخته در دو موقعیت بالا و پایین دامنه (حروف متفاوت بر اساس آزمون دانکن بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد است)

Figure 2. Mean of C, N and P in burned and control soil at top and toe of slope (The different letters indicate significant difference at the 1% level based Duncan test)

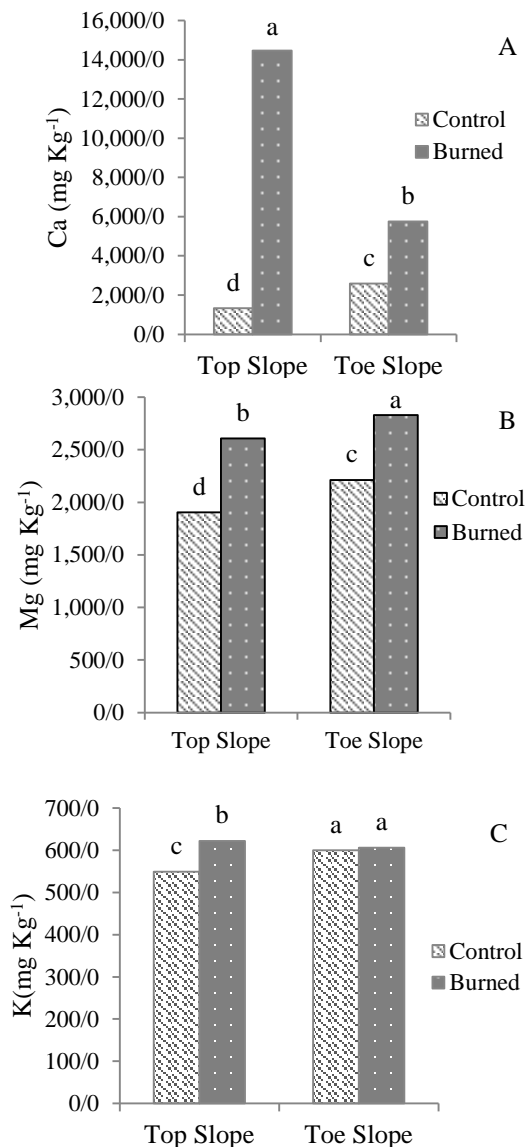
پس از آتش‌سوزی، آن را به شدت آتش مرتبط دانست، به‌طوری‌که در شدت‌های پایین آتش، افزایش کربن و نیتروژن بیشتر بوده و با افزایش شدت آتش به سطح متوسط و بالا از مقدار کربن و نیتروژن خاک به دلیل تصعید کاسته می‌شود. دلیل این افزایش اولیه نیتروژن در خاک سوخته نسبت به نسوخته را اشرفی سعیدلو و همکاران (Ashrafi Saeidlou et al., 2017)، ناشی از پایین بودن شدت آتش‌سوزی دانسته‌اند که دما به حدی نرسیده است تا عناصر غذایی همانند نیتروژن تصعید شود. افزایش در کربن را اکینسی (Ekinci, 2006) به انباشت مواد دیر

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

نتایج تجزیه واریانس دوطرفه نشان داد که آتش‌سوزی و موقعیت دامنه بر مقدار کربن و نیتروژن خاک اثر معنی‌دار ( $p < 0/001$ ) داشته است، در حالیکه فقط موقعیت دامنه بر مقدار فسفر خاک از لحاظ آماری اثر معنی‌دار گذاشته است (جدول ۱).

نتایج این پژوهش نشان داد تفاوت میانگین کربن خاک منطقه سوخته در دو موقعیت دامنه نسبت به منطقه نسوخته همان موقعیت دامنه، از لحاظ آماری معنی‌دار ( $p < 0/01$ ) بود (شکل ۲-الف). در هر دو موقعیت دامنه بعد از آتش‌سوزی مقدار کربن خاک نسبت به منطقه نسوخته افزایش یافت، به‌طوری‌که مقدار کربن در بالا و پایین دامنه

بر اساس نتایج به دست آمده، کربن و نیتروژن خاک در هر دو موقعیت دامنه در خاک سوخته از نسوخته بیشتر بود که این افزایش نسبت به نسوخته در پایین دامنه از بالای دامنه بیشتر بود. مطابق نتایج نظری و همکاران (Nazari et al., 2012) حرارت دادن خاک تا دمای ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد و همچنین طبق نتایج وکیلی و همکاران (Vakili et al., 2019) حرارت دادن لاشبرگ‌ها تا دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد موجب افزایش کربن و نیتروژن در خاک و لاشبرگ‌ها گردید. همچنین اکینسی (Ekinci, 2006) با اعلام این افزایش در مقدار کربن و نیتروژن خاک



شکل ۳- میانگین کلسیم، منیزیم و پتاسیم خاک سوخته و نسوخته در دو موقعیت بالا و پایین دامنه (حروف متفاوت بر اساس آزمون دانکن بیانگر اختلاف معنی دار در سطح ۱ درصد است)

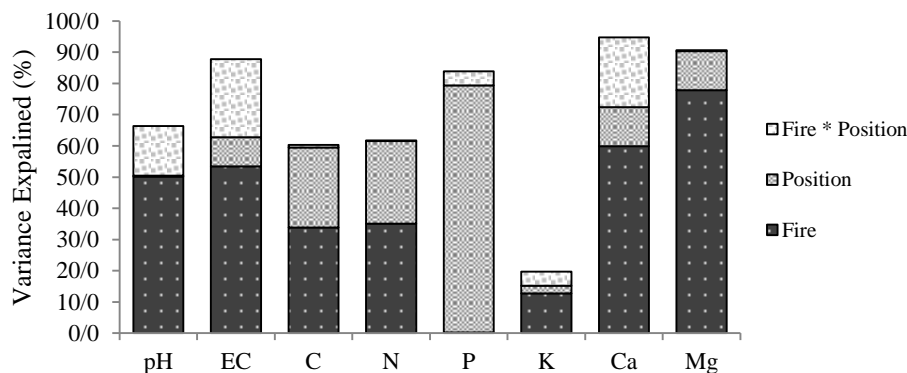
Figure 3. Mean of Ca, Mg and K in burned and control soil at top and toe of slope (The different letters indicate significant difference at the 1% level based Duncan test)

کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg) و پتاسیم (K) تبدالی خاک براساس نتایج تجزیه واریانس دوطرفه، آتش سوزی و موقعیت دامنه بر مقدار کلسیم و منیزیم خاک اثر معنی دار ( $p < 0.01$ ) به جای گذاشته است اما فقط آتش بر مقدار پتاسیم اثر معنی دار داشت (جدول ۱). بر اساس نتایج افزایش

تجزیه شونده در خاک پس از آتش سوزی با شدت کم تا متوسط مرتبط می داند. به این ترتیب در آتش سوزی های با شدت کم مقدار کربن و نیتروژن خاک افزایش می یابد در حالیکه در آتش سوزی های با شدت بالا به مقدار زیادی از مقدار کربن و نیتروژن خاک کاسته می شود (Francos *et al.*, 2018). نتایج حاصل از مقادیر کربن و نیتروژن خاک در دو موقعیت دامنه می تواند تایید کننده شدت بالاتر آتش در بالای دامنه باشد. طبق نتایج، رفتار فسفر خاک سوخته در دو موقعیت دامنه نسبت به نسوخته عکس یکدیگر است به طوری که، در پایین دامنه افزایش و در بالای دامنه کاهش نسبت به نسوخته مشاهده می شود. فسفر قابل جذب در خاک های سوخته به دلیل معدنی شدن فسفر آلی توسط حرارت، افزایش پیدا می کند (Badia *et al.*, 2014) همان طور که در پایین دامنه اتفاق افتاده است. نظری و همکاران (Nazari *et al.*, 2012) گزارش کردند که تا دمای ۳۵۰ درجه سانتی گراد فسفر در خاک افزایش و پس از آن با افزایش دما از مقدار فسفر خاک کاسته شد. به این ترتیب با افزایش شدت آتش و با بالا رفتن دما از مقدار فسفر خاک کاسته می شود. اشرفی سعیدلو و رسولی صدقیانی (Ashrafi Saeidlou & Rasouli Sadaghiani, 2015) افزایش فسفر در خاک را بعد از آتش سوزی گزارش نمودند که به مدت کوتاهی دوام داشت و کاهش آن را بعد از حدود ۶ ماه به جذب شیمیایی توسط اکسیدهای آهن، آلومینوم و منگنز مرتبط دانستند. همچنین در بالای دامنه مقادیر زیادی کلسیم به دلیل حرارت بیشتر، معدنی شده است که با فسفر موجود در محیط ترکیب و به صورت فسفات کلسیم می تواند رسوب کند (Alcañiz *et al.*, 2016). در نتیجه مقدار فسفر خاک در بالای دامنه نسبت به نسوخته کاهش یافته است.

حرارت‌های ۳۵۰ تا ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد است. به همین دلیل می‌توان افزایش بسیار زیاد کلسیم در موقعیت بالای دامنه نسبت به نسوخته را، به شدت بیشتر آتش نسبت داد. براین و همکاران (Braiss *et al.*, 2000) افزایش درصد اشباع بازی را متناسب با شدت آتش‌سوزی از ۳۵ درصد در منطقه نسوخته به ۵۶ درصد در مناطقی با آتش‌سوزی کم تا متوسط و ۶۱ درصد در مناطقی با آتش‌سوزی شدید گزارش نمودند که می‌تواند نشان‌دهنده افزایش غلظت کاتیون‌های بازی خاک همانند کلسیم و منیزیم و پتاسیم باشد که این افزایش دارای رابطه مستقیم با شدت آتش است. یزدانی و همکاران (Yazdani *et al.*, 2020) به دلیل شدت بالاتر آتش در مجاورت تنه درختان، مقدار کلسیم، منیزیم و پتاسیم در خاک سوخته نزدیک تنه را بیشتر از خاک سوخته مرز تاج درختان گزارش کردند که تاییدی بر افزایش مقدار کاتیون‌های خاک متناسب با شدت آتش است. در طی آتش‌سوزی، مواد آلی می‌سوزد و کاتیون‌های بازی به دلیل دمای تبخیر بالا، به میزان زیادی در محیط باقی می‌مانند که این مقدار سوختن و در نتیجه غلظت کاتیون‌ها می‌تواند تحت تاثیر حرارت و یا به عبارتی شدت آتش‌سوزی باشد (Alcañiz *et al.*, 2016). به این ترتیب مطابق مقادیر بدست آمده از غلظت کاتیون‌ها در این پژوهش، می‌توان نتیجه گرفت که شدت آتش در بالای دامنه از پایین دامنه بیشتر بوده است.

در مقدار کلسیم در هر دو موقعیت دامنه نسبت به نسوخته همان موقعیت از لحاظ آماری معنی‌دار ( $p < 0.01$ ) بود (شکل ۳-الف). بیشترین تغییرات در سه عنصر کلسیم، منیزیم و پتاسیم در خاک سوخته بالای دامنه نسبت به نسوخته همان موقعیت به‌دست آمد. در خاک سوخته بالای دامنه مقدار کلسیم بیشترین افزایش را نشان داد به‌طوری‌که مقدار این عنصر ۹/۸۵ برابر نسبت به خاک سوخته بالای دامنه افزایش یافت، در حالیکه این افزایش در پایین دامنه ۱/۲۲ برابر بود. تفاوت‌ها در مقدار منیزیم خاک در هر دو موقعیت معنی‌دار ( $p < 0.01$ ) بود (شکل ۳-ب). افزایش ۳۷ و ۲۸ درصدی در مقدار منیزیم خاک سوخته نسبت به نسوخته به ترتیب در بالا و پایین دامنه مشاهده شد. تفاوت میانگین‌های پتاسیم خاک سوخته نسبت به نسوخته فقط در بالای دامنه معنی‌دار ( $p < 0.01$ ) بود (شکل ۳-ج). پتاسیم خاک سوخته در پایین دامنه کمتر از یک درصد نسبت به نسوخته افزایش نشان داد، در حالیکه در بالای دامنه این افزایش در خاک سوخته ۱۳/۳ درصد بود. افزایش غلظت کاتیون‌های محلول در آب با افزایش دما از ۲۵۰ سانتی‌گراد و کاهش از دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد (به استثناء پتاسیم) در بسیاری از پژوهش‌ها مورد تایید قرار گرفته است (Terefe *et al.*, 2008; Giovannini, 2012). همکاران (Pereira *et al.*, 2014) دلیل افزایش کربنات و به دنبال آن افزایش pH در خاک را بالا رفتن شدت آتش‌سوزی بیان کردند، که خود ناشی از سوختن چوب در درجه



شکل ۴- مقدار تغییرات توجیه شده توسط آتش و موقعیت دامنه بر ویژگی‌های خاک

Figure 4. Explained variation of soil properties by fire and slope position

پستی و بلندی تاثیر چشمگیری بر ویژگی‌های خاک در طول یک دامنه دارد و بر فرآیندهای شیمیایی و زیستی خاک اثر به جای می‌گذارد (Kong *et al.*, 2019). کرمان و حسینی (Karmian and Hosseini, 2015) در بررسی در جنگل‌های دالاب ایلام اعلام کردند که با حرکت از بالای دامنه به سمت پایین، به غلظت عناصر در خاک افزوده می‌شود که با نتایج حاصل از بالا و پایین دامنه نسوخته مطابقت دارد. با توجه به نتایج، مشاهده می‌شود بیشترین تغییرات در ویژگی‌های خاک به استثناء فسفر، توسط آتش بیان می‌شود که بیانگر غلبه اثر آتش بر پستی و بلندی است و نشانگر این است که آتش فرآیند اکولوژیکی سریعی است که به سرعت اثر پستی و بلندی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. اما با گذشت زمان و با بهبود وضعیت خاک، می‌تواند با اثر پستی و بلندی دوباره جایگزین شود که این زمان به شدت آتش بستگی دارد (Kong *et al.*, 2019).

### نتیجه‌گیری کلی

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که آتش‌سوزی بر ویژگی‌های خاک در بالای دامنه تاثیر بیشتری از پایین دامنه به جای گذاشته است. همچنین در شرایط عدم وقوع آتش، تمام متغیرهای اندازه‌گیری شده در خاک بالای دامنه کمتر از پایین دامنه بود که بیانگر اثر پستی و بلندی بر ویژگی‌های خاک است. به این ترتیب در منطقه نسوخته، پستی و بلندی اثر مستقیمی بر ویژگی‌های خاک به جای می‌گذارد در حالیکه در منطقه دچار آتش‌سوزی شده اثر پستی و بلندی برخاک با اثر آتش ترکیب می‌شود. به دلیل عدم امکان اندازه‌گیری شدت آتش در آتش‌سوزی‌های طبیعی، توجه به اثرات آتش بر سایر مولفه‌های اکوسیستم همانند خاک، می‌تواند به عنوان معیاری برای برآوردی از شدت آتش مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده از ویژگی‌های خاک در این پژوهش، می‌توان نتیجه گرفت که شدت آتش در بالای دامنه از پایین آن، بیشتر بوده است.

**اهمیت نسبی آتش و پستی و بلندی بر ویژگی‌های خاک**  
همه متغیرهای اندازه‌گیری شده در بالای دامنه نسبت به پایین دامنه در منطقه نسوخته کمتر بوده که بیانگر اثر پستی و بلندی بر ویژگی‌های خاک است. مقدار pH در خاک نسوخته بالای دامنه از ۷/۶۲ به ۷/۸۰ و هدایت الکتریکی از ۲۴۴/۶۲ به ۳۰۷ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در خاک نسوخته پایین دامنه افزایش یافت که در هر دو مورد این افزایش معنی‌دار بود (شکل ۱). همچنین مقدار کربن، نیتروژن و فسفر به ترتیب از ۵/۰۱ و ۰/۳۳ درصد و ۱۴/۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک بالای دامنه نسوخته به ۵/۹۰ و ۰/۴۵ درصد و ۲۳/۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک نسوخته پایین دامنه افزایش یافت. این افزایش نیز از لحاظ آماری معنی‌دار بود (شکل ۲). مقدار سه کاتیون کلسیم، منیزیم و پتاسیم هم به ترتیب از ۱۳۳۲/۸۸، ۱۹۰۳/۴۶ و ۵۴۸/۹۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم به ۲۵۹۲/۳۲، ۲۲۱/۹۴ و ۶۰۰/۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم افزایش یافت که در هر سه مورد، این افزایش معنی‌دار بود (شکل ۳). اما با توجه به درصد تغییرات توجیه شده (شکل ۴) مشاهده می‌شود که بعد از رخداد آتش‌سوزی به استثناء فسفر، در سایر متغیرها بیشترین تغییرات، از عامل آتش تاثیر پذیرفته است. دلیل رفتار متفاوت فسفر را می‌توان به وجود مقادیر زیاد کلسیم پس از رخداد آتش در خاک و تشکیل فسفات کلسیم و ترسیب آن در خاک نسبت داد که به این ترتیب از مقادیر در دسترس آن کاسته شده و در نتیجه فرآیند آتش، درصد اندکی از تغییرات آن را توجیه می‌نماید (Alcañiz *et al.*, 2016). برای منیزیم، کلسیم، EC، pH، نیتروژن، کربن، پتاسیم و فسفر خاک به ترتیب ۷۷، ۵۹، ۵۳، ۵۰، ۳۵، ۳۳، ۱۲ و ۰/۲ درصد تغییرات توسط آتش توجیه می‌شود. تغییرات فسفر، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، pH و هدایت الکتریکی در خاک سوخته بالای دامنه نسبت به نسوخته همان موقعیت، بیشتر از همین تغییرات در خاک سوخته پایین دامنه نسبت به نسوخته همان موقعیت بود.



## References

- 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.
- Ashrafi Saeidlou S., and Rasouli-Sadaghiani MH. 2015. The effects of fire on soil organic carbon quality and nutrients availability in Sardasht oak forests. *Applied Soil Research*, 2(2): 28-39. (In Persian)
- Ashrafi Saeidlou S., Rasouli-Sadaghiani MH., and Barin M. 2017. The effect of firing background on some soil physico-chemical properties in forest ecosystem of Sardasht. *Journal Water and Soil Sciences*, 21(3): 109-119. (In Persian)
- Badia D., Marti C., Aguirre A., Aznar J., Gonzalez-Perez J.M., De La Rosa J.M., Leon J., Ibarra P., and Echeverria 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.
- Brais S., David P., and Ouimet R. 2000. Impact of wildfire severity and salvage harvesting on the nutrient balance of jack pine and black spruce boreal stands. *Forest Ecology and Management*, 137: 231-243.
- Certini G. 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia*, 143: 1-10.
- Ekinci H. 2006. Effect of forest fire on some physical, chemical and biological properties of soil in Canakkale, Turkey. *International Journal of Agriculture & Biology*, 8 (1): 102-106.
- Estes B.L., Knapp E.E., Skinner C.N., Miller J.D., and Preisler H.K. 2017. Factors influencing fire severity under moderate burning conditions in the Klamath Mountains, northern California, USA. *Ecosphere*, 8 (5):1-20.
- Fang L., Yang J., White M., and Liu Z. 2018. Predicting potential fire severity using vegetation, topography and surface moisture availability in a Eurasian boreal forest landscape. *Forests*, 9(3), 130.
- Fisher R.F., and Binkley D. 2000. Ecology and Management of Forest Soils. John Wiley and Sons, New York 512p.
- Francos M., Ubeda X., Pereira P., and Alcaniz M. 2018. Long-term impact of wildfire on soils exposed to different fire severities. A case study in Cadiretes Massif (NE Iberian Peninsula). *Science of the Total Environment*, 615: 664-671.
- Giovannini G. 2012. Fire in Agricultural and Forest Ecosystems: The Effects on Soil. Edizioni ETS, Pisa, Italy 86 p.
- 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)
- Karamian M., and Hosseini V. 2015. Effect of position and slope aspect on organic carbon, total nitrogen and available phosphorus in forest soils (Case study: The forest of Ilam, Dalab). *Journal Water and Soil Sciences*, 19(71): 109-117. (In Persian)
- Keeley J.E. 2009. Fire intensity, fire severity and burn severity: a brief review and suggested usage. *International Journal Wildland Fire*, 18: 116-126.
- Knelman J.E., Graham E.B., Trahan N.A., Schmidt S.K., and Nemergut D.R. 2015. Fire severity shapes plant colonization effects on bacterial community structure, microbial biomass, and soil enzyme activity in secondary succession of a burned forest. *Soil Biology and Biochemistry*, 90: 161-168.
- Jafari Haghighi M. 2003. Methods of Soil Analysis. Tehran 236p. (In Persian)
- Kong J., J., Yang j., and Wenhua C. 2019. Topography controls post-fire changes in soil properties in a Chinese boreal forest. *Science of the Total Environment*, 651: 2662-2670.
- Nazari F. 2010. Effect of fire severity on dynamic of forest soil nutrients under laboratory conditions. M.Sc. thesis, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran, 94p. (In Persian)
- 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): 24-37. (In Persian)
- Pereira P., Úbeda X., Martin D., Mataix-Solera J., Cerdà A., and Burguet M. 2014. Wildfire effects on extractable elements in ash from a Pinus pinaster forest in Portugal. *Hydrological Process*, 28: 3681-3690.

- Song X., Wang G., Ran F., Chang R., Song C., and Xiao Y. 2017. Effects of topography and fire on soil CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> flux in boreal forest underlain by permafrost in northeast China. *Ecological Engineering*, 106: 35–43.
- Soto B., and Diaz-Fierros F. 1993. Interactions between plant ash leachates and soil. *International Journal of Wildland Fire*, 3(4): 207-216.
- Terefe T., Mariscal-Sancho I., Peregrina F., and Espejo F. 2008. Influence of heating on various properties of six Mediterranean soils, a laboratory study. *Geoderma*, 143: 273–280.
- 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 and development*, 20(6):589-608.
- Vakili Tajareh S., Hosseini V., and Mohammadi samni K. 2019. Effect of different temperatures on the physio-chemical properties of Aleppo oak ash litter under laboratory conditions. *Iranian Journal of Forest*, 11(2): 269-280. (In Persian)
- Whitlock C., Higuera P.E., McWethy D.B., and Briles C.E. 2010. Paleoecological perspectives on fire ecology, revisiting the fire-regime concept. *Open Ecology Journal*, 3: 6–23.
- Yazadani E., Hosseini V., and Mohammadi Samani K. 2020. Effects of wilfire on some chemical properties of forest soil near base trunk and crown border of Persian oak (*Quercus brantii* Lindl.). *Journal of Water and Soil*, 33(6): 913-922. (In Persian)

## Evaluation Influence of Wildfire on the Chemical Properties of Forest Soil at the Top and Toe Slope in Sarvabad, Kurdistan Province

Vahid Hosseini<sup>1\*</sup>, Kyumars Mohammadi Samani<sup>2</sup>, Fatemeh Abdolmaleki<sup>3</sup>

(Received: May 2021 Accepted: July 2021)

### Abstract

Soil properties can be greatly affected by both topography and fire. Topography is one of the factors affecting the fire intensity. The aim of this study was to compare the effect of fire on chemical soil properties at top and toe of hillside slope. In order to sampling, one week after fire, three transects were installed with a length of approximately 100 meters from top to toe and interval of 20 meters from each other on the western slope in each area (burned and unburned) where the fire occurred in the summer of 2018 in Sarvabad area. Totally, 36 soil samples were collected and some properties were measured including: carbon, nitrogen, phosphorus, pH, EC, potassium, calcium and magnesium. The results showed that all chemical soil parameters were lower in the upper position than in the toe position slope in control area. However the pH and electrical conductivity and calcium of soil increased more at the top than toe position of the slope in the burned area. Also, the amount of carbon and nitrogen of soil has increased at the top less than toe of the slope. The amount of soil phosphorus showed significantly difference in the burned soil at the top of the slope in comparison to the control. In general, the intensity of fire in these two positions can indirectly measure by comparison soil properties at top and toe of slope in burned area. Because of changes on soil chemical properties in the burned area, it seems that the fire intensity was higher at the top of the slope due to heat transfer from the bottom to the top of the slope.

**Keywords:** Fire, Forest soil, Northern Zagross, Slope position, Topography

Hosseini V., Mohammadi Samani K., Abdolmaleki F. 2022. Evaluation influence of wildfire on the chemical properties of forest soil at the top and toe slope in Sarvabad, Kurdistan province. *Applied Soil Research*, 10(2): 29-39.

1. Assistant Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan

2. Assistant Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan

3. MSc Student, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan

\* Corresponding Author Email: [v.hosseini@uok.ac.ir](mailto:v.hosseini@uok.ac.ir)