

تأثیر آتش‌سوزی بر میزان کربن آلی خاک و قابلیت دسترسی عناصر غذایی در جنگل‌های بلوط سردشت

ساناز اشرفی سعیدلو^۱، میرحسن رسولی صدقیانی^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۵/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۰۱)

چکیده

بسیاری از خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک در اثر آتش‌سوزی تغییر می‌کنند. آتش با تغییر در میزان و قابلیت دسترسی عناصر غذایی خاک قادر است حاصلخیزی خاک‌های جنگلی را در طول زمان تحت تأثیر قرار دهد. به منظور بررسی تأثیر آتش‌سوزی و زمان‌های پس از آن بر برخی خواص شیمیایی خاک، تعداد ۸۰ نمونه خاک (سوخته و غیرسوخته) از دو عمق سطحی (۵ - ۰ سانتی‌متری) و زیرسطحی (۲۰ - ۵ سانتی‌متری) با سابقه آتش‌سوزی متفاوت شامل ۶ و ۱۲ ماه پس از آتش‌سوزی برداشت و مقادیر نیتروژن کل، فسفر، پتاسیم، منگنز، آهن، روی، مس و کربن آلی خاک در نمونه‌های تهیه شده اندازه‌گیری شد. نتایج نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار از نظر میزان فسفر و نیتروژن بین خاک‌های سوخته و شاهد (غیر سوخته) بود. به طوری که مقدار این پارامترها ۶ ماه پس از آتش‌سوزی در خاک‌های سوخته در مقایسه با خاک‌های شاهد افزایش نشان داد ولی پس از گذشت ۱۲ ماه به سطوح قبل از آتش‌سوزی رسید. میزان فسفر و کربن بخش درشت (۲ - ۰/۲۵ میلی‌متر) در خاک‌های سوخته به ترتیب ۲/۲۳ و ۲/۵۳ برابر بیشتر از مقادیر این عناصر در خاک‌های شاهد بود. مقدار منگنز نیز در خاک‌هایی با ۶ ماه سابقه آتش‌سوزی به میزان ۳۲/۷ درصد نسبت به خاک‌های شاهد افزایش نشان داد در حالی که با گذشت یک‌سال از زمان وقوع آتش‌سوزی، مقدار آن در خاک سوخته در مقایسه با خاک شاهد ۲۱/۴ درصد کاهش داشت. بیشترین مقدار پتاسیم نیز ۳۹۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که در خاک‌های سوخته با ۱۲ ماه سابقه سوختگی مشاهده شد. به‌طور کلی آتش‌سوزی منجر به تغییرات محسوسی در خواص خاک می‌شود اما این تغییرات پایدار نبوده و بسته به شدت آتش‌سوزی طول بقای اثرات متفاوت است.

واژه‌های کلیدی: سابقه آتش‌سوزی، ماده آلی خاک، حاصلخیزی خاک، خاک جنگل

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه

۲- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه (مکاتبه کننده)

*پست الکترونیک: m.rsadaghiani@urmia.ac.ir

مقدمه

استفاده آن (آمونیم و نیترات) می‌شود (Covington & Sackett, 1992). تأثیرات آتش‌سوزی بر مقدار فسفر خاک لزوماً به میزان نیتروژن نمی‌باشد چرا که تلفات فسفر از طریق تصعید و آبشویی کمتر است. سوختن پوشش گیاهی و لاشبرگ‌ها منجر به تغییرات قابل توجهی در چرخه بیوشیمیایی فسفر می‌گردد و فسفر آلی را به فرم‌های معدنی تبدیل می‌نماید. احتراق از طریق تأثیر بر pH خاک نیز، فسفر غیر قابل‌استفاده را به اورتوفسفات (تنها فرم قابل‌استفاده برای گیاهان و موجودات خاکزی) تبدیل می‌نماید (Cade-Menun *et al.*, 2000; Sharpley, 2000). بیشترین فراهمی فسفر در pH حدود ۶/۵ حاصل می‌شود، در خاک‌های اسیدی اورتوفسفات از طریق جذب شیمیایی به اکسیدهای آلومینیوم، آهن و منگنز متصل می‌گردد و در خاک‌های قلیایی به صورت فسفات کلسیم رسوب می‌نماید، بنابراین آتش‌سوزی از طریق هدایت pH به سمت خنثی بودن منجر به افزایش میزان اورتوفسفات در خاک می‌شود (Serrasolsas & Khanna, 1995). تغییرات ناشی از آتش‌سوزی، در چرخه سایر عناصر غذایی کمتر و موقتی می‌باشد. قابلیت دسترسی این عناصر (پتاسیم، کلسیم و منیزیم) معمولاً در اثر سوختن مواد آلی افزایش می‌یابد و میزان این افزایش تابعی از نوع عناصر غذایی، گونه درختان سوخته، خصوصیات خاک و فرایندهای آبشویی می‌باشد (Kutiel & Shaviv, 1992). مطالعات نشان دادند یک ماه پس از آتش‌سوزی، مقدار کلسیم، منیزیم و پتاسیم قابل دسترس خاک در جنگل - های *Q. rubra - Populus grandidentata* در مقایسه با قبل وقوع آن، افزایش یافت و میزان این عناصر ۳ ماه بعد، به سطوح قبل آتش‌سوزی بازگشت (Adams & Boyle, 1980). گنزالز پارا و همکاران (Gonzalez Parra *et al.*, 1996) دریافتند که به‌دنبال آتش‌سوزی مقدار کل منگنز و شکل‌های قابل‌دسترس آن (قابل عصاره‌گیری با استات آمونیوم و هیدروکونیون) به‌دلیل وجود این عنصر در اکسیدهای بلوری و آمورف موجود در خاکستر افزایش می‌یابد، در حالی که منگنز قابل‌تبادل هیچ‌گونه تغییری را نشان نمی‌دهد. احتمالاً رفتار آهن، روی و مس نیز مشابه منگنز است. با توجه به مطالعات انجام شده تأثیر آتش‌سوزی بر خواص خاک چشمگیر بوده و لذا حاصلخیزی و جامعه میکروبی آن را به‌طور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر

آتش‌سوزی یکی از رخدادهای مهم و رایج در بیشتر اکوسیستم‌های جنگلی است که تأثیرات قابل توجهی بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارد و گاهی باعث بروز تغییرات دائمی و غیر قابل برگشت در خاک می‌شود. تغییر در خصوصیات خاک در اثر آتش‌سوزی را می‌توان در سه مقطع کوتاه‌مدت، طولانی-مدت و دائمی بررسی نمود که با توجه به خصوصیات، شدت و تکرار آتش‌سوزی و همچنین شرایط آب و هوایی پس از آتش‌سوزی، دوام اثرات متفاوت است (Certini, 2005). در طول آتش‌سوزی‌های جنگلی مقادیر زیادی CO₂ به اتمسفر رها می‌شود. تأثیر آتش‌سوزی بر مقدار کل ماده‌ی آلی خاک به چندین فاکتور شامل نوع آتش‌سوزی (آتش‌سوزی‌های اندام‌های هوایی گیاه^۱، سطحی^۲ و زیر سطحی^۳)، شدت و حتی شیب بستگی دارد. به‌دنبال آتش‌سوزی ممکن است کاهش قابل توجهی در مقدار ماده آلی در برخی از خاک‌ها مشاهده شود که این می‌تواند توسط تغییراتی در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها تسریع شود (DeBano, 2000). آتش‌سوزی‌های طبیعی از طریق خاکستر نمودن مواد آلی بر خواص شیمیایی خاک تأثیر می‌گذارند به‌طوری‌که عناصر غذایی موجود در ساختارهای آلی را به فرم‌های معدنی تبدیل می‌نمایند. درجه حرارت در طول آتش‌سوزی و نیز آستانه حرارتی عناصر، تعیین کننده شکل غالب آن‌ها پس از وقوع آتش‌سوزی است (Wells, 1979). نیتروژن در گروه عناصر حساس (DeBano *et al.*, 1976)، پتاسیم و فسفر در گروه با حساسیت متوسط و منگنز با آستانه حرارتی بالا در گروه نسبتاً غیرحساس قرار می‌گیرد (Raison *et al.*, 1985). نیتروژن، فسفر و پتاسیم در طول آتش‌سوزی متصاعد می‌شوند. میزان تصاعد نیتروژن با مقدار آن در مواد آلی سوخته شده متناسب است (Raison *et al.*, 1985). نیتروژن باقی‌مانده در خاک نیز عمدتاً به آمونیوم تبدیل شده و با گذشت مدت زمان مشخصی از وقوع آتش‌سوزی، در اثر افزایش فعالیت میکروبی از طریق نیتریفیکاسیون به نیترات تبدیل می‌شود و بدین ترتیب آتش‌سوزی باعث کاهش مقدار نیتروژن کل خاک و افزایش شکل‌های قابل

۱- Plant shoot fire

۲- Surface fire

۳- Subsurface fire

عصاره‌گیری با DTPA ۰/۰۰۵ مولار (Lindsay & Norvell, 1978) اندازه‌گیری گردیدند.

تجزیه آماری داده‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی ۳ فاکتوری که فاکتور اول خاک (با ۲ سطح سوخته و شاهد)، فاکتور دوم عمق (با دو سطح ۵-۰ سانتی‌متری و ۲۰-۵ سانتی‌متری) و فاکتور سوم زمان (با ۲ سطح ۶ ماه و ۱ سال پس از آتش‌سوزی) بود، انجام شد. نرمال کردن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab و تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد و با استفاده از نرم‌افزار MSTATC و رسم نمودار با نرم‌افزار Excell انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مربوط به صفات اندازه‌گیری شده در جدول ۱ ارائه شده است. از نظر درصد نیتروژن کل بین خاک‌های سوخته و شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید لیکن درصد آن در اعماق متفاوت اختلاف معنی‌داری نشان داد ($P \leq 0/05$). به علاوه اثرات متقابل خاک و زمان معنی‌دار شد بطوری‌که مقایسات میانگین نشان دهنده وجود بیشترین مقدار آن در خاک‌های سوخته با ۶ ماه سابقه آتش‌سوزی و در خاک سطحی (۵ - ۰ سانتی‌متری) بود (شکل ۱ و ۲). تاثیرات آتش‌سوزی بر ذخیره نیتروژن کل خاک ثابت نمی‌باشد برخی مطالعات حاکی از افزایش (Kovacic et al., 1986; Covington & Sackett, 1992) برخی دیگر نشان‌گر کاهش (Raison et al., 1985; Bell & Binkley, 1989) نیتروژن کل در اثر وقوع آتش‌سوزی هستند. این ناسازگاری می‌تواند ناشی از فاکتورهای محیطی نظیر رطوبت خاک، آبشویی، فرسایش و عمق نمونه‌برداری باشد (Hamman et al., 2008). شدت آتش‌سوزی و نوع پوشش گیاهی نیز از فاکتورهای مهم تاثیرگذار بر تغییرات نیتروژن کل خاک هستند. به دلیل دمای پایین تصعید نیتروژن انتظار می‌رود بیشترین مقدار نیتروژن موجود در لاشبرگ‌ها و لایه‌های سطحی خاک در اثر آتش‌سوزی وارد اتمسفر شده و تاثیرات طولانی‌مدتی بر ذخیره نیتروژن در اکوسیستم‌های جنگلی داشته باشد (Zhang et al., 1999). اما با توجه به پایین بودن شدت

قرار می‌دهد. بنابراین ارزیابی اثرات آتش‌سوزی بر خاک می‌تواند به شناخت و بهبود خصوصیات آن کمک به‌سزایی نماید. هدف از این پژوهش، بررسی تاثیرات آتش‌سوزی بر میزان کربن آلی و فراهمی عناصر غذایی در خاک‌هایی با سابقه آتش‌سوزی متفاوت، در مناطق جنگلی سردشت بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در ۱۵ کیلومتری شهرستان سردشت در استان آذربایجان غربی در محدوده‌ی عرض جغرافیایی شمالی $36^{\circ} 16' 21''$ تا $36^{\circ} 16' 9''$ و طول جغرافیایی شرقی $45^{\circ} 33' 50/6''$ تا $45^{\circ} 33' 54/6''$ واقع شده است. متوسط ارتفاع از سطح دریا در حدود ۱۵۱۵ متر، شیب غالب آن از طرف جنوب غرب به طرف شرق می‌باشد. متوسط بارندگی منطقه ۸۵۸ میلی‌متر در سال و متوسط دمای سالانه $13/1$ درجه سانتی‌گراد است. قدیمی‌ترین تشکیلات زمین‌شناسی مربوط به دوره‌ی پرکامبرین و جوان‌ترین آن‌ها مربوط به دوره‌ی مزوزوئیک می‌باشد. از نظر سنگ‌های تشکیل دهنده، بیشترین وسعت منطقه را سنگ‌های دوره کرتاسه (اسلیت و فلیت)، مرمر و سنگ‌های آهکی تشکیل می‌دهند. گونه‌های کوئوکوس پرسیکا (*Quercus persica*) و کوئوکوس ابریکا (*Quercus ebrica*) مهم‌ترین عناصر درختی تشکیل دهنده جنگل‌های این منطقه هستند.

نمونه‌برداری و اندازه‌گیری خصوصیات خاک

تعداد ۸۰ نمونه خاک (سوخته و غیرسوخته) از دو عمق سطحی (۵ - ۰ سانتی‌متری) و زیرسطحی (۲۰ - ۵ سانتی‌متری) با سابقه آتش‌سوزی متفاوت شامل ۶ و ۱۲ ماه پس از آتش‌سوزی به صورت تصادفی برداشت گردیدند. نمونه‌ها پس از هوا خشک شدن، از الک ۲ میلی‌متری گذرانده شدند و برخی خصوصیات شیمیایی شامل کربن آلی در دو بخش (ذرات $0/25 - 0/05$ میلی‌متر و $1 - 0/25$ میلی‌متری) به روش والکی - بلاک (Nelson & Sommers, 1982)، نیتروژن کل به روش کجلدال (Bremner & Mulvaney, 1982)، فسفر با استفاده از بی‌کربنات سدیم نیم نرمال (Olsen & Sommers, 1982)، پتاسیم به روش عصاره‌گیری با استات آمونیم (Chapman & Pratt, 1978)، آهن، روی، مس و منگنز به روش

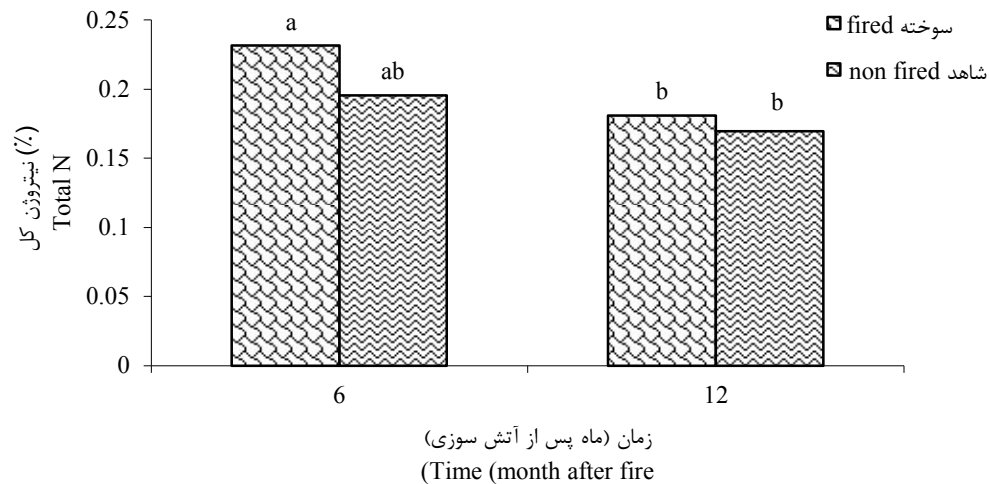
آتش‌سوزی در منطقه، سوختن لاشبرگ‌ها به آرامی صورت گرفته و دما به حدی نرسیده که عناصر غذایی (به خصوص نیتروژن) تصعید شده و وارد اتمسفر شوند لذا مقدار نیتروژن در خاک‌های سوخته در مقایسه با خاک-های شاهد افزایش نشان داده است (Hatten *et al.*,)

(2005). از طرفی به دلیل همبستگی بالایی که بین ماده آلی و نیتروژن کل خاک وجود دارد و نیز تقریباً تمامی نیتروژن خاک در مواد آلی متمرکز شده است، افزایش ماده آلی در اثر وقوع آتش‌سوزی می‌تواند دلیل دیگر افزایش نیتروژن کل خاک باشد (Busse *et al.*, 2005).

جدول ۱- تجزیه واریانس پارامترهای اندازه‌گیری شده
Table 1- Analysis variance of measured parameters

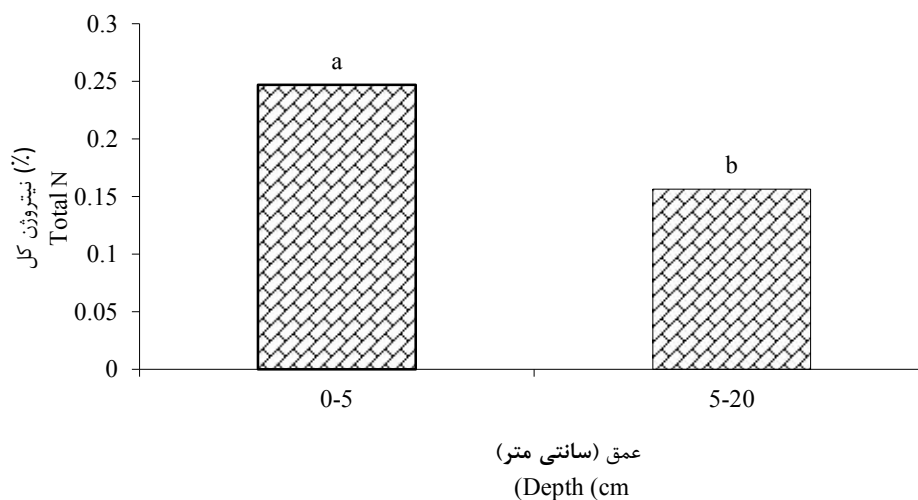
میانگین مربعات MS									درجه آزادی	منابع تغییرات (Source of variation)
Zn	Cu	Fe	Mn	OC 0.25-2	OC 0.05-0.25	K	P	N	df	
12.4 ^{ns}	0.415 ^{ns}	255*	5996*	4.71***	16.8***	21018 ^{ns}	4255***	0.016 ^{ns}	1	خاک (Soil)
0.145 ^{ns}	0.426 ^{ns}	0.784 ^{ns}	678 ^{ns}	29.6***	43.8*	42621 ^{ns}	973*	0.166*	1	عمق (Depth)
0.014 ^{ns}	0.313 ^{ns}	0.014 ^{ns}	967*	0.158*	0.012*	14306***	95.7*	0.001*	1	خاک×عمق (Soil*depth)
0.263	0.257	11.2	101	0.615	1.70	2854	132	0.003	36	اشتباه اصلی (Main error)
2.91 ^{ns}	4.25 ^{ns}	777***	1199***	47.3***	2.14 ^{ns}	176302***	603 ^{ns}	0.011 ^{ns}	1	زمان (Time)
1.35 ^{ns}	5.14 ^{ns}	208***	444***	4.25*	16.5***	1089***	46.8*	0.001*	1	خاک×زمان (Soil*time)
0.046 ^{ns}	0.648 ^{ns}	111***	5.94***	0.168**	2.16*	25863*	1009*	0.001*	1	عمق×زمان (Depth*time)
0.101 ^{ns}	0.084 ^{ns}	0.409***	556*	0.735**	0.605*	35619*	641*	0.001*	1	خاک×عمق×زمان (Soil*depth*time)
0.217	0.114 ^{ns}	9.3	219	0.645	1.38	5603	147	0.004	36	اشتباه فرعی (Secondary error)
34.9	29.8	30.1	52.2	31.3	29.2	22.9	63.5	29.4		ضریب تغییرات (%) (Coefficient of Variation)

***, **, * به ترتیب نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰.۰۱٪، ۰.۰۱٪ و ۵٪ و ns نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار هستند
***, **, * Show significant difference at 0.1%, 1% and 5%, respectively. ns show non-significant.



شکل ۱- متوسط درصد نیتروژن کل در دو عمق خاک‌هایی با سابقه آتش‌سوزی متفاوت

Figure 1- Mean of total nitrogen percent in two depths of soils with different firing background



شکل ۲- درصد نیتروژن کل در اعماق مختلف خاک

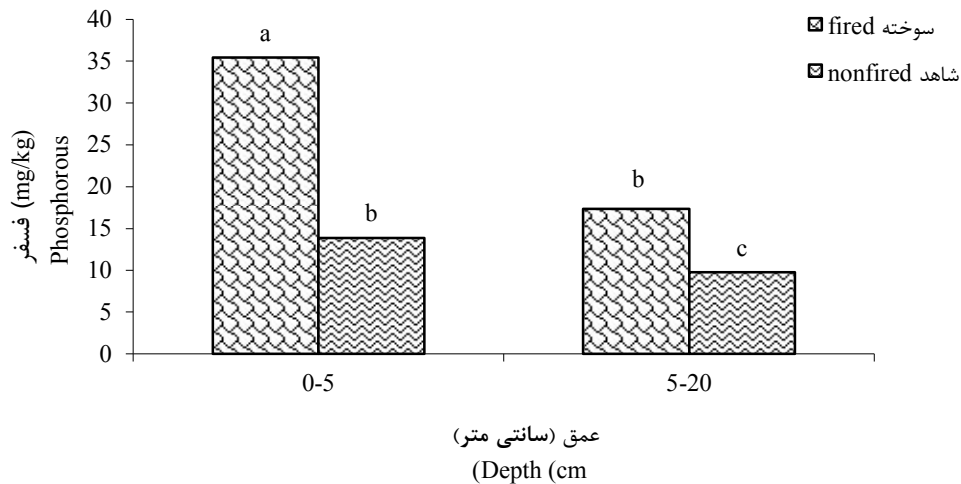
Figure 2- Total nitrogen percent in soil different depth

کمتری می‌گذارد. مقادیر نسبتاً زیادی از فسفر قابل‌دسترس در خاک سطحی و خاکستر حاصل از آتش-سوزی بلافاصله پس از احتراق یافت می‌شود (DeBano *et al.*, 1998). آتش‌سوزی از طریق تغییر pH خاک و هدایت آن به سمت خنثی بودن تاثیر مثبتی بر میزان فسفر قابل-استفاده خاک گذاشته و فسفر غیر قابل‌استفاده‌ی خاک را به اورتوفسفات تبدیل می‌نماید (Scharenbroch *et al.*, 2000; Cade-Menun *et al.*, 2012). بنابراین احتراق منجر به افزایش قابل توجهی در میزان فسفر قابل‌دسترس می‌شود (Serrasolsas & Khanna, 1995) اگرچه

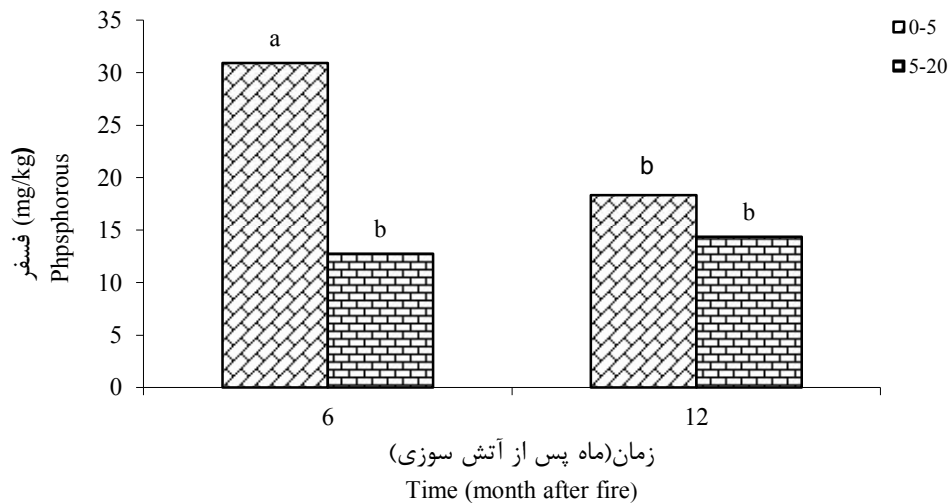
از نظر میزان فسفر بین خاک‌های سوخته و شاهد و نیز در اعماق مختلف، اختلاف معنی‌داری وجود داشت (0/001 $P \leq$). آتش‌سوزی منجر به افزایش معنی‌داری در مقدار فسفر قابل‌دسترس خاک گردید. میزان این افزایش در خاک‌های سطحی و خاک‌هایی با ۶ ماه سابقه سوختگی بیشتر بود اما با گذشت یک سال از وقوع آتش‌سوزی مقدار آن در خاک‌های سوخته کاهش یافت (شکل‌های ۳ و ۴). با توجه به اینکه ذخیره اصلی فسفر در خاک (۹۴ الی ۹۸ درصد) وجود دارد لذا سوختگی شدید پوشش گیاهی و لاشبرگ‌ها، بر اندوخته فسفر در مقایسه با نیتروژن تاثیر

زمان مشخص، می‌تواند ناشی از جذب شیمیایی آن توسط اکسیدهای آهن، آلومینیوم و منگنز در خاک‌های اسیدی منطقه مورد مطالعه و یا انتقال ذرات خاکستر توسط رواناب و فرسایش باشد (Johnson *et al.*, 2007).

این افزایش برای مدت کوتاهی دوام دارد به طوری که در این مطالعه یک سال پس از وقوع آتش‌سوزی، اختلاف معنی‌داری بین خاک‌های سوخته و شاهد مشاهده نگردید (شکل ۴). کاهش فسفر قابل دسترس پس از گذشت مدت



شکل ۳- متوسط فسفر قابل دسترس در اعماق مختلف خاک‌های سوخته و شاهد
Figure 3- Mean of available phosphorous in different depth of fired and control soils



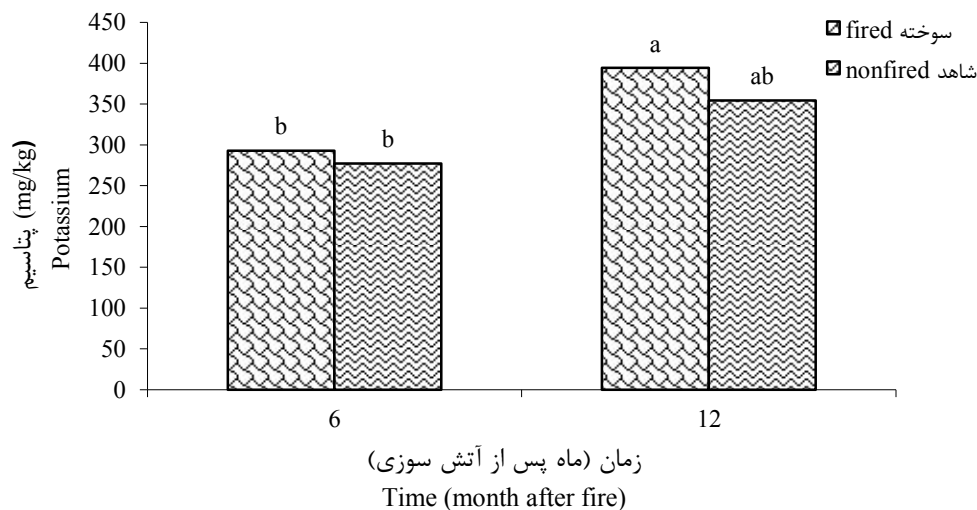
شکل ۴- فسفر در خاک‌هایی با سابقه آتش‌سوزی متفاوت
Figure 4- Phosphorous in soils with different firing backgrounds

پتاسیم خاک‌های سوخته شد (شکل ۶). تأثیر آتش‌سوزی بر چرخه عناصری از قبیل پتاسیم و کلسیم کم و موقتی بوده و عمدتاً قابلیت دسترسی این عناصر با افزایش مقدار مواد آلی سوخته افزایش می‌یابد، میزان این افزایش بستگی به نوع عنصر، گونه‌ی درختان سوخته، خصوصیات

مقدار پتاسیم در خاک‌هایی با سابقه آتش‌سوزی متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بود. به طوری که بیشترین میزان پتاسیم در خاک‌های سوخته با یک سال سابقه آتش‌سوزی مشاهده گردید (شکل ۵). به علاوه آتش‌سوزی در عمق ۵-۲۰ سانتی‌متری منجر به افزایش

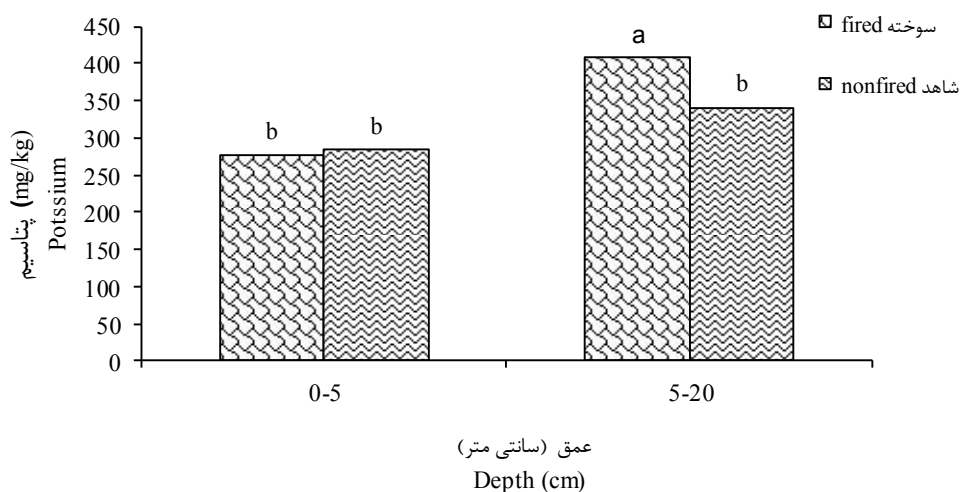
دهد. بنابراین پایین بودن مقدار پتاسیم در خاک سطحی (۵-۰ سانتی متری) می‌تواند ناشی از وقوع بارندگی‌هایی با شدت بالا در منطقه مورد مطالعه باشد که منجر به از بین رفتن لایه خاکستر غنی از مواد مغذی از طریق فرسایش و جریان‌های سطحی می‌شود (Huffman et al., 2001).

خاک و فرآیندهای آبشویی دارد (Kutiel & Shaviv, 1992). به‌طور کلی دلیل افزایش پتاسیم پس از آتش-سوزی را می‌توان ناشی از سوختن مواد آلی و آزاد شدن کاتیون‌های موجود در آن دانست (Adams & Boyle, 1980). شرایط آب و هوایی پس از آتش‌سوزی نیز می‌تواند مقدار عناصر غذایی از جمله پتاسیم را تحت تاثیر قرار



شکل ۵- مقدار پتاسیم در خاک‌های با سابقه آتش‌سوزی متفاوت

Figure 5- Potassium content in soils with different firing background



شکل ۶- مقدار پتاسیم در اعماق مختلف خاک‌های سوخته و شاهد

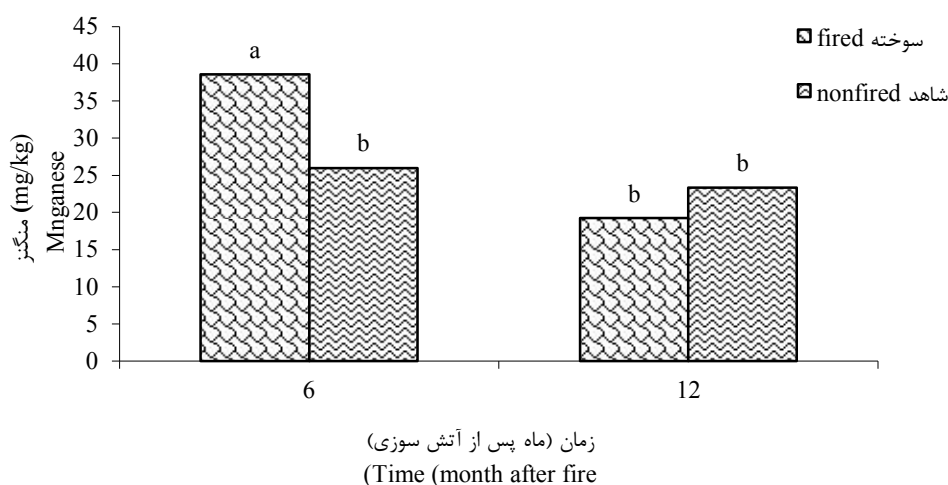
Figure 6- Potassium content in different depth of fired and control soils

متفاوت، اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($P \leq 0.01$). مقایسات میانگین بیان‌گر وجود بیشترین مقدار منگنز در خاک‌های سوخته و با ۶ ماه سابقه آتش‌سوزی بود (شکل

تاثیر آتش‌سوزی بر مقدار مس و روی معنی‌دار نبود. در حالی‌که از نظر میزان منگنز و آهن بین خاک‌های سوخته و شاهد ($P \leq 0.05$) و خاک‌هایی با سابقه آتش‌سوزی

تغییر pH خاک) می‌باشد بعبارت دیگر آتش‌سوزی با تأثیر بر pH خاک منجر به تبدیل رسوبات آهن و منگنز به فرم-های قابل‌دسترس شده و اشکال زود فراهم این عناصر را افزایش می‌دهد (Jones, 2003; Khanna et al., 1994). کاهش مقدار منگنز و آهن با گذشت زمان احتمالاً در ارتباط با فرسایش و آبشویی است، چرا که آتش‌سوزی از طریق انسداد منافذ خاک با ذرات ریز خاکستر و کاهش نفوذپذیری، منجر به افزایش فرسایش و آبشویی می‌شود. در نتیجه عناصر موجود در خاکستر به‌صورت محلول به-همراه رواناب و یا توسط فرسایش بادی از دست می‌روند (Certini, 2005). تغییر شکل به فرم‌های اکسیدی نامحلول در خاک نیز از دلایل کاهش این عناصر می‌باشد که برای چندین عنصر غذایی گزارش شده است (Raison et al., 1985).

در حالی‌که یک‌سال پس از سوختگی مقدار آن در خاک به‌طور چشمگیری کاهش یافت. با توجه به اینکه مقدار و ترکیب شیمیایی خاکستر بر اساس شدت آتش‌سوزی و خصوصیات پوشش گیاهی متغیر است (Carreira & Niell, 1995) نتایج متفاوتی در ارتباط با فراهمی منگنز پس از آتش‌سوزی گزارش شده است. گنزالز پارا و همکاران (Gonzalez Parra et al., 1996) دریافتند که به-دنبال آتش‌سوزی مقدار منگنز کل و شکل‌های قابل-دسترس آن (قابل عصاره‌گیری با استات آمونیوم و هیدروکوئینون) به‌دلیل وجود این عناصر در اکسیدهای بلوری و آمورف موجود در خاکستر افزایش می‌یابد در نتیجه افزایش آهن و منگنز در خاک‌های سوخته در مقایسه با خاک‌های شاهد ناشی از تجمع خاکستر حاصل از سوختن گیاهان و یا تغییر در اجزای خاک (معدنی شدن مواد آلی، تغییر درجه اکسیداسیون عناصر در اثر



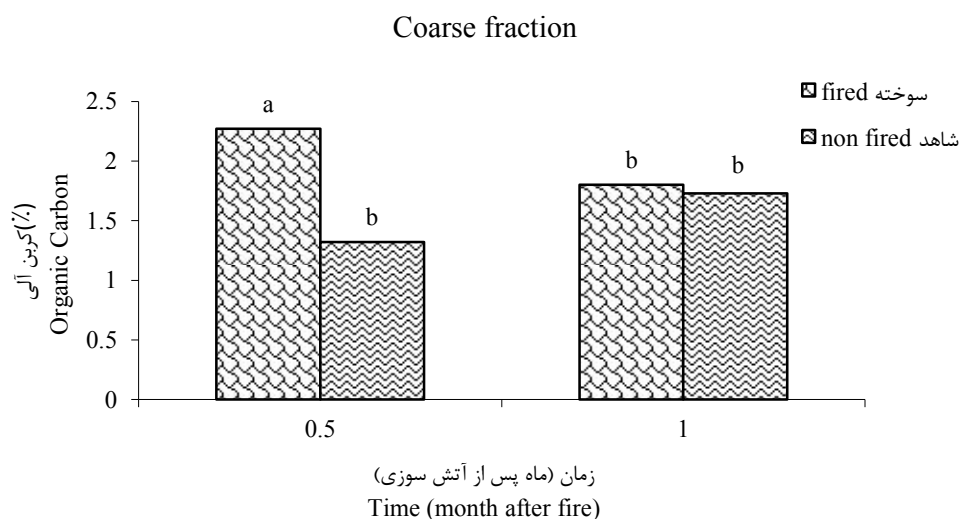
شکل ۷- مقدار منگنز در خاک‌هایی با سابقه آتش‌سوزی متفاوت
Figure 7- Manganese content in soils with different firing background

(Fresh organic matter) و لاشبرگ‌ها) و غیر مستقیم (از طریق تأثیر بر فعالیت میکروبی) چرخه کربن را در خاک-های جنگلی تحت تأثیر قرار می‌دهد البته بسته به شدت آتش‌سوزی، رطوبت خاک، نوع خاک و ماهیت مواد سوخته تأثیر آتش‌سوزی متفاوت است به‌طوری‌که برخی مطالعات حاکی از افزایش و برخی بیان‌گر کاهش تجزیه مواد آلی هستند (Hamman et al., 2008; Simard et al., 2001). مطالعات نشان دادند که مقدار کربن آلی در افق A خاک سوخته ۸ درصد افزایش یافت. افزایش ماده آلی پس از

نتایج حاکی از تغییر میزان کربن آلی در خاک‌های سوخته و شاهد نسبت به زمان بود. در اثر وقوع آتش‌سوزی میزان کربن بخش درشت (۲ - ۰/۲۵ میلی‌متر) و بخش ریز خاک (۰/۲۵-۰/۰۵ میلی‌متر) در مقایسه با خاک شاهد به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت ولی در بخش درشت پس از گذشت یک سال به سطوح پیش از آتش‌سوزی بازگشت و مقدار کربن خاک سوخته برابر با خاک شاهد شد (شکل‌های ۸ و ۹). آتش‌سوزی به‌طور مستقیم (از طریق اکسیداسیون ترکیبات قابل دسترسی شامل مواد آلی

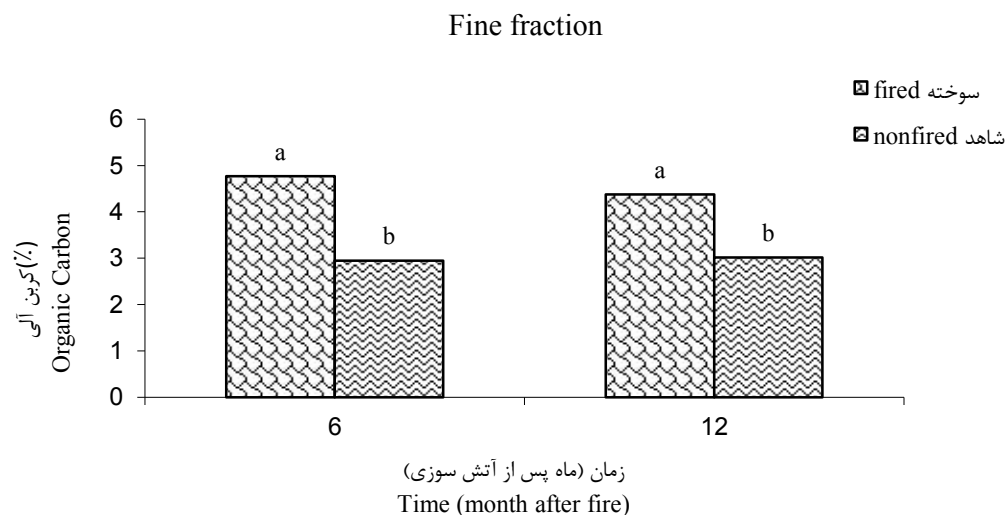
بنابراین پایین بودن شدت آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه نیز می‌تواند از دلایل افزایش ماده آلی در خاک باشد. کاهش مقدار کربن با گذشت زمان ناشی از فرسایش خاک می‌باشد. آتش‌سوزی از طریق ایجاد خاکستر منجر به انسداد منافذ شده و شرایط خاک سطحی را تغییر می‌دهد، همچنین با از بین بردن لاشبرگ‌ها و پوشش گیاهی سطح خاک، میزان فرسایش را افزایش می‌دهد (Doerr *et al.*, 2000). وقوع باران‌های شدید در منطقه نیز به دلیل فرسایش خاک سطحی، ذرات ریز حاوی مواد آلی را انتقال داده و به‌عنوان یکی از عوامل کلیدی در کاهش مقدار کربن آلی خاک عمل می‌نماید (Granged *et al.*, 2011).

آتش‌سوزی ممکن است ناشی از تبدیل مواد آلی (Fresh organic material) به فرم‌های مقاوم، اتصال بقایای غیرسوخته به اجزای معدنی خاک و در نتیجه حفاظت بیشتر در برابر تجزیه بیوشیمیایی و همچنین ورود گونه‌های تثبیت‌کننده‌ی ازت (N_2 -fixer) در منطقه سوخته پس از آتش‌سوزی باشد که قادر به افزایش قابل توجه ترسیب کربن در خاک هستند (Johnson & Curtis, 2001). رشید (Rashid, 1987)، نیز گزارش نمود که شدت کم آتش‌سوزی می‌تواند باعث کاهش تبدیل لاشریزه به خاکستر سیاه شود و فقط بخشی از درختان دچار سوختگی شوند و همچنان به‌صورت سرپا باقی به‌مانند



شکل ۸- مقدار کربن آلی (بخش درشت) در خاک‌های با سابقه آتش‌سوزی متفاوت

Figure 8- Organic carbon content (course fraction) in soils with different firing background



شکل ۹- مقدار کربن آلی (بخش ریز) در خاک‌هایی با سابقه آتش‌سوزی متفاوت

Figure 9- Organic carbon (fine fraction) in soils with different firing background

نتیجه‌گیری کلی

بسته به شدت آتش‌سوزی و شرایط اقلیمی میزان عناصر غذایی، به سطوح قبل از آتش‌سوزی باز می‌گردد. آبشویی و فرسایش و ایجاد شکل‌های نامحلول در اثر تغییر در pH خاک نیز از دلایل دیگر کاهش مقادیر عناصر غذایی می‌باشند. در نتیجه می‌توان گفت تأثیرات شیمیایی آتش‌سوزی در کوتاه‌مدت بر حاصلخیزی خاک مفید می‌باشد در حالی که در طولانی‌مدت، به دلیل تلفات عناصر غذایی موجود در خاکستر از طریق آبشویی، فرسایش و تصعید حاصلخیزی خاک کاهش می‌یابد. لذا ضرورت دارد با توجه به شرایط موجود در جنگل، شرایط آب و هوایی و رطوبت خاک مدیریت لازم صورت گیرد تا شرایط لازم جهت وقوع آتش‌سوزی‌های طبیعی کاهش یابد.

به‌طور کلی آتش‌سوزی تأثیرات قابل توجهی بر خواص شیمیایی خاک در مناطق جنگلی دارد و از طریق تولید خاکستر، آزاد نمودن مقادیر قابل توجهی از کاتیون‌های بازی حاصل از احتراق مواد آلی موجود در کف جنگل و افزایش میزان معدنی شدن قابلیت دسترسی عناصر غذایی را افزایش می‌دهد. بازگرداندن مواد معدنی موجود در لاشه گیاهان و درختان منطقه سوخته نیز منجر به افزایش مواد معدنی و عناصری نظیر فسفر و پتاسیم خاک می‌شود. تغییرات کوتاه‌مدت در فراهمی عناصر میکرو نظیر منگنز از دیگر اثرات آتش‌سوزی می‌باشد. افزایش این عناصر ناشی از تجمع خاکستر حاصل از سوختن گیاهان و تغییر در اجزای خاک است. البته پس از مدت زمان مشخص،

References

- Adams PW and Boyle JR. 1980. Effects of fire on soil nutrients in clear-cut and whole-tree harvest sites in Central Michigan. *Soil Science Society of America Journal*, 44: 847–850.
- Bell RL and Binkley D. 1989. Soil nitrogen mineralization and immobilization in response to periodic prescribed fire in a loblolly pine plantation. *Canadian Journal of Forest Research*, 19: 816–820.
- Bremner JM and Mulvaney CS. 1982. Nitrogen- total. *Methods of Soil Analysis*, 595-624p.
- Busse MD and DeBano LF. In *Wildland fire in ecosystems: Effects of fire on soil and water*. General Technical Report RMRS-GTR, No. 42.
- Cade-Menun BJ, Berch SM, Preston CM and Lavkulich LM. 2000. Phosphorus forms and related soil chemistry of Podzolic soils on Northern Vancouver island. II. The effects of clear-cutting and burning. *Canadian Journal of Forest Research*, 30: 1726–1741.
- Carreira JA and Niell FX. 1995. Mobilization of nutrients by fire in a semiarid gorse-shrubland ecosystem of Southern Spain. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 19:73–89.
- Certini G. 2000. Effects of fire on properties of forest soils: A review. *Oecologia*, 143: 1–10.
- Chapman HD and Pratt PF. 1978. *Methods of analysis for soils, plants and waters*. Division of Agricultural Sciences, University of California, Berkeley, USA, 3043p.
- Covington WW and Sackett SS. 1992. Soil mineral nitrogen changes following prescribed burning in ponderosa pine. *Forest Ecology and Management*, 54: 175–191.
- DeBano LF, Savage SM and Hamilton DA. 1976. The transfer of heat and hydrophobic substances during burning. *Soil Science Society of America Journal*, 40(5): 779-786.
- DeBano LF, Neary DG and Folliott DF. 1998. *Fire's effects on ecosystems*. John Wiley and Sons, Inc. New York, USA, 612 p.
- DeBano LF. 2000. The role of fire and soil heating on water repellence in wild land environments: A review. *Journal of Hydrology*, 231: 195–206.
- Doerr SH, Shakesby RA and Walsh RPD. 2000. Soil water repellency: Its causes, characteristics and hydrogeo-morphological significance. *Earth Science Reviews*, 51: 33–65.
- Gonzalez Parra J, Cala Rivero V and Iglesias Lopez T. 1996. Forms of manganese in soils affected by a forest fire. *Science of Total Environment*, 181:231–236.
- Granged AJP, Jordán A, Zavala LM, Muñoz-Rojas M and Mataix-Solera J. 2011. Short-term effects of experimental fire for a soil under eucalyptus forest (SE Australia). *Geoderma*, 167–168: 125–134.
- Hamman ST, Burke IC and Knapp EE. 2008. Soil nutrients and microbial activity after early and late season prescribed burns in a Sierra Nevada mixed conifer forest. *Forest Ecology and Management*, 256: 367–374.

- Hatten J, Zabowski D, Scherer G and Dolan E. 2005. A comparison of soil properties after contemporary wildfire and fire suppression. *Forest Ecology and Management*, 220: 227-241.
- Huffman EL, MacDonald LH and Stednick JD. 2001. Strength and persistence of fire-induced soil hydrophobicity under ponderosa and lodge pole pine, Colorado Front Range. *Hydrological Processes*, 15: 2877-2892.
- Johnson DL and Curtis PS. 2001. Effects of forest management on soil C and N storage: Meta analysis. *Forest Ecology and Management*, 140: 227-238.
- Johnson D, Murphy JD, Walker RF, Glass DW and Miller WW. 2007. Wildfire effects on forest carbon and nutrient budgets. *Ecological Engineering*, 31: 183-192.
- Jones JB. 2003. *Agronomic handbook: Management of crops, soils and their fertility*. Boca Raton, CRC Press, 450 p.
- Khanna PK, Raison RJ and Falkiner RA. 1994. Chemical properties of ash derived from eucalyptus litter and its effects on forest soils. *Forest Ecology and Management*, 66: 107-125.
- Kovacic DA, Swift DM, Ellis JE and hakonson TE. 1986. Immediate effects of prescribed burning on mineral soil nitrogen in ponderosa pine of New Mexico. *Soil Science*, 141: 71-75.
- Kutiel P and Shaviv A. 1992. Effects of soil type, plant composition and leaching on soil nutrients following a simulated forest fire. *Forest Ecology and Management*, 53: 329-343.
- Lindsay WL and Norvell WA. 1978. Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42: 421-8.
- Neary DG, Ryan KC and DeBano LF. 2005. Fire effects on soil and water. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station: Ogden, UT, USA, 73-91p.
- Nelson DW and Sommers LE. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Page AL, Miller RH, Keeney DR. (eds). *Methods of Soil Analysis, Part 2*. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 539-579 p.
- Olsen SR and Sommers LE. 1982. Phosphorus. In: Page AL, Miller RH, Keeney DR. (eds). *Methods of Soil Analysis, Part 2*. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 403-430p.
- Raison RJ, Khanna PK and Woods PV. 1985. Transfer of elements to the atmosphere during low-intensity prescribed fires in three Australian subalpine eucalypt forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 657-664p.
- Raison RJ, Khanna PK and Woods PV. 1985. Mechanisms of element transfer to the atmosphere during vegetation fires. *Canadian Journal of Forest Research*, 15: 132-140.
- Rashid GH. 1987. Effect of fire on soil carbon and nitrogen in a Mediterranean oak forest of Algeria. *Plant and Soil*, 103: 89-93.
- Scharenbroch BC, Nix B, Jacobs KA and Bowles ML. 2012. Two decades of low-severity prescribed fire increases soil nutrient availability in a Midwestern, USA oak (*Quercus*) forest. *Geothermal*, 183-184: 80-91.
- Serrasolsas I and Khanna PK. 1995. Changes in heated and autoclaved forest soils of SE Australia. II. Phosphorus and phosphatase activity. *Biogeochemistry*, 29: 25-41.
- Sharpley A. 2000. Phosphorous availability. Sumner ME (eds). *Handbook of Soil Science*. CRC Boca Raton, 18-38.
- Simard DG, Fyles JW, Pare D and Nguyen T. 2001. Impacts of clear cut harvesting and wildfire on soil nutrient status in the Quebec boreal forest. *Canadian Journal of Soil Science*, 81:229-237.
- Wells CR. 1979. Effects of prescribed burning on soil chemical properties and nutrient availability. Ashville, New York, 86-99p.
- Zhang WR, Yang GY, Tu XY and Zhang P. 1999. Determination of forest soil water-physical properties. *China Criterion of Forest Technique*, No. LY/T 1215 (In Chinese).

The effects of fire on soil organic carbon quantity and nutrients availability in Sardasht Oak forests

Sanaz Ashrafi-Saeidlou¹, MirHassan Rasouli-Sadaghiani^{2*}

(Received: August 2014

Accepted: December 2014)

Abstract

Most of soil physical, chemical and biological properties change by fire. Fire can influence forest soils fertility by altering nutrients content and availability. In order to investigate fire impact and different firing background on some soil chemical properties, 80 soil samples were taken from two depths (0-5 cm and 5-20 cm) with different time of firing background (6 and 12 months). Total nitrogen, phosphorus, potassium, manganese, iron, zinc, copper and organic carbon were measured in soil samples. The results showed that there was a significant difference in the amount of phosphorus and nitrogen between burned and control soils. The amount of studied indices increased after firing in burned soils compared to control ones, however one year later they reach to their pre-fire levels. Phosphorus and coarse fraction carbon (0.25-2 mm) in burned soils were 2.23 and 2.53 times higher as compared to unfired samples, respectively. Manganese amount in soils with 6 months firing history increased 32.7 percent in comparison to control soils, but one year after firing its content decreased. The most potassium amount (392 mg kg⁻¹) observed in burned soils with 12 months history of burn. Therefore forest firing causes obvious changes in soil properties but these changes are not permanent and depending on fire intensity, impression permanency duration is different.

Keywords: Firing background, Soil organic matter, Soil fertility, Forest soil

1- MSc Student, Department of Soil Science, Urmia University, Iran
3- Associate Professor, Department of Soil Science, Urmia University
Corresponding author: m.rsadaghiani@urmia.ac.ir