نشریه مرتعداری
سال سوم، شماره اول، ۱۳۹۵
http://jrm.gau.ac.ir

اثر کوتاه‌مدت رفتار آتش بر ساختار پوشش گیاهی و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک در مراتع غیر مشجر درود فرامان

سید مجتبی طلایی تبار[۱]، *محمدرضا طاطیان[۲] و رضا تمرتاش[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد مرتعداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، [۲] استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، [۳] استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۳/۰۸

چکیده

آتش به عنوان یکی از عوامل پویا و موثر بر اکوسیستم‌های مرتعی است که ارزیابی و پایش اثرات آن به طور مستمر، نقش مهمی در برنامه‌ریزی و مدیریت این اکوسیستم‌ها خواهد داشت. تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر کوتاه مدت آتش بر پوشش گیاهی و خاک در مراتع درود فرامان استان کرمانشاه انجام گرفت. آتش‌سوزی در اواخر سال ۱۳۹۱ ایجاد شده و یک سال پس از آن در منطقه حریق به مساحت ۳۰ هکتار ۲ واحد کاری آتش‌سوزی شده و شاهد انتخاب گردید. در هر واحد دو ترانسکت ۱۰۰ متری یکی در جهت شیب و دیگری عمود بر آن انتخاب شد. نمونه‌برداری از پوشش گیاهی و خاک به روش سیستماتیک تصادفی انجام شد. در هر پلات نمونه‌برداری از خاک از عمق سطحی ۱۵-۰ سانتی‌متر انجام شد. جهت برداشت داده‌های پوشش گیاهی از ٤٠ پلات مربعی شکل ۱*۱ مترمربع استفاده گردید. خصوصیات گیاهی شامل نام گونه، درصد پوشش، تولید، خوشخوراکی و تنوع و خصوصیات خاک شامل رطوبت، بافت، هدایت الکتریکی، اسیدیته، کربن آلی، آهک، نیتروژن، فسفر و پتاسیم تعیین شد. برای آنالیز داده‌ها از آزمون t غیرجفتی در نرم‌افزار $SPSS_{20}$ و برای ارتباط بین

* نویسنده مسئول: mr_t979@yahoo.com

داده‌های پوشش گیاهی با عوامل خاکی از روش آنالیز چند متغیره CCA در نسخه چهارم نرم‌افزار CANOCO استفاده گردید. در تیمار آتش‌سوزی، از لحاظ فرم رویشی گندمیان و پهن برگان افزایش یافته و میزان بوته‌ها کاهش یافتند. از لحاظ کلاس خوشخوراکی، در تیمار آتش‌سوزی گونه‌های کلاس I افزایش و گونه‌های کلاس III کاهش داشتند (سطح معنی‌داری ۵ درصد). نتایج حاصل از اثر آتش بر تنوع گونه‌ای کل نشان داد که شاخص‌های تنوع سیمپسون و شانون و غنای مارگالف کاهش داشته ولی شاخص یکنواختی هیل افزایش داشته است. نتایج حاصل از آزمایشات خاک نشان داد که آتش باعث افزایش میزان اسیدیته خاک، هدایت الکتریکی، آهک، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب و کربن آلی گردید ولی موجب کاهش نیتروژن شد (سطح معنی‌داری یک درصد). درصد رطوبت خاک نیز تفاوت معنی داری مشاهده نشد. در بررسی روابط آتش و عوامل خاکی با آنالیز CCA نتایج نشان داد که در تیمار شاهد مهم‌ترین عوامل خاکی تأثیرگذار بر تغییرات پوشش گیاهی شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، درصد رطوبت، هدایت الکتریکی، کربن آلی، اسیدیته و در تیمار آتش بیشترین عوامل تأثیرگذار میزان سیلت و رس می‌باشند. با توجه به اثرات منفی حاصل از آتش‌سوزی در کوتاه مدت، این برنامه در مدیریت مقطعی برای مراتع غیرمشجر غرب کشور که از غنای معدنی مناسبی برخوردارند، توصیه نمی‌شود.

واژه‌های کلیدی: آتش‌سوزی، مرتع غیرمشجر، خاک، تنوع زیستی، کرمانشاه

مقدمه

آتش یک فرآیند پویا است که بر انواع مختلف گونه‌ها از راه‌های مختلف تأثیر می‌گذارد. اگر یک گیاه به طور فعال در سوخت و ساز قرار گیرد، آتش باعث استرس گیاه خواهد شد و یا حتی منجر به مرگ و میر آن می‌شود. بنابراین آتش می‌تواند تأثیر بسیار زیادی بر مراتع داشته باشد. هنگامی که مراتع به آتش کشیده می‌شوند، مدیر مرتع است که با انتخاب‌های متعدد دشوار از جمله تعیین مدت استراحت خاص چراگاه مواجه می‌شود (کاسی و همکاران، ۲۰۰۹). این تصمیم اغلب بحث برانگیز است اما بسیار اهمیت دارد چون مدیریت چرا بعد از آتش‌سوزی این پتانسیل را دارد که به طور قابل توجهی بر سلامت مرتع از جمله بهره‌وری و ترکیب گونه‌های گیاهی تأثیر بگذارد. لذا تعیین اثرات آتش در برنامه‌ریزی آتی مراتعی که دچار حریق می‌شوند، اثرگذاری بسیاری خواهد داشت. امروزه

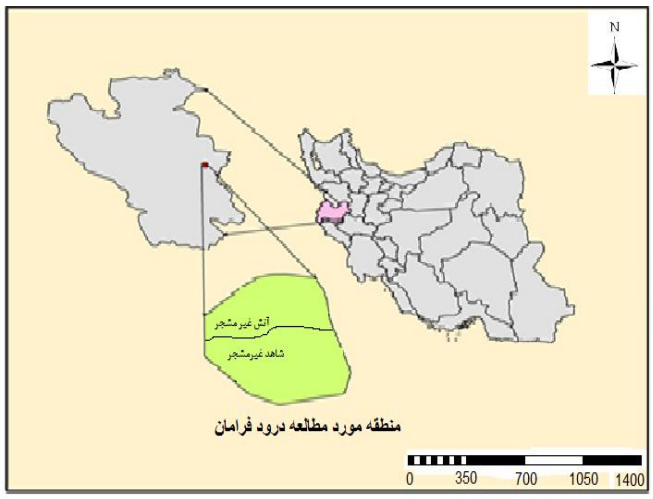
بروز آتش در مراتع زاگرس به خصوص در فصول خشک به عنوان یک عامل تخریب مطرح است و از آنجا که ذخایر زیستی، زیربنای اصلی یک جامعه پایدار محسوب می‌شوند، به عنوان مهم‌ترین جزء برای سیستم حمایت از حیات زمین و جلوگیری از فروپاشی بوم‌شناختی به‌شمار می‌آیند (محمدی‌فاضل و صفایی، ۲۰۰۰).

آتش به عنوان یک عامل بوم‌شناختی همیشه تغییراتی در ساختار پوشش گیاهی ایجاد می‌نماید. این پدیده می‌تواند بر اجزای تشکیل دهنده هر زیست‌بوم تأثیرات منفی یا مثبتی را بوجود آورد که از دیدگاه مدیریت منابع طبیعی برای برنامه‌ریزان حائز اهمیت فراوان است و اثر آن بر روی زیست بوم، بسته به فصل، تکرار، نوع و شدت آتش‌سوزی متفاوت خواهد بود (وهاب زاده، ۲۰۰۹). آتش با سوزاندن پوشش گیاهی سبب کاهش معنی‌دار گیاهان چوبی، خشبی و بوته‌ای شده و زمینه مساعدی را برای رشد و گسترش گیاهان اشکوب تحتانی فراهم می‌کند (وینک و همکاران، ۲۰۰٤). تأثیر آتش‌سوزی بر روی ماده آلی خاک به عواملی نظیر نوع و شدت آتش‌سوزی، رطوبت خاک، نوع خاک، و ماهیت مواد سوخته وابسته است (گنزالز پرز و همکاران، ۲۰۰٤). فتاحی و طهماسبی (۲۰۱۰) نشان دادند تولید علوفه، درصد پوشش و تراکم گندمیان چندساله و درصد خاک لخت به طور معنی‌داری تحت اثر آتش سوزی افزایش یافته و تراکم و درصد پوشش بوته‌ای و گندمیان یک‌ساله و درصد پوشش لاشبرگ کاهش معنی‌داری داشته‌است. جوادی و مأمون (۲۰۱۱) به این نتیجه رسیدند که درصد پوشش گیاهی کلاس III بیش از منطقه شاهد بوده ولی پوشش گیاهی کلاس I بیشتر شده است. همچنین درصد پوشش و میزان تولید گندمیان در منطقه آتش‌سوزی افزایش معنی‌داری نسبت به منطقه شاهد داشته است. شریفی و همکاران (۲۰۱٤) بیان داشتند با افزایش شدت آتش‌سوزی درصد کربن آلی و نیتروژن کل خاک کاهش و میزان فسفر قابل جذب افزایش پیدا می‌کند. حسن‌زاده و همکاران (۲۰۱۳) به این نتایج دست یافتند که درصد کربن آلی در عمق سطحی خاک افزایش، درصد رطوبت کاهش، هدایت الکتریکی و اسیدیته خاک افزایش یافته‌است. فسفر و پتاسیم خاک روند کاهشی رو دنبال کرده ولی اثر آتش بر روی آهک بی‌تأثیر بوده است. مارینگرا و همکاران (۲۰۱۲) به این نتیجه رسیدند که گونه‌های درختی غیربومی همچون اقاقیا و آیلان وفور زیادی داشته‌اند و گونه شاه‌بلوط نیز به وسیله جست‌زایی احیاء شده‌است. گومز-ری و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند مقدار فسفر، آمونیوم، نیتروژن، سدیم، پتاسیم، کلسیم، منگنز، مس و روی پس از آتش‌سوزی افزایش یافته‌است. بادیا و همکاران (۲۰۱٤) در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند مقدار کلسیم،

منیزیم، پتاسیم، آمونیوم، نیترات و فسفر یک هفته پس از آتش‌سوزی در عمق یک سانتی‌متری به طـور قابل توجهی افزایش یافته‌است. با توجه به اینکه مراتع از عرصه‌های مهم منابع طبیعی استان کرمانشـاه بوده و از نظر تولید علوفه و تولید محصولات فرعی از جمله کتیرا، موسیر و انـواع گیاهـان دارویـی و صنعتی سهم به‌سزایی در گردش اقتصادی خانوارهای دامدار خصوصاً عشایر دارد. اهمیت این موضوع پایش و شناسایی جنبه‌های مختلف آتش‌سوزی جهـت مـدیریت و برنامـه‌ریـزی هرچـه بهتـر مراتـع ضروری به نظر می‌رسد. تحقیق حاضر در نظر دارد با بررسـی اثـرات آتـش‌سـوزی بـر روی خـاک و پوشش گیاهی در جهت استمرار استفاده از مراتع و مدیریت آتی این منطقه گام مهم و مؤثری بردارد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه بخشی از مراتع درود فرامان استان کرمانشاه است که در ٤٥ کیلومتری شرقی این شهرستان و در مختصات جغرافیایی "۷ ٬۱۵ °۳٤ تا "۳۱ ٬۱٦ °۳٤ عـرض شمالـی "۵۰ ٬۱۵ °٤۷ تا "٦ ٬۱۸ °٤۷ طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). متوسط بارندگی سالانه ٤۸۰ میلی‌متر بوده و بر اساس نقشه‌های هم‌دمای سالانه و هم‌تبخیر سالانه استان میزان دمای سالانه بین ۱۲/۵ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد و تبخیر ۱۵۰۰ تا ۱۷۰۰ میلی‌متر است. بر اساس منحنی آمبروترمیک، اردیبهشت تا شهریور ماه‌های خشک سال هستند و دی ماه تا فروردین بیشترین بارش را دارند. آب و هوای منطقه براساس روش آمبرژه، حدواسط نیمه‌خشک سرد و نیمه‌مرطوب است و بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن اصلاح شده استان، منطقه مورد مطالعه جزء اقلیم نیمه خشک سرد قرار گرفته است (قیطوری، ۲۰۰۳). در منطقه حریق که به صورت سهوی توسط دامداران منطقه و در انتهای تابستان ایجاد شده، محدوده‌ای به مساحت ۳۰ هکتار با ۲ واحد کاری آتش‌سوزی شده و شاهد انتخاب گردید. در هر واحد دو ترانسکت ۱۰۰ متری یکی در جهت شیب و دیگری عمود بر آن انتخاب شد. نمونه‌برداری به روش سیستماتیک تصادفی انجام شد به طوری‌که بر روی هر ترانسکت ۱۰ نقطه تصادفی انتخاب گردید (در مجموع ٤۰ پلات برای کل منطقه). در هر پلات نمونه‌برداری از خاک از عمق سطـحی ۱۵-۰ سانتی‌متر انجام شد. جهت برداشت داده‌های پوشش گیاهی و فاکتورهای سطحی خاک با توجه به ویژگی‌های رستنی‌های موجود از پلات مربعی شکل ۱×۱ مترمربع استفاده شد (مصداقی، ۲۰۰۱).



شکل ۱- نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه.

رطوبت خاک به روش توزین، بافت خاک با استفاده از هیدرومتر، هدایت الکتریکی با EC متر، اسیدیته با pH متر، کربن آلی به روش تیتراسیون فرو آمونیوم سولفات، آهک خاک از روش تیتراسیون توسط محلول سود (NaOH)، نیتروژن کل با استفاده از روش کجلدال، فسفر قابل جذب با استفاده از محلول بی‌کربنات سدیم با روش اولسن و دستگاه اسپکتروفتومتر و پتاسیم قابل جذب با استفاده از محلول استات آمونیوم نرمال بوسیله دستگاه فلم فتومتر (حسن‌زاده، ۲۰۱۳). اطلاعات مربوط به مقادیر کمی و کیفی به دست آمده از فرم‌های آماربرداری پوشش گیاهی و آزمایشگاه خاک، در نرم‌افزار صفحه گسترده Excell وارد و ذخیره گردیدند. سپس با استفاده از نرم‌افزار $SPSS_{20}$ ابتدا آزمون نرمال بودن داده‌ها صورت پذیرفت که برای این منظور از آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف[1] استفاده شد. در این تحقیق چون تمام مقایسات بین دو منطقه آتش‌سوزی شده و آتش‌سوزی نشده صورت پذیرفت، بنابراین برای مقایسه یک صفت اندازه‌گیری شده در دو منطقه، اگر داده‌ها نرمال باشند از آزمون t غیرجفتی استفاده می‌شود. در این تحقیق بعد از تهیه اطلاعات پوشش گیاهی و خاک برای بررسی روابط بین خصوصیات خاک و پارامتر پوشش گیاهی گونه‌های علفی پس از آتش در تیمارهای شاهد و آتش‌سوزی هردو منطقه مشجر و غیرمشجر از روش آنالیز چند متغیره در نسخه چهارم نرم‌افزار CANOCO استفاده گردید (تربراک و اسمایلر، ۲۰۰۲). بدین منظور ابتدا از آنالیز تطبیقی

1. Kolmogrov-Smirnov

قوس گیری شده (DCA[1]) برای اندازه‌گیری طول گرادیان استفاده شد که طول گرادیـان محـور اول و دوم بیش از ۳ بودند، لذا از آنالیز تطبیقی متعارفی (CCA[2]) استفاده گردید (قربانی، ۲۰۱۵).

نتایج

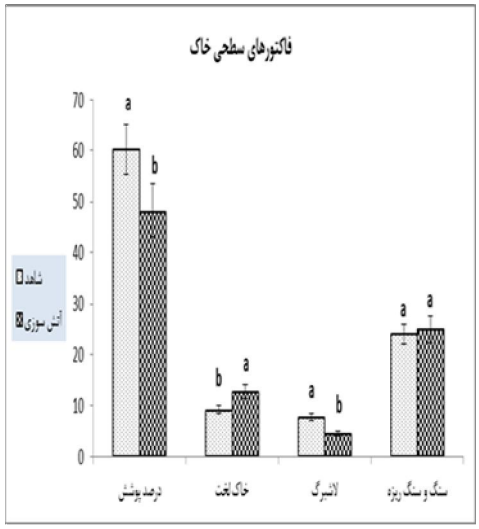
نتایـــج نشان داد از بین گـــونه‌هـــای چـوبی در تیمـار شـاهد گونـه‌هـای *Amygdalus scoparia*، *Rubus coriria* و *Astragalus murinus* که در منطقه حضور داشتند، یکسال پس از آتـش‌سـوزی، از مرتع حذف شدند و تنها گونه‌ی *Astragalus glamceus* در عرصه حضـور داشـت. بیشـترین درصـد پوشش مخصوص تیره Poaceae بود. در تیمار آتش‌سـوزی شـده، بیشـترین تعـداد گونـه مربـوط بـه گندمیان با نه گونه و کمترین فرم رویشی مربوط به پهن برگان علفی با دو گونه بـود. در مرتـع تیمـار شاهد بیشترین تعداد گونه‌ها، مربوط به گونه‌های کلاس II با هفت گونه و کمترین گونه‌های کـلاس I با سه گونه بود، در حالی‌که در تیمار آتش‌سوزی شده بیشترین تعداد گونـه‌هـا، مربـوط بـه گونـه‌هـای کلاس I با نه گونه و کمترین گونه‌های کلاس III با سه گونه بود.

مرتع غیرمشجر آتش سوزی باعث ظهورگونه‌های چندساله *Poa bulbosa*، *Secale cereale*، *Medicago laciniata*، *Aegilops triuncialis*، *Trifolium campestere*، *Lolium rigidum* و *Onobrychis radiate* گردید، در حالی‌که منجر به حذف گونه‌های نظیر *Calendula persica*، *Astragalus sp* (بوته‌ای)، *Gundelia tournefortii*، *Lotus ornithopodioides*، *Agropyron elongatum*، *Bromus tomentellus*، *Festuca ovina*، *Stipa capensis* و *Prangos ferulacea* شد. همچنین گونه‌های *Calendula persica*، *Stipa barbata*، *Lolium perenne*، *Avena capensis* و *Medicago sativa* در هر دو تیمار مورد مطالعه حضور داشتند.

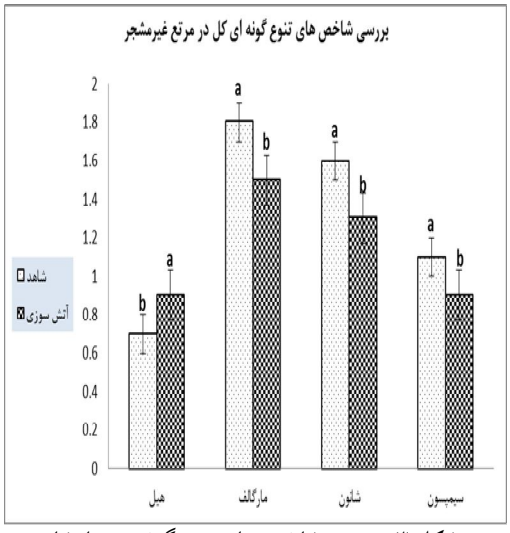
فاکتورهای سطحی خاک: با توجه به نتایج آماری حاصل از آزمون t غیرجفتی، مقایسه درصد پوشش گیاهی و خاک لخت و لاشبرگ در مرتع غیرمشجر نشان داد که در منطقه شاهد و آتش‌سوزی اختلاف معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) بین میانگین تیمارها وجود دارد. به گونه‌ای که درصد پوشش گیاهی و لاشبرگ در اثر آتش‌سوزی کاهش داشته ولی خاک لخت افزایش داشته است. ولی میزان سنگ و سنگ‌ریزه بین دو تیمار آتش‌سوزی و شاهد در مرتع مشجر اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (شکل ۲).

1. Detrended Correspondence Analysis
2. Cononical Corespondance Analaysis

تنوع گونه‌ای: در مرتع غیرمشجر شاهد و آتش‌سوزی شده، نتایج حاصل از تجزیه آزمون t غیر جفتی شاخص‌های تنوع، غنا و یکنواختی کل گونه‌های نشان دهنده این مطلب است که این شاخص‌ها اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) دارند. به طوری‌که تنوع سیمپسون و شانون- وینر و غنای مارگالف کاهش یافته ولی شاخص یکنواختی هیل افزایش یافته است (شکل ۳).



شکل ۲- بررسی‌فاکتورهای‌سطحی‌خاک در تیمار شاهد و آتش.



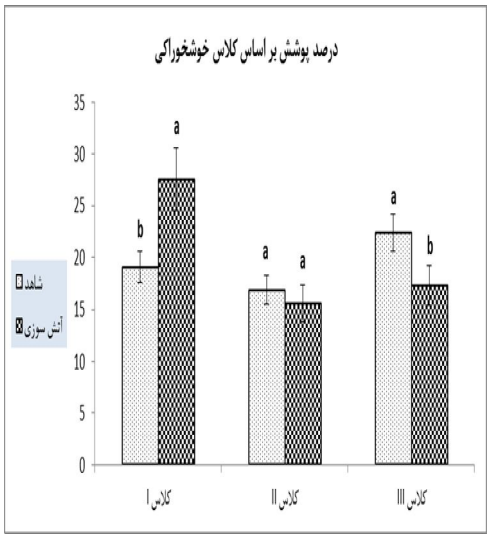
شکل ۳- بررسی‌شاخص‌های‌تنوع گونه‌درتیمارشاهد و آتش.

حروف مختلف لاتین کوچک نشان دهنده اختلاف معنی‌داری (p<۰/۰۵) در بین مناطق مختلف را نشان می‌دهد.

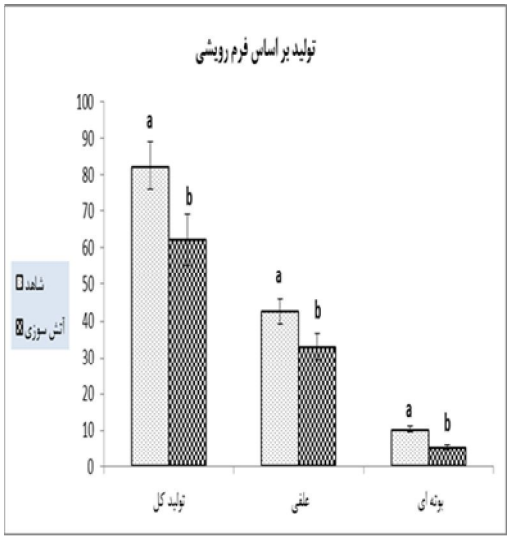
درصد پوشش گیاهی بر اساس کلاس خوشخوراکی: با توجه به نتایج آماری حاصل از آزمون t غیرجفتی، مقایسه درصد پوشش گیاهی بر اساس کلاس خوشخوراکی نشان داد که در منطقه شاهد و آتش‌سوزی اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) بین میانگین تیمارها وجود دارد. به گونه‌ای که در منطقه آتش‌سوزی مشجر درصد پوشش گیاهان کلاس I کاهش و کلاس III افزایش یافته ولی درصد پوشش گیاهان کلاس II تفاوت معنی‌داری نداشته است (شکل ٤).

تولید براساس فرم رویشی: نتایج حاصل از آزمون t غیرجفتی تولید کل، علفی‌ها و بوته ای‌ها در مرتع غیرمشجر بین دو تیمار آتش‌سوزی و شاهد نشان داد که بین آن‌ها اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) وجود

دارد، به طوری‌که در تیمار آتش‌سوزی میزان تولید کل علوفه خشک نسبت به تیمار شاهد کاهش داشت (شکل ۵).



شکل ٤- بررسی درصد پوشش گیاهی بر اساس کلاس خوشخوراکی.



شکل ۵- مقایسه میانگین تولید (gr/cm^2) در فرم‌های رویشی.

حروف مختلف لاتین کوچک نشان دهنده اختلاف معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) در بین مناطق مختلف را نشان می‌دهد.

خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک: نتایج حاصل از آنالیز آزمون t غیر جفتی بررسی میانگین درصد رس، سیلت و شن در تیمار شاهد و آتش‌سوزی نشان دهنده این مطلب است که مقدار رس، سیلت و شن خاک در تیمار آتش‌سوزی شده اختلاف معنی‌داری با شاهد ندارد. نتایج حاصل از آنالیز آزمون t غیر جفتی بررسی میانگین درصد رطوبت خاک در تیمار سوخته و شاهد نشان دهنده این مطلب است که میزان رطوبت خاک در تیمار شاهد نسبت به سوخته کاهش یافته ولی اختلاف معنی‌داری با آن نداشته است. بررسی مشخصه هدایت الکتریکی و اسیدیته خاک نشان‌دهنده این مطلب می‌باشد که میزان هدایت الکتریکی خاک و اسیدیته در تیمار شاهد با آتش‌سوزی اختلاف معنی‌دار ($p<۰/۰۱$) دارد. به گونه‌ای که آتش‌سوزی منجر به افزایش هدایت الکتریکی و اسیدیته خاک شده‌است. همچنین بررسی مشخصه درصد کربن آلی خاک، آهک و نیتروژن کل در تیمار سوخته و شاهد نشان دهنده

اختلاف معنی‌دار ($p<۰/۰۱$) است. به گونه‌ای که در منطقه آتش‌سوزی افـزایش درصـد کـربن آلـی و آهک و کاهش نیتروژن کل مشاهده شده است. پتاسیم فسـفرقابل جـذب در تیمـار سـوخته و شـاهد اختلاف معنی‌دار ($p<۰/۰۱$) دارند، به گونه‌ای که در منطقه آتش‌سوزی افزایش میزان پتاسـیم و فسـفر قابل جذب خاک مشاهده شده است (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج حاصل از آنالیز آزمون t غیر جفتی عوامل خاک در تیمار سوخته و شاهد.

عوامل خاک	تیمار	میانگین	معنی‌داری
درصد رس	شاهد	۱۸/۹۵ ± ۱	۰/۱۳^{ns}
	آتش‌سوزی	۱۹/٤۳ ± ۱/۰۸	
درصد سیلت	شاهد	۲۳/۱۷ ±۲/۱۸	۰/۳۳^{ns}
	آتش‌سوزی	۲۲/۹۱ ±۱/۹۸	
درصد شن	شاهد	٥٦/۸ ± ۲/۱۰	۰/۲۱^{ns}
	آتش‌سوزی	٥٤/۷٦ ±۲/۸۸	
رطوبت	شاهد	٥/۹٥ ±۱/۸٦	۰/۳٥^{ns}
	آتش‌سوزی	٥/۳٥ ±۰/۷۷	
هدایت الکتریکی	شاهد	۰/٤۹۷ ±۰/۰۸۸	۰/۰۰**
	آتش‌سوزی	۰/۸۳۱ ±۰/۱٥۳	
اسیدیته	شاهد	۷/۲۳۲ ±۰/۰۹۲	۰/۰۰**
	آتش‌سوزی	۸/٤۱۲ ±۰/٥۳۱	
کربن آلی	شاهد	۲/٥۲ ±۰/٤۱٤	۰/۰۰٥**
	آتش‌سوزی	۳/۰٦٤ ±۰/۳٥۳	
آهک	شاهد	۱٤/٤٤ ±٦/٦٤	۰/۰۰**
	آتش‌سوزی	۲۷/۸٦ ±٦/٤۳	
نیتروژن کل	شاهد	۰/۰۲۹ ±۰/۰۰۳	۰/۰۰**
	آتش‌سوزی	۰/۰۲۱ ±۰/۰۰۳	
پتاسیم قابل جذب	شاهد	۲٥٦ ±۱٦/۱۲	۰/۰۰**
	آتش‌سوزی	۲۹۸/۳۰ ± ۲۱/۰۷	
فسفر قابل جذب	شاهد	۱۷/٤۰ ± ۱/٥۰	۰/۰۰**
	آتش‌سوزی	۲٤/٦۰ ± ۲/۰۱	

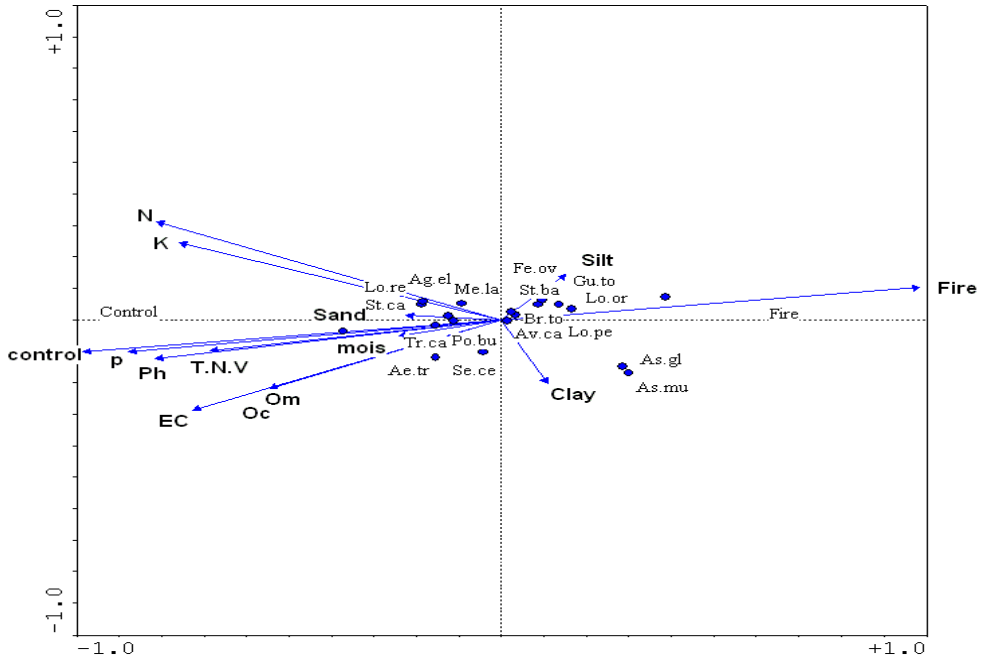
** اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح ۰/۰۱ درصد وجود دارد، ns اختلاف معنی‌دار بین تیمارها وجود ندارد.

روابط بین عوامل خاکی با گونه‌های گیاهی در تیمار آتش‌سوزی و شاهد: نتایج نشان داد که اثر عوامل خاک شامل بافت (رس، سیلت و شن)، درصد رطوبت، درصد مواد آلی، اسیدیته خاک، هدایت الکتریکی، آهک، نیتروژن، پتاسیم و فسفر بر روی پوشش گیاهی منطقه معنی‌دار است (F-ratio= ٤/١٤١) و (P-value=٠/٠٠١). بر اساس دیاگرام دوبعدی حاصل از روش CCA که موقعیت عوامل مورد مطالعه را در قالب محورهای مختصات و به صورت بردارهایی در دو جهت مثبت و منفی نشان می‌دهد می‌توان بیان کرد که عوامل خاکی در تیمار شاهد و آتش‌سوزی شده، درصد سیلت با جهت مثبت محور اول و دوم، شاخص‌های نیتروژن، پتاسیم و درصد شن با جهت منفی محور اول و مثبت محور دوم، فاکتورهای آهک، درصد رطوبت، اسیدیته، هدایت الکتریکی، درصد کربن آلی و درصد مواد آلی با جهت منفی محور اول و دوم و درصد رس با جهت مثبت محور اول و منفی محور دوم همبستگی نشان می‌دهند (جدول ۲).

جدول ۲- همبستگی متغیرهای خاکی با دو محور نخست در روش CCA.

عوامل محیطی	علامت اختصاری	محور اول	محور دوم
درصد رطوبت	Mois	-٠/٣٢	-٠/١٢
درصد رس	Clay	٠/٢٧	-٠/٣٦
درصد شن	Sand	٠/٠٨	-٠/٣٠
درصد سیلت	Silt	٠/٤١	٠/٣٣
هدایت الکتریکی	EC	-٠/٨٤	-٠/٤٢
اسیدیته خاک	pH	-٠/٩١	-٠/٣٢
درصد کربن آلی	Om	-٠/٤٨	-٠/٤٢
درصد مواد آلی	Oc	-٠/٤٨	-٠/٤٣
نیتروژن	N	-٠/٨٩	٠/٤٧
فسفر قابل جذب	P	-٠/١٨	-٠/٩٢
پتاسیم قابل جذب	K	٠/٢٢	-٠/١٢
آهک	T.N.V	-٠/٧٨	٠/٣٨

همچنین شکل (٦) و جدول (٢)، نشان می‌دهند که تحت آتش‌سوزی به دلیل برهم خوردن تعادل اکولوژیکی، عوامل شیمیایی خاک اثر خود را نشان نداده و درنتیجه خصوصیات فیزیکی که از پایداری بالاتری برخوردارند، در قالب بردارهای رس و سیلت نمود یافته‌اند. فاکتورهای درصد رس و سیلت تأثیر بیشتری بر گونه‌های *Lotus ornithopodioides*، *Secale cereale*، *Gundelia tournefortii*، *Avena capensis*، *Secale cereal*، *Astragalus glamceus*، *Stipe barbata*، *Astragalus Murinus* و *Bromus tomentellus* و *Lolium perenne* داشتند. این در حالی‌است که، در تیمار شاهد گونه‌های *Trifulium campestere*، *Stipa capensis*، *Lolium rigidum*، *Aegilops triuncialis*، *Medicago laciniata* و *Poa bulbosa* تحت تأثیر خصوصیات شیمیایی شامل میزان کربن آلی، موادآلی، هدایت الکتریکی، اسیدیته، نیتروژن قرار گرفتند.



As.gl*: Astragalus glamceus,* As.mu*: Astragalus murinus,* Br.to*: Bromus tomentellus,* Fe.ov*: Festuca ovina,* Lo.or*: Lotus ornithopodioides,* Se.ce*: Secale cereale,* Tr.ca*: Trifolium campestere,* Me.la*: Medicago laciniata,* Ag.el*: Agropyron elongatum,* Ae.tr*: Aegilops triuncialis,* Lo.pe*: Lolium perenne,* St.ca*: Stipa capensis,* Gu.to*: Gundelia tourneforti,* po.bu*: Poa bulbosa,* Lo.ri: *Lolium rigidum,* On.ra*: Onobrychis radiata,* Av.ca*: Avena capensis*

شکل ٦- دیاگرام دوبعدی گونه‌های گیاهی مرتع با عوامل خاکی در روش CCA.

بحث و نتیجه‌گیری

دلیل اصلی ماندگاری و افزایش گندمیان چندساله به مقاومت آن‌ها در برابر آتش‌سوزی مربوط است که ناشی از قرار گرفتن جوانه‌ی رشد آن‌ها در سطح یا زیر زمین است (اورتمن و برن، ۲۰۰۸)، اما در بوته‌ای‌ها که جوانه‌ی رشد آن‌ها بالاتر از سطح زمین است در مقابل آتش بیشتر آسیب می‌بینند و چوبی بودن ساقه نیز بر شدت و حرارت سوخته شدن آن‌ها می‌افزاید و آسیب‌پذیری آن‌ها را بیشتر می‌کند. یکساله‌ها نیز در سال‌های اولیه پس از آتش سوزی حدود ۱۵درصد کاهش نشان داده‌اند. زیرا آن‌ها فقط از طریق بذر تکثیر می‌شوند و ممکن است که بعضی گونه‌ها فصل رشد آن‌ها به پایان نرسیده باشند، بنابراین قبل از اینکه به تولید بذر برسند از بین رفته‌اند که با کار محققان انگل و همکاران (۱۹۹۸)، سرتینی (۲۰۰۵) و فتاحی و طهماسبی (۲۰۱۰) مطابقت دارد. همچنین حذف درختچه‌ها بر اثر آتش شاید به دلیل قطر کم تنه‌ی آن‌ها و وجود بوته‌های گون جهت فراهم نمودن سوخت باشد. گواورا و همکاران (۱۹۹۹) به این نتیجه رسیدند که آتش‌سوزی بیشترین تأثیر را بر روی گونه‌های درختچه ای چوبی که قطر کمی (قطر برابر سینه ۱۰ تا ۲۵ سانتی‌متر) داشته‌اند که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارند. بر اساس نتایج بدست آمده در این تحقیق، درصد رس، سیلت و شن مرتع در تیمار سوخته نسبت به شاهد تغییر چندانی نداشته‌است. این امر می‌تواند به علت زمان کم پس از آتش‌سوزی و جنس خاک و میزان ماده آلی متفاوت در این منطقه باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که در مرتع درصد رطوبت خاک، تیمارهای شاهد و آتش‌سوزی تغییرات چشم‌گیری مشاهده نشد. با توجه به این‌که توانایی خاک برای جذب آب پس از آتش‌سوزی به طور مستقیم به درجه حرارت خاک و مقدار مواد آلی مصرف شده بستگی دارد، می‌تواند یکی از دلایل تغییر نکردن رطوبت باشد. الدیابانی (۲۰۱۱) بیان می‌دارد که با افزایش حرارت، مقدار ماده آلی خاک و ظرفیت نگهداری رطوبت کاهش می‌یابد. کاهش رطوبت خاک در منطقه آتش‌سوزی شده به دلیل حذف پوشش گیاهی، هوموس و در معرض قرار گرفتن خاک به طور مستقیم در برابر عوامل جوی می‌باشد که باعث کاهش ظرفیت ذخیره آب در خاک می‌باشد، که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تیمارهای سوخته همواره میزان هدایت الکتریکی و اسیدیته بیشتر از تیمارهای شاهد شده‌است. همواره میزان هدایت الکتریکی به دلیل شدت فعل و انفعالات شیمیایی و زیستی در لایه‌های سطحی خاک بیشتر از بخش عمیق خاک است. دلیل افزایش هدایت الکتریکی در عرصه‌های سوخته را می‌توان این گونه بیان کرد که رها شدن یون‌های معدنی

حاصل از سوختن مواد آلی باعث افزایش هدایت الکتریکی خاک می‌گردد و ضریب هدایت الکتریکی به صورت بی‌دوام و زودگذر افزایش می‌یابد. همچنین افزایش میزان اسیدیته خاک، به دلیل حضور اکسیدهای پتاسیم و سدیم، هیدروکسیدها و کربنات‌ها، افزایش اسیدیته خاک دوام زیادی نداشته و زیاد به طول نمی‌انجامد و اغلب طی یک فصل مرطوب از بین می‌رود. اما فرم کلسیت تا مدت بیشتری پس از آتش‌سوزی دوام می‌یابد و به عمق‌های پایین‌تر نیز نفوذ خواهد نمود. بالا رفتن مقدار اسیدیته می‌تواند یکی از فواید آتش‌سوزی باشد چرا که با افزایش واکنش خاک، قابلیت جذب عناصر در خاک بالا می‌رود (ولز و همکاران، ۱۹۷۹). تحقیقات بانج شفیعی و همکاران (۲۰۱۰) در جنگل‌های شمال، همت‌بلند و همکاران (۲۰۱۰) در منطقه مریوان و حسن‌زاده و همکاران (۲۰۱۳) در استان گلستان که در مناطق دامنه‌ای و دشتی با اقلیم‌های نیمه مرطوب تا نیمه خشک صورت گرفته اند، نشان دهنده‌ی اثر معنی‌دار آتش بر میزان اندازه هدایت الکتریکی خاک است که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. مطالعات زیادی افزایش معنی‌داری اسیدیته خاک سطحی را گزارش داده‌اند بانج‌شفیعی و همکاران (۲۰۱۰)، همت‌بلند و همکاران (۲۰۱۰)، حسن‌زاده و همکاران (۲۰۱۳) و عارف و همکاران (۲۰۱۱) که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارند نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که آتش‌سوزی باعث افزایش میزان درصد مواد خنثی‌شونده می‌شود، زیرا پس از آتش‌سوزی میزان کاتیون‌های کلسیم، منیزیم، و پتاسیم و آنیون‌های SO_4^- به طور قابل ملاحضه‌ای درمحلول خاک افزایش یافته‌است. بانج‌شفیعی و همکاران (۲۰۱۰)، خلیل‌پور و همکاران (۲۰۱۳)، گرانگد و همکاران (۲۰۱۱) و هابنساک و همکاران (۲۰۰۹) اثر آتش‌سوزی را بر افزایش درصد مواد خنثی‌شونده معنی‌دار می‌دانند که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. در حالی‌که با تحقیق همت‌بلند و همکاران (۲۰۱۰) و حسن‌زاده و همکاران (۲۰۱۳) مبتنی بر این‌که درصد مواد خنثی شونده تحت تأثیر آتش‌سوزی تغییر معنی‌داری پیدا نمی‌کند، با نتایج حاصل از این تحقیق هم‌سو نیست.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان‌دهنده این مطلب می‌باشد که آتش باعث افزایش میزان کربن آلی خاک در مرتع شده‌است. دلیل افزایش کربن آلی پس از وقوع آتش، کاهش میزان معدنی‌شدن به دلیل کاهش فعالیت‌های بیولوژیکی از طریق کاهش تجزیه مواد هوموسی در اثر سوختن، اتصال کربن آلی با مواد معدنی و حفاظت در مقابل تجزیه بیوشیمیایی همانند ترکیبات کربنی معطر، تغییر شکل مواد آلی به مواد بسیار پایدار نظیر کاهش اکسیژن و کربن آلکیل‌ها و تولید زنجیره‌های کربنی کوتاه، به‌علاوه تولید مواد آب‌گریز در سطح خاک و تکرار ورود گونه‌های تثبیت کننده ازت در تیمارهای سوخته

بوده‌است (همت‌بلند و همکاران، ۲۰۱۰). کاسی و همکاران (۲۰۰۹) مثبت بودن اثرات آتش بر روی ظرفیت کربن آلی خاک به میزان هشت درصد طی ۱۰ سال پس از آتش‌سوزی در افق A افزایش داشته است، که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. همچنین نتایج این تحقیق هم‌سو با تحقیقات همت‌بلند و همکاران (۲۰۱۰)، خلیل‌پور و همکاران (۲۰۱۳) و اکینکی (۲۰۰٦) است. این در حالی‌است که با کار محققین نظیر بانج‌شفیعی و همکاران (۲۰۱۰) مبنی بر کاهش کربن آلی خاک در اثر آتش و حسن‌زاده و همکاران (۲۰۱۳) دال بر بی‌تأثیر بودن آتش بر میزان کربن آلی خاک، هم‌سو نمی‌باشد.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که میزان نیتروژن در تیمارهای سوخته، کاهش معنی‌داری داشته‌است. کاهش عمومی نیتروژن قابل جذب در تمام مناطق سوخته نسبت به مناطق شاهد می‌تواند به این دلیل باشد که در اثر سوخته شدن ماده آلی و فراهم شدن شرایط مناسب برای استقرار پوشش علفی زمینه جذب هر چه بیشتر نیتروژن توسط گیاهان فراهم شده و در نتیجه مقدار نیتروژن قابل جذب کاهش می‌یابد (محمدی فاضل و صفایی، ۲۰۰۰). همچنین نوع خاک و شرایط اقلیمی منطقه نیز می‌تواند بر میزان عناصر غذایی خاک پس از آتش تأثیرگذار باشد. نتایج این تحقیق هم‌سو با تحقیقات بامز و همکاران (۱۹۹۸) و اهرنفلد (۲۰۰۳) است. اما با تحقیقات لانس و همکاران (۲۰۰۵)، گومز-ری و همکاران (۲۰۱۳) و بادیا و همکاران (۲۰۱٤) مبنی بر این‌که غلظت نیتروژن در تیمار سوخته پس از آتش‌سوزی بیشتر از تیمار شاهد می‌باشد، هم‌خوانی ندارد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که میزان فسفر و پتاسیم در تیمارهای سوخته، افزایش معنی‌داری داشته‌است. افزایش فسفر خاک در منطقه سوخته در اثر تجزیه خاکستر و معدنی شدن فسفر آلی در اثر حرارت می‌باشد (بادیا و همکاران، ۲۰۱٤). فسفر قابل جذب در عرصه سوخته همواره بیشتر از عرصه شاهد است و تغییرات اسیدیته به طرف خنثی، حاصل از اعمال آتش‌سوزی بر حضور فسفر اثر مثبت دارد. بنابراین آتش‌سوزی در افزایش فسفر قابل جذب موثر است (ماتریکس سولرا و همکاران، ۲۰۱۱). از طرفی با توجه به این‌که پتاسیم در طی آتش‌سوزی به صورت گازی شکل در اتمسفر رها می‌شود و همچنین از لاشبرگ‌های موجود در سطح خاک آزاد می‌شود، ممکن است دلیلی بر این باشد که در آتش‌سوزی‌های مکرر از میزان پتاسیم موجود در خاک کم نشود (ولز و همکاران، ۱۹۷۹). در اصل قابلیت دسترسی مواد معدنی در اثر آتش‌سوزی می‌یابد و میزان افزایش وابسته به نوع مواد، نوع گونه‌های گیاهی

سوخته، خصوصیات خاک و میزان و نحوه پروسه آب‌شویی است (نف و همکاران، ۲۰۰۵). نتایج این تحقیق با تحقیقات همت‌بلند و همکاران (۲۰۱۰)، شریفی و همکاران (۲۰۱٤)، حسن‌زاده و همکاران (۲۰۱۳)، اکینکی (۲۰۰٦) و مونیر و همکاران (۲۰۰٦)، عارف و همکاران (۲۰۱۱)، گومز-ری و همکاران (۲۰۱۳) و بادیا و همکاران (۲۰۱٤) مطابقت دارد. این در حالی است که با نتایج حاصل از تحقیق بانج‌شفیعی و همکاران (۲۰۱۰) مبنی بر اینکه آتش بر میزان فسفر و پتاسیم قابل جذب بی‌تأثیر است، هم‌خوانی ندارد. نتایج این تحقیق نشان داد که در تیمار شاهد مهم‌ترین عوامل خاکی تأثیرگذار بر تغییرات پوشش گیاهی شامل، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، درصد رطوبت، شن و سیلت می‌باشند. این درحالی‌است که در تیمار آتش، بیشترین عوامل تأثیرگذار میزان سیلت، رس، درصد رطوبت، هدایت الکتریکی، کربن آلی و اسیدیته می‌باشند، این روند شاید به دلیل افزایش مواد معدنی و اسیدیته و کاهش رطوبت به عنوان عامل محدود کننده، در اثر آتش‌سوزی باشد. علاوه براین پتاسیم و درصد شن و میزان آهک در تیمار آتش‌سوزی تأثیر کم‌تری بر روی پوشش گیاهی داشت.

نتایج حاصل از این تحقیق و تحقیقات صورت گرفته توسط سایر محققین حاکی از اثرات مثبت آتش‌سوزی بر بیشتر خصوصیات شیمیایی خاک بوده و اثرات آن بر روی تغییرات پوشش گیاهی، با توجه به شرایط مختلف منطقه، نوع گونه‌های گیاهی موجود، متفاوت بوده و در بعضی موارد مثبت و یا منفی‌است. اما صرفاً به دلیل غنای معدنی خاک، برای هیچ‌گونه مرتع مشجر و غیرمشجری در غرب کشور پیشنهاد نمی‌گردد.

منابع

1. Aref, I.M., EL-Atta, H.A., and AL-Ghamde, A.R.M. 2011. Effect of forest fires on tree diversity and some soil properties. International Journal of Agriculture and Biology. 13(5): 659-664.
2. Badia, D., Marti, C., Aguirre, A.J., Aznar, J.M., Gonzalez-Perez, J.A., De la Rosa, J.M., Leon, J., Ibarra, P., and Echeverria, T. 2014. Wildfire effects on nutrients and carbon of a *Rendzic Phaeozem* in NE Spain. Changes at cm-scale topsoil. Journal of Catena. 113: 267-275.
3. Banej Shafiei, A., Akbarinia, M., Azizi, P., and Eshaghi Rad, J. 2010. Impacts of fire on some chemical properties of forest soil in north of Iran, (Case study: Kheyroudkenar forest). Iranian Journal of Forest and Poplar Research. 18(3): 366-379.
4. Barnes, B.V., Zak, D.R., Denton, S.R., and Spurr, S.H. 1998. Forest ecology. John Wiely and Sons, USA. 187p.

5. Cassie, L., Hebel, J.E., and Smith, K. 2009. Invasive plant species and soil microbial response to wildfire burn severity in the Cascade Range of Oregon. Journal of Applied Soil Ecology. 42: 150-159.
6. Certini, G., 2005. Effects of fire on properties of forest soils: A review. Journal of Oecologia. 143: 1-10.
7. Ehrenfeld, J.G., 2003. Effects of exotic plant invasions on soil nutrient cycling processes. Ecosystems. 6: 503-523.
8. Ekinci, H., 2006. Effect of forest fire on some physical, chemical and biological properties of soil in Canakkale, Turkey. International Journal of Agriculture and Biology. 8(1): 102-106.
9. Eldiabani, G., 2011. Forest fires and their effect on chemical and physical properties of soil in north-eastern, Libya. Ph.D. Thesis, Geographical and Environmental Sciences, University of Bradford, Division of Archaeological. 228p.
10. Engle, D.M., Mitchell, R.L., and Stevens, R.L. 1998. Late growing season fire effects in mid successional tall grass prairies. Journal of Range Management. 22: 22-23.
11. Fattahi, B., and Tahmasebi, A. 2010. Fire influence on vegetation changes of Zagros mountainous rangelands (Case study: Hamedan province). Rangeland. 4(2): 228-239.
12. Gheytouri, M., 2003. Identification of ecological region in Iran; rangeland types of Kermanshah Province. Research Institute of Forests and Rangelands Press. Tehran. 145P.
13. Ghorbani, J., 2015. Multivariate analysis of ecological data. Sari Agricultural Science and Natural Resources University Press. Sari. 328P. (Translated in Perasian).
14. Gomez-Rey, M.X., Couto-Vazquez, A., Garcia-Marco, S., and Gonzalez-Prito, S.J. 2013. Impact of fire and post-fire management techniques on soil chemical properties. Journal of Geoderma. 195-196: 155-164.
15. Gonzalez-Pereza, J.A., Gonzalez-Vila, F.J., Almendros, G., and Knicker, H. 2004. The effect of fire on soil organic matter- a review. Environment International Journal. 30: 855-870.
16. Granged, A.J.P., Zavala, L.M., Antonio, J., and Bárcenas-Moreno, G. 2011. Post-fire evolution of soil properties and vegetation cover in a Mediterranean heathland after experimental burning: A 3-year study. Journal of Geoderma. 164: 85-94.
17. Guevara, J.C., Stasi, C.R., Wuilloud, C.F., and Estevez, O.R. 1999. Effects of fire on rangeland vegetation in south-western Mendoza plains Argentina: composition, frequency, biomass, productivity and carrying capacity. Journal of Arid Environments. 41: 27-35.

18. Hassanzadeh, B., 2013. The effect of fire on soil physical properties and trees regeneration in Golestan Province. M.Sc, Thesis of Forestry, Sari Agricultural Science and Natural Resources University. 104p.
19. Hassanzadeh, B., Pourmajidian, M., and Hojati, M. 2013. The effect of fire on soil physical properties (Case study; Loveh forestry project). First National Conference of Environment, Energy and Biological Defense, Mehr Arvand University, Meybod. 21p.
20. Haubensak, K., Antonio, C.D., and Wixon, D. 2009. Effect of fire and environmental variables and composition in grazed salt desert shrub lands of the Great Basin (USA). Journal of Arid Environments. 73: 643-650.
21. Hemmatboland, I., 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.
22. Javadi, S.A., and Mamoon, Z. 2011. Natural burning effects on some vegetation and soil characteristics of rangeland (Case study: Pir Gol Sorkh Behbahan rangeland). Renewable Resources Research Journal. 2(1): 45-54.
23. Khalilpour, M., Pourmajidian, M., and Jalilvand, H. 2013. Investigation the effect of fire on soil physico-chemical properties, diversity, and number and earth worm biomass (Case study: Dill protected area in Kohgilouyeh and Boyerahmad Province). M.Sc. Thesis of Forestry, Sari Agricultural Science and Natural Resources University. 185p.
24. Lance T.V., Wester, D.B., Mitchell, R.B., and Fuhlendorf, S.D. 2005. Fire and grazing effects on wind erosion, soil water content, and soil temperature. Journal of Environmental Quality. 34: 1559-1565.
25. Maringera, J., Wohlgemuth, T., Nef, C., Pezzatti, G.B., and Conedera, M. 2012. Post-fire spread of alien plant species in a mixed broad-leaved forest of the Insubric region. Flora. 207: 19-29.
26. Mataix-Solera, J., Cerda, A., Arcenegui. V., Jordan, A., and Zavala, L.M. 2011. Fire effects on soil aggregation: A review. Journal of Earth-Science Reviews. 109: 44-60.
27. Mesdaghi, M., 2001. Range management in Iran. Astan Ghods Publication, Mashhad. 333p. (Translated in Persian).
28. Mohammadi Fazel, A., and Safaei, M. 2000. World value of diversity. Environment Protection Organization Press. 320p. (Translated in Persian).
29. Monier, M., Ghani, A.E., and Marei, A.H. 2006. Vegetation associates of the endangered *Randonia africana* and its soil characteristics in an arid desert ecosystem of western Egypt. Journal of Acta Botanica Croatica. 65(1): 83-99.
30. Neff, J.C., Harden, J.W., and Gleixner, G. 2005. Fire effects on soil organic matter content, composition and nutrients. NRC Research Press. 35:2178-2187.
31. Ortman, J., and Beran, D.D. 2008. Grassland management with prescribed Fire. Nebraska cooperative extension. 148: 122-132.

32. Sharifi, Z., Nazari, Ch., Mohammadi Samani, K., and Shabanian, N. 2014. Investigation of the chemical resume effect of fire in forest soil after 3 years. 3rd Iran National Conference of Natural Resources Researches, Kordestan University. 9p.
33. Ter Braak, C.J.F., and Smilauer, P. 2002. CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Ithaca, NY: Microcomputer Power. 500p.
34. Vahabzadeh, A., 2009. Environment identification. Mashhad Jihad Daneshgahi Press, Mashhad. 722p. (Translated in Persian).
35. Wells, C.G., Campbell, R.E., DeBano, L.F., Lewis, C.E., Fredriksen, R.L., Franklin, E.C., Froelich, R.C., and Dunn, P.H. 1979. Effects of fire on soil, a state-of knowledge review. USDA Forest Service, Washington Office, General Technical Report WO7.
36. Wienk, C.L., Sieg, C.H., and Mcpherson, G.R. 2004. Evaluating the role of cutting treatment, fire and soil seed banks in an experimental framework Forest of the Black Hills. South Dakota. Journal of Forest Ecology and Management. 192: 375-393.