

## اثر شدت آتش سوزی بر ماکروفون خاک در جنگل های شاخه زاد بلوط ایرانی

مرتضی پوررضا<sup>۱</sup>، سید محسن حسینی<sup>۲\*</sup>، علی اکبر صفری سنجانی<sup>۳</sup>، محمد متینی زاده<sup>۴</sup> و وارن دیک<sup>۵</sup>

۱- دانشجوی دکتری، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور

۲- نویسنده مسؤل، دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور. پست الکترونیک:

Hosseini@modares.ac.ir

۳- استاد، دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی همدان

۴- دانشیار، مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور، تهران

۵- استاد، دانشکده محیط زیست و منابع طبیعی، دانشگاه ایالتی اوهاو، آمریکا

تاریخ پذیرش: ۹۲/۵/۱

تاریخ دریافت: ۹۱/۹/۹

### چکیده

در این پژوهش با نگرش به ارزش اکوسیستم های جنگلی زاگرس و آتش سوزی های اخیر، برهم کنش شدت آتش سوزی، ویژگی های خاکی و ماکروفون خاک بررسی شد. برای این منظور سه شدت آتش سوزی: سوختگی ضعیف مربوط به کف جنگل (بیرون جست گروه ها)، سوختگی میانه و شدید در درون جست گروه ها در نظر گرفته و به ترتیب با کف جنگل (بیرون از جست گروه ها) و درون جست گروه ها در جایگاه آتش سوزی نشده سنجش شد. برای هر یک از تیمارهای گفته شده ۱۵ نمونه ۵۰×۵۰ و ژرفای ۲۰ سانتی متر به روش تصادفی و در راستای ترانسکت هایی در دو جایگاه آتش سوزی شده و آتش سوزی نشده پیاده شد. ماکروفون خاک به روش دستی جدا و پس از شناسایی، گروه بندی شدند. نمونه برداری از ماکروفون خاک در دو زمان شامل ۱۳ ماه (پاییز) و ۲۰ ماه (بهار) پس از آتش سوزی انجام شد. یافته ها نشان داد که در آتش سوزی ضعیف نه تعداد کل ماکروفون خاک تغییر معنی داری داشت و نه ویژگی های مورد بررسی خاک ولی در سوختگی شدید کاهش معنی داری در ماکروفون خاک دیده شد و ویژگی های خاک نیز تغییر معنی داری داشت. یافته های آنالیز متعارفی تطبیقی (CCA) نشان داد که کرم خاکی و ماهی نقره-ای با فاکتورهای ژرفای لاشبرگ، کربن آلی، نیتروژن و رطوبت خاک همبستگی مثبتی دارد. در سوختگی میانه و شدید نابود شدن کرم خاکی و ماهی نقره ای با کاهش فاکتورهای بالا همراه بود که در اثر سوختگی ایجاد شده بود.

واژه های کلیدی: جست گروه، آنالیز متعارف تطبیقی، کرم خاکی، ماهی نقره ای، کربن آلی

### مقدمه

ارزش ویژه ای برخوردار است، زیرا بی مهرگان خاک در گام های تجزیه، گیاه خواری، گرده افشانی و فراهم کردن پیوند رژیم های غذایی بین سطوح گوناگون تغذیه ای نقش کلیدی دارند (Lal, 1988; Underwood & Quinn, 2010). همچنین بی مهرگان خاک در گروه های کارکردی بر پایه رژیم غذایی شان جای می گیرند که می توانند اطلاعات بسیار ارزشمندی از کارکرد اکوسیستم به ما بدهند که به دست آوردن این

آتش یک پدیده جهانی است (González-Pérez et al., 2004; Bowman et al., 2009) که از مؤثرترین فاکتورهای دگرگونی در اکوسیستم های خاکی کره زمین بشمار می رود (Lavorel et al., 2007). پایش اثر آتش در اکوسیستم های جنگلی بیشتر درباره پوشش گیاهی بوده و به همین دلیل اثر آتش بر ماکروفون خاک ناشناخته مانده است و آگاهی چندانی درباره دگرگونی جمعیت و کارکرد آنها بعد از آتش وجود ندارد (Sileshi & Mafongoya, 2007).

اثر را بر روی جمعیت ماکروفون خاک مثبت (Villa-Castillo & Wagner, 2002) و برخی دیگر منفی (Apigian *et al.*, 2006) و برخی نیز وابسته به زمان پس از آتش سوزی دانسته‌اند (Barker *et al.*, 2004). پژوهش (Underwood & Quinn, 2010) در بررسی اثر آتش-سوزی تجویزی (سوختگی ضعیف) بر مورچه‌ها و عنکبوت‌ها در زمین‌های جنگلی بلوط (*Quercus duglasii*) کالیفرنیا نشان داد که جمعیت عنکبوت‌ها بی-درنگ پس از آتش تا پیش از ماه دوم کاهش چشمگیری نشان نداد ولی با گذشت زمان پس از آتش سوزی جمعیت آنها کاهش یافت. پژوهش دیگری در جنگل‌های Mimbo در زامبیا نشان داد که آتش جمعیت ماکروفون خاک را به طور مستقیم از راه کشتن آنها یا غیرمستقیم از راه تأثیر بر اندازه مواد غذایی، کاهش می‌دهد (Sileshi & Mafongoya, 2006). اگرچه (Ferrenberg *et al.*, 2006) گزارش کردند که آتش سوزی تجویزی (سوختگی ضعیف) بندپایان خاک را افزایش داده‌است. در پژوهشی در بررسی برهم‌کنش اثر آتش بر ماکروفون خاک و فاکتورهای محیطی نشان داده شد که دگرگونی در ماکروفون خاک بستگی به دگرگونی فاکتورهای خاک دارد که به گونه چشم‌گیری در اثر آتش سوزی دگرگون شده است (García-Domínguez *et al.*, 2010).

جنگل‌های زاگرس رویشگاه ویژه‌ای برای گونه‌های بلوط در ایران بشمار می‌رود. گونه اصلی این جنگل‌ها بلوط ایرانی (*Q. brantii*) بوده که به دلیل برش‌های پی-درپی، در بیشتر جاها به فرم رویشی شاخه‌زاد دیده می‌شود (Sagheb-Talebi *et al.*, 2004). به گونه‌ای که هر درخت دارای جست‌های فراوانی است و جنگل به سیمای لکه‌هایی از این جست‌گروه‌ها دیده می‌شود. بیرون از خرد زیستگاه جست‌گروه‌ها یا همان کف جنگل، بیشتر دارای پوشش علفی است ولی خرد زیستگاه درون جست‌گروه‌ها به دلیل انباشت لاشبرگ و همچنین وجود جست‌های فراوان دارای مواد آلی (بار مواد سوختی) بیشتری است. در مورد جنگل‌های زاگرس تاکنون نه تنها اثر آتش بر ماکروفون خاک گزارش نشده است، بلکه هیچ گزارشی نیز در مورد جمعیت ماکروفون جنگل‌های زاگرس دیده

اطلاعات به طور مستقیم بسیار دشوار است. این اطلاعات برای بررسی چگونگی زیستگاه با توجه به ویژگی‌های زیست محیطی آن بعد از آتش سوزی بسیار با ارزش است (Uetz, 1979; McIver *et al.*, 1992).

ماکروفون خاک یکی از آشکارترین مؤلفه‌های تنوع زیستی در بیشتر اکوسیستم‌ها هستند که ارگانسیم‌های بزرگتر از دو میلی‌متر را دربر می‌گیرد و جمعیت آنها وابستگی زیادی به شیوه مدیریتی اکوسیستم دارد (Callaham *et al.*, 2003; Lavelle *et al.*, 2003; Ayuke *et al.*, 2009). با نگرش به گوناگونی بسیار زیاد ماکروفون خاک از یک سو و ناشناخته بودن برخی از این گروه‌ها از سوی دیگر، بیشتر آنها در چهارچوب گروه‌های شناخته شده‌تری مانند: عنکبوت‌ها، مورچه‌ها، کرم‌های خاکی، موریانه‌ها، سوسک‌ها، صدپایان، هزارپایان، حلزون‌ها و لیس‌ها (Brown *et al.*, 2001) بررسی می‌شوند که جایگاه ویژه‌ای در شاخه بندپایان حشرات دارند (Tabadakani, 2009; Safar- Sinegani, 2011).

ماکروفون‌های خاک با نگرش به توان جابجایی‌شان می‌توانند در برابر آتش فرار کرده یا به لایه‌های زیرین خاک بروند و اثر آتش و دود را به کمترین اندازه برسانند (Kalisz & Powell, 2000; Wikars & Schimmel, 2004; Dress & Boerner, 2001). آتش می‌تواند ماکروفون خاک را مستقیم از راه گرمای پدید آمده یا غیرمستقیم با دگرگونی در فاکتورهای خاکی و شرایط محیطی، دگرگون سازد (James, 1982; Bogorodskaya *et al.*, 2010)، بنابراین پاسخ ماکروفون خاک به آتش می‌تواند بی‌درنگ و کوتاه‌مدت و یا کند و بلندمدت باشد (Abbott, 2003; Underwood & Quinn., 2010). از سوی دیگر شدت آتش سوزی (Fire severity) که نشان‌دهنده اندازه اثر آتش بر اکوسیستم است (Keeley, 2009) می‌تواند ناهمسان باشد که با نگرش به ژرفای اثر آن پیامدهای گوناگونی بر ماکروفون خاک دارد (Neary *et al.*, 1999).

اثر مستقیم فاکتورهای محیطی ایجاد شده پس از آتش سوزی بر روی ماکروفون خاک خیلی روشن نبوده و گزارش‌های گوناگونی وجود دارد که برخی از آنها این

کف جنگل (بیرون از خرد زیستگاه جست گروه‌ها) و فقط دارای پوشش علفی بود. باید گفته شود که وجود سوختگی شدید و میانه در درون جست گروه‌ها به دلیل زیاد بودن مواد سوختی (لاشبرگ، جست‌های چوبی) می‌باشد. به همین دلیل، سوختگی در سه گروه شدید، میانه و ضعیف در نظر گرفته شد.

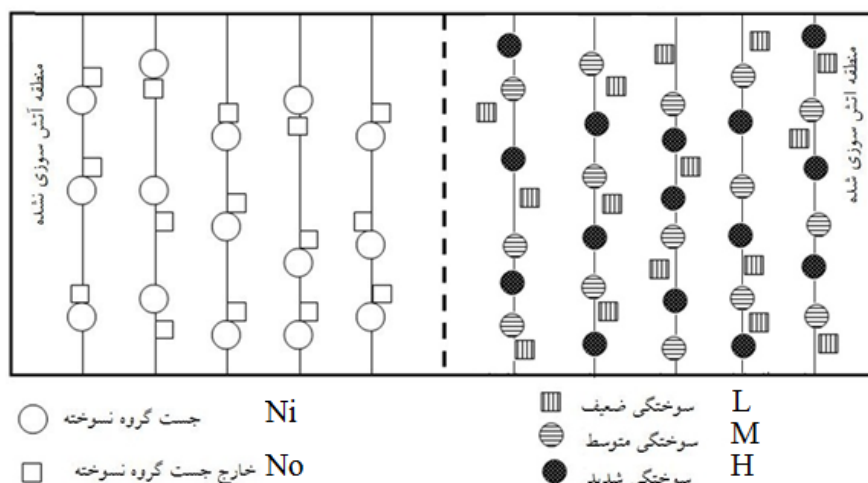
### نمونه برداری

از هر یک از تیمارهای گفته شده در بالا یعنی شدت‌های گوناگون سوختگی (ضعیف، میانه و شدید) و بدون سوختگی (درون و بیرون از جست گروه‌ها) ۱۵ نمونه خاک با ابعاد ۵۰×۵۰×۵۰ و ژرفای ۲۰ سانتی‌متر و بر روی هم - رفته ۷۵ نمونه (۱۵×۵) برداشت شد. به این منظور پنج ترانسکت در امتداد شیب در هر دو جایگاه آتش‌سوزی شده و آتش‌سوزی نشده پیاده شد و تیمارهای مورد نظر به شیوه تصادفی در راستای این ترانسکت‌ها برداشت شدند (شکل ۱). ماکروفون خاک به روش دستی (Hand sorting) از خاک جدا شده و در لوله‌های ویژه دارای الکل جای داده شد و برای شناسایی به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه برده شد. هم‌زمان با جداسازی، گروه اکولوژیک کرم‌های خاکی بر پایه جدول Bouche دسته‌بندی شد (Edwards & Bohlen, 1996). کرم‌های خاکی سه گروه اکولوژیک هستند: ۱) اپی‌ژئیک (Epigeic) که دارای اندازه کوچک هستند و در لایه سطحی خاک بوده و تنها از لاشبرگ تغذیه می‌کنند، ۲) آنسیک (Anecic) که دارای اندازه بزرگ هستند و در لایه سطحی و بیشتر در کانالهای عمودی خاک هستند و از لاشبرگ و خاک تغذیه می‌کنند، ۳) اندوژئیک (Endogeic) دارای اندازه میانه هستند و در کانالهای افقی در ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متری سطح خاک هستند و از لایه معدنی خاک که دارای مواد آلی نیز هستند تغذیه می‌کنند (Edwards and Bohlen, 1996). نمونه‌برداری در دو زمان ۱۳ ماه (پاییز ۱۳۹۰) و ۲۰ ماه (بهار ۱۳۹۱) پس از آتش‌سوزی انجام شد که در این دو فصل، جانوران خاک فعالیت بیشتری دارند.

نشده است. این در حال است که در ایران پیشینه پژوهش بسیار کمی در مورد جمعیت ماکروفون خاک وجود دارد (Sayad et al., 2010; Gholami et al., 2011). هدف از این پژوهش شناسایی پیوند میان برخی ویژگی‌های خاکی و ماکروفون خاک در شدت‌های گوناگون آتش‌سوزی است. شناسایی پیوند ماکروفون خاک با فاکتورهای خاکی پس از آتش‌سوزی می‌تواند به درک بهتر و فراگیرتر اثرات مستقیم و غیرمستقیم آتش کمک نماید (Burrows, 2008).

### مواد و روش‌ها

جایگاه پژوهش از جنگل‌های شهرستان روانسر در استان کرمانشاه بشمار می‌رود که دارای مختصات جغرافیایی ۰۲' ۳۱' ۶۶° طول شرقی و ۵۱' ۵۰' ۳۶° عرض شمالی است. این جایگاه در نیمه نخست مهرماه سال ۱۳۸۹ در آتش سوخت و مساحت ۲۵ هکتار آن برای این پژوهش برگزیده شد. با نگرش به این‌که داده‌های پیش از آتش‌سوزی در دسترس نبود، جایگاه آتش‌سوزی نشده‌ای در همسایگی جایگاه آتش‌سوزی شده و با مساحت یکسان برای پایه سنجش اثر آتش‌سوزی برگزیده شد. جایگاه آتش‌سوزی شده و آتش‌سوزی نشده در همسایگی هم و با شیب، جهت (شمال شرقی) و دامنه ارتفاعی (۱۷۰۰ تا ۱۸۲۰ متر از سطح دریا) و پوشش گیاهی مشابهی هستند که بیش از ۹۰ درصد آن از درختان شاخه‌زاد بلوط ایرانی هستند. نوع آتش‌سوزی در جنگل‌های زاگرس (به علت فاصله درختان از هم) بیشتر به صورت سطحی و تنه‌ای می‌باشد (Poureza et al., 2009). شدت آتش‌سوزی با نگرش به اندازه خاکستر برجای مانده بر خاک و مرگ و میر درختان تعیین شد. به دیگر سخن هرچه اندازه ماده سوخته شده برجای مانده و مرگ و میر درختان بیشتر بود، استقرار پوشش گیاهی کمتر بود، و شدت آتش‌سوزی بیشتر در نظر گرفته شد (Certini, 2005). شدت آتش‌سوزی (Fire severity) در درون جست گروه‌ها با نگرش به پوشش گیاهی کف و مرگ و میر جست‌ها به دو طبقه شدید و میانه تقسیم شد. آتش‌سوزی ضعیف نیز مربوط به



شکل ۱- طرح نمونه‌برداری از شدت‌های گوناگون آتش‌سوزی در دو جایگاه آتش‌سوزی شده و نشده

تراکم ماکروفون خاک با داشتن الگوی پراکنش کپه‌ای، کمتر از پراکنش نرمال پیروی می‌کنند (Sileshi, 2008). برای بررسی پیوند شدت آتش‌سوزی، ویژگی‌های خاک و ماکروفون خاک از روش رج‌بندی آنالیز تطبیقی متعارفی (CCA) استفاده شد. در این روش یگانهای نمونه‌برداری و گونه‌ها بر مبنای میانگین‌گیری واژگون رج‌بندی می‌شوند و بعد در یک رگرسیون چندگانه، پیوند یگانهای نمونه‌برداری بر روی محورهای متغیرهای محیطی بررسی می‌شود (Mesdaghi, 2005). برای انجام آزمون‌های آماری، نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ و برای آنالیز تطبیقی متعارفی، نرم‌افزار CANOCO (ter Braak & Šmilauer, 2002) بکار گرفته شد.

## نتایج

### ماکروفون خاک

یافته‌های وابسته به بررسی تراکم (تعداد در متر مربع) ماکروفون خاک در نخستین و دومین نمونه‌برداری (۱۳ و ۲۰ ماه پس از آتش‌سوزی) نشان داد که جدای از اثر آتش‌سوزی (جایگاه نسوخته) تراکم ماکروفون خاک در درون جست‌گروه‌ها بیشتر از بیرون آنهاست (کف جنگل)، (شکل ۲ و ۳). در ۱۳ ماه پس از آتش‌سوزی در تیمار سوختگی شدید، تراکم ماکروفون خاک کاهش معنی‌داری یافت، در صورتی‌که در سوختگی میانه و ضعیف تغییر

### اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک

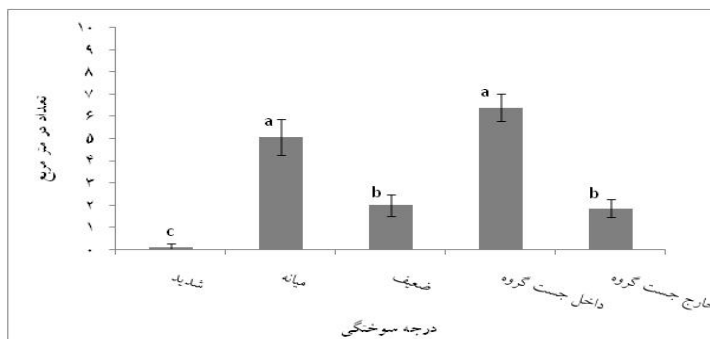
رطوبت خاک با خشک کردن نمونه‌های خاک به روش وزنی (Gardner, 1986) اندازه‌گیری شد. ازت کل خاک با مقدار ۰/۵ گرم خاک هوا خشک و یک عدد قرص کاتالیزور و مقدار ۱۰ سی‌سی اسید سولفوریک غلیظ (۹۸ درصد) با دستگاه کج‌لدال اندازه‌گیری شد (Bremner, 1996). هدایت الکتریکی خاک با بکارگیری دستگاه کندانکتومتر در سوسپانسیون خاک بدست‌آمده با آب مقطر و اسیدیته خاک با بکارگیری دستگاه pH متر اندازه‌گیری شد (McLean, 1982). کربن آلی خاک نیز بر پایه روش والکی بلاک اندازه‌گیری شد (Walkley & Black, 1934).

### آزمون‌های آماری

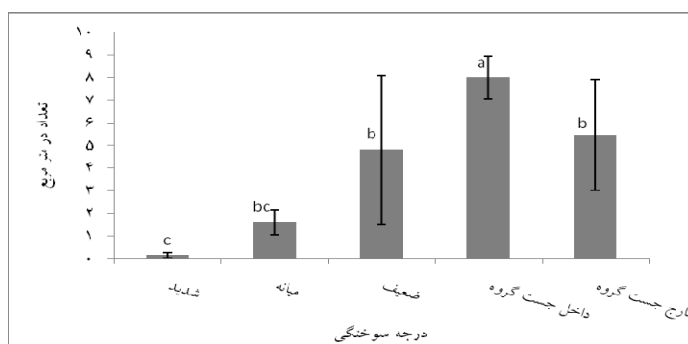
نرمال بودن داده‌ها با بکارگیری آزمون کولموگروف-اسمیرونوف انجام شد. همچنین برای آزمون همگنی واریانس‌ها آزمون لون بکار برده شد. برای انجام تجزیه واریانس و سنجش‌های چندگانه ویژگی‌های خاک، با نگرش به نرمال بودن پراکنش داده‌ها و نیز همگنی واریانس گروه‌ها به ترتیب از ANOVA و دانکن استفاده گردید. یادآوری می‌شود که داده‌های تراکم ماکروفون خاک (تعداد در متر مربع) از پراکنش نرمال پیروی نمی‌کرد، و با بکارگیری آزمون Mann-Wintney U سنجش شدند. باید گفته شود که داده‌های وابسته به شمارش و

ماکروفون خاک دیده نشد، درحالی که در سوختگی میانه و شدید کاهش ماکروفون خاک معنی دار بود (شکل ۳).

معنی داری دیده نشد (شکل ۲). در ۲۰ ماه پس از آتش-سوزی نیز در سوختگی ضعیف تغییر معنی داری در کل



شکل ۲- میانگین تراکم ماکروفون خاک در تیمارهای مورد بررسی در ۱۳ ماه پس از آتش سوزی



شکل ۳- میانگین تراکم ماکروفون خاک در تیمارهای مورد بررسی در ۲۰ ماه پس از آتش سوزی

دومین نمونه برداری مورچه‌ها از فراوانترین ماکروفون خاک بودند (جدول ۱).

### ویژگی‌های خاک

در جایگاه آتش سوزی نشده ویژگی‌های خاک بجز pH در درون و بیرون از جست گروه‌ها متفاوت بود. به گونه‌ای که کربن آلی، نیتروژن، هدایت الکتریکی و رطوبت خاک در درون جست گروه‌ها بیشتر از بیرون آنها بود، ولی pH تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۲). همچنین در سوختگی ضعیف تغییر معنی داری در ویژگی‌های مورد بررسی خاک نسبت به تیمار بیرون جست گروه‌ها در منطقه نسوخته (No) دیده نشد، درحالی که در سوختگی شدید و میانه، کربن آلی و نیتروژن به طور معنی داری کاهش و pH خاک نسبت به درون جست گروه‌های

کرم خاکی (Earthworm) فقط در تیمارهای درون جست گروه‌های سوخته نشده دیده شد (جدول ۱). ماهی نقره‌ای (Silverfish) نیز اگرچه در نخستین نمونه برداری در تیمار سوختگی میانه دیده شد ولی در دومین آمار برداری کرم خاکی و ماهی نقره‌ای فقط در درون جست گروه‌های سوخته نشده دیده شدند. در سوختگی شدید در نخستین نمونه برداری، یک عنکبوت (Spider) و در دومین نمونه برداری نیز، یک مورچه (Ant) دیده شد. در سوختگی میانه گرچه در نخستین نمونه برداری بیشتر انواع ماکروفون خاک حضور داشتند، اما در دومین نمونه برداری حضور انواع ماکروفون خاک به سوسک‌ها (Beetle) و مورچه‌ها محدود شده بود و سایر ماکروفون‌ها دیده نشد. در نخستین نمونه برداری، در هیچ یک از نمونه‌های مورد بررسی مورچه‌ها دیده نشدند، درحالی که در


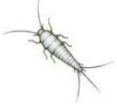





شده و در سمت مثبت محور نخست جای گرفتند (شکل ۴). همچنان که دیده می‌شود، ماهی‌نقره‌ای و کرم-خاکی نیز به همراه سایر ویژگی‌های خاک در سمت مثبت محورها جای گرفته‌اند. سوختگی شدید (H) که تنها یک نمونه آن دارای ماکروفون خاک بود از سایر نمونه‌ها جدا شده است. یافته‌ها نشان داد که محور نخست و دوم بدست آمده از ماکروفون خاک به همراه فاکتورهای خاکی به ترتیب ۵۰/۸ و ۳۱ درصد و در مجموع ۸۱/۸ درصد از واریانس داده‌ها را بیان می‌کنند (جدول ۳). همبستگی بین فاکتورهای خاکی و محورها نشان داد که لاشبرگ، نیتروژن و کربن خاک با مقادیر ۰/۹۲، ۰/۷۱ و ۰/۶۳ به ترتیب بیشترین همبستگی را با محور نخست CCA دارند (جدول ۴).

نسوخته (Ni) به طور معنی‌داری افزایش نشان داد. هدایت الکتریکی نیز در نخستین نمونه‌برداری (۱۳ ماه پس از آتش) در سوختگی شدید افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار درون جست‌گروه‌های نسوخته (Ni) نشان داد ولی در دومین (۲۰ ماه پس از آتش) نمونه‌برداری تغییر معنی‌داری در آن دیده نشد.

### آنالیز تطبیقی متعارفی (CCA)

آنالیز همزمان شدت آتش‌سوزی، ماکروفون خاک و فاکتورهای خاکی با بکارگیری روش آنالیز تطبیقی متعارفی نشان داد که در نخستین نمونه‌برداری (۱۳ ماه پس از آتش‌سوزی) نمونه‌های مربوط به درون جست‌گروه‌ها در جایگاه آتش‌سوزی نشده از سایر تیمارها جدا

جدول ۱- میانگین تراکم ماکروفون خاک در هر یک از تیمارهای مورد بررسی در دو زمان نمونه‌برداری

Earthworm (کرم خاکی)	Silverfish (ماهی نقره‌ای)	Truebug (راست بال)	Ant (مورچه)	Beetle (سوسک)	Centipede (صدپا)	Spider (عنکبوت)	زمان نمونه برداری
							۱۳ ماه پس از آتش‌سوزی (پاییز ۹۰)
۱/۶۰ <sup>a</sup>	۱/۳۳ <sup>a</sup>	۰/۱۳ <sup>a</sup>	۰/۰۰	۱/۶۰ <sup>a</sup>	۱/۲۰ <sup>a</sup>	۰/۵۳ <sup>a</sup>	Ni
۰/۰۰ <sup>b</sup>	۰/۰۰ <sup>b</sup>	۰/۰۰ <sup>a</sup>	۰/۰۰	۰/۸۰ <sup>a</sup>	۰/۶۶ <sup>a</sup>	۰/۴۰ <sup>a</sup>	No
۰/۰۰ <sup>b</sup>	۰/۰۰ <sup>b</sup>	۰/۱۳۳ <sup>a</sup>	۰/۰۰	۱/۳۳ <sup>a</sup>	۰/۴۰ <sup>a</sup>	۰/۱۳ <sup>a</sup>	L
۰/۰۰ <sup>b</sup>	۰/۶۶ <sup>a</sup>	۰/۱۳ <sup>a</sup>	۰/۰۰	۲/۱۳ <sup>a</sup>	۱/۴۶ <sup>a</sup>	۰/۶۶ <sup>a</sup>	M
۰/۰۰ <sup>b</sup>	۰/۰۰ <sup>b</sup>	۰/۰۰ <sup>b</sup>	۰/۰۰	۰/۰۰ <sup>b</sup>	۰/۰۰ <sup>b</sup>	۰/۱۳ <sup>a</sup>	H
۱/۳۳ <sup>a</sup>	۲/۹۳ <sup>a</sup>	۰/۰۰	۱/۳۳ <sup>a</sup>	۱/۳۳ <sup>a</sup>	۰/۶۶ <sup>a</sup>	۰/۴۰ <sup>a</sup>	Ni
۰/۰۰ <sup>b</sup>	۰/۰۰ <sup>b</sup>	۰/۰۰	۳/۸۶ <sup>a</sup>	۰/۹۳ <sup>a</sup>	۰/۵۳ <sup>a</sup>	۰/۱۳ <sup>a</sup>	No
۰/۰۰ <sup>b</sup>	۰/۰۰ <sup>b</sup>	۰/۰۰	۳/۷۳ <sup>a</sup>	۰/۸۰ <sup>a</sup>	۰/۱۳ <sup>a</sup>	۰/۱۳ <sup>a</sup>	L
۰/۰۰ <sup>b</sup>	۰/۰۰ <sup>b</sup>	۰/۰۰	۰/۶۶ <sup>a</sup>	۰/۹ <sup>a</sup>	۰/۰۰ <sup>b</sup>	۰/۰۰ <sup>a</sup>	M
۰/۰۰ <sup>b</sup>	۰/۰۰ <sup>b</sup>	۰/۰۰	۰/۵۱ <sup>a</sup>	۰/۰۰ <sup>b</sup>	۰/۰۰ <sup>b</sup>	۰/۰۰ <sup>a</sup>	H

L: سوختگی ضعیف، M: سوختگی میانه و H: سوختگی شدید (در هر زمان نمونه‌برداری در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری ندارند).

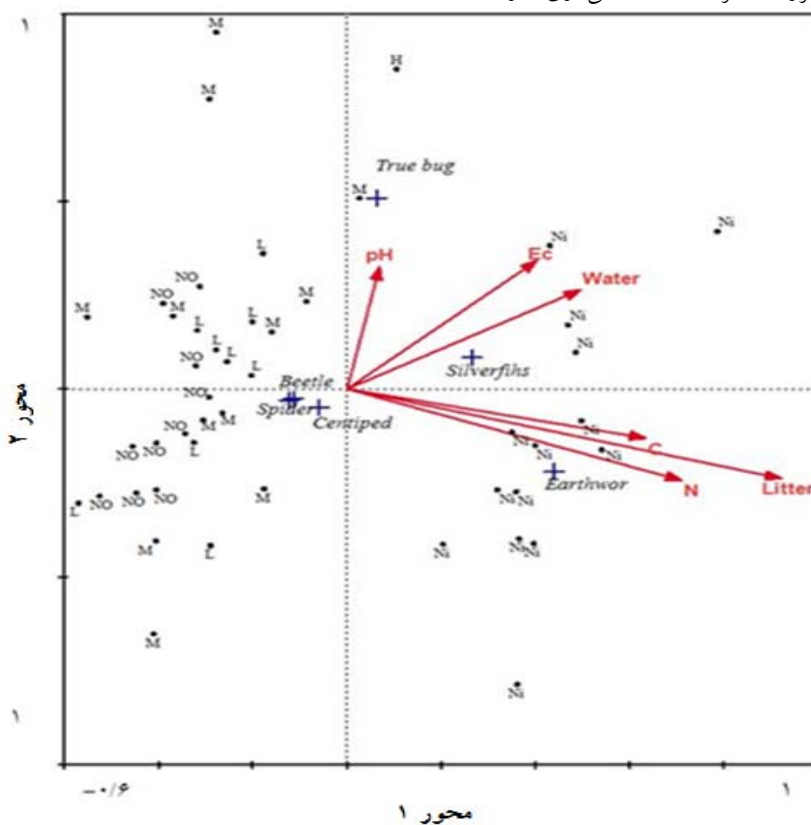
Ni (None-burned & inside of sprout clumps)  
 درون جست‌گروه نسوخته، No (None-burned & outside of sprout clumps)  
 بیرون جست‌گروه نسوخته،

جدول ۲- میانگین ویژگی‌های خاک در تیمارهای مورد بررسی و گروه‌بندی آنها با استفاده از آزمون دانکن در نخستین و دومین نمونه‌برداری

لاشبرگ (cm)	رطوبت (%)	Ec ( $\mu\text{S/cm}$ )	pH	N (g/kg)	C (g/kg)	درجه سوختگی	زمان نمونه‌برداری
۱۵	۳۷/۰۰ <sup>ab</sup>	۳۶۷/۶۱ <sup>b</sup>	۷/۶۶ <sup>c</sup>	۶/۶۰ <sup>a</sup>	۶۵/۲۰ <sup>a</sup>	Ni	۱۳ ماه پس از آتش- سوزی (پاییز ۹۰)
۰	۲۲/۴۰ <sup>c</sup>	۲۱۱/۴۰ <sup>c</sup>	۷/۶۱ <sup>c</sup>	۲/۶۳ <sup>d</sup>	۲۷/۴۷ <sup>d</sup>	No	
۰	۲۱/۷۰ <sup>c</sup>	۲۱۰/۶۷ <sup>c</sup>	۷/۶۳ <sup>c</sup>	۲/۶۳ <sup>d</sup>	۲۳/۸۰ <sup>d</sup>	L	
۱	۳۸/۶۰ <sup>a</sup>	۳۹۴/۶۰ <sup>ab</sup>	۷/۷۳ <sup>b</sup>	۵/۵۵ <sup>b</sup>	۵۶/۰۸ <sup>b</sup>	M	
۰	۳۴/۵۰ <sup>b</sup>	۴۱۲/۲۰ <sup>a</sup>	۷/۹۶ <sup>a</sup>	۴/۶۳ <sup>c</sup>	۳۵/۹۵ <sup>c</sup>	H	
۱۵	۲۵/۶۸ <sup>a</sup>	۳۶۳/۳۱ <sup>a</sup>	۷/۶۱ <sup>c</sup>	۶/۷۳ <sup>a</sup>	۷۰/۳۱ <sup>a</sup>	Ni	۲۰ ماه پس از آتش- سوزی (بهار ۹۱)
۰	۶/۲۳ <sup>c</sup>	۱۹۳/۰۸ <sup>b</sup>	۷/۵۷ <sup>c</sup>	۲/۷۵ <sup>cd</sup>	۳۱/۰۰ <sup>cd</sup>	No	
۰	۵/۶۴ <sup>c</sup>	۲۰۷/۵۹ <sup>b</sup>	۷/۶۲ <sup>c</sup>	۲/۶۱ <sup>d</sup>	۲۵/۲۳ <sup>d</sup>	L	
۲	۱۴/۶۹ <sup>b</sup>	۳۷۴/۳۶ <sup>a</sup>	۷/۷۴ <sup>b</sup>	۵/۵۱ <sup>b</sup>	۵۸/۲۲ <sup>b</sup>	M	
۰	۷/۸۵ <sup>c</sup>	۳۸۴/۱۸ <sup>a</sup>	۷/۹۹ <sup>a</sup>	۴/۵۹ <sup>c</sup>	۳۲/۸۱ <sup>c</sup>	H	

Ni: درون جست‌گروه نسوخته، No: بیرون جست‌گروه نسوخته، L: سوختگی ضعیف، M: سوختگی میانه و H: سوختگی شدید (در هر زمان نمونه‌برداری

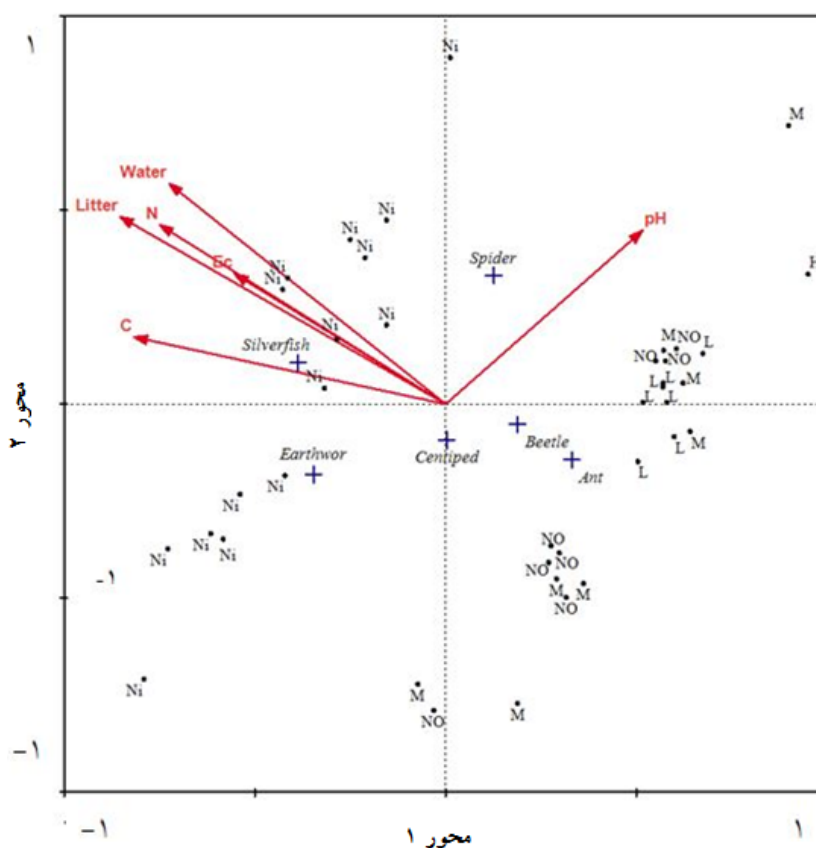
در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری ندارند).



شکل ۴- نمودار رج‌بندی CCA برای ارتباط شدت آتش‌سوزی، فاکتورهای خاکی و ماکروفون خاک در نخستین آماربرداری. Ni: درون جست‌گروه نسوخته، No: بیرون جست‌گروه نسوخته، L: سوختگی ضعیف، M: سوختگی میانه و H: سوختگی شدید.

ماکروفون خاک به همراه فاکتورهای خاکی به ترتیب ۵۳/۸ و ۲۲/۵ درصد و روی هم رفته ۷۶/۳ درصد از واریانس داده‌ها را بیان می‌کنند (جدول ۳). همبستگی بین فاکتورهای خاکی و محورها نشان داد که لاشبرگ، کربن، نیتروژن و رطوبت خاک با مقادیر ۰/۸۱، ۰/۸۵، ۰/۷۵ و ۰/۷۲ به ترتیب بیشترین همبستگی را با محور نخست CCA دارند (جدول ۴).

در دومین نمونه‌برداری (۲۰ ماه پس از آتش) نیز نمونه‌های مربوط به درون جست‌گروه‌ها در جایگاه آتش‌سوزی نشده از سایر تیمارها جدا شده و در سمت منفی محور نخست جای گرفتند (شکل ۵). همچنان که دیده می‌شود در اینجا نیز ماهی نقره‌ای و کرم خاکی به همراه سایر ویژگی‌های خاک (بجز pH) در سمت منفی محور ۱ جای گرفته‌اند. محور اول و دوم بدست‌آمده از



شکل ۵- نمودار رج‌بندی CCA برای ارتباط شدت آتش‌سوزی، فاکتورهای خاکی و ماکروفون خاک در دومین نمونه‌برداری. Ni: درون جست‌گروه نسوخته، No: بیرون جست‌گروه نسوخته، L: سوختگی ضعیف، M: سوختگی میانه و H: سوختگی شدید.



جدول ۳- خلاصه آماره‌های آنالیز تطبیقی متعارفی در اولین و دومین نمونه برداری

زمان نمونه برداری	آماره	محور				
		۱	۲	۳	۴	کل
۱۳ ماه پس از آتش سوزی (پاییز ۹۰)	ارزش ویژه	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۲/۳
	همبستگی ماکروفون- فاکتور خاکی	۰/۷	۰/۵	۰/۳	۰/۲	---
	واریانس تجمعی ماکروفون‌ها	۹/۷	۱۵/۷	۱۷/۸	۱۸/۹	---
	واریانس تجمعی ماکروفون - فاکتور خاکی	۵۰/۸	۸۱/۸	۹۲/۸	۹۸/۹	---
۲۰ ماه پس از آتش سوزی (بهار ۹۱)	ارزش ویژه	۰/۳	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۲/۳
	همبستگی ماکروفون- فاکتور خاکی	۰/۸	۰/۵	۰/۵	۰/۳	---
	واریانس تجمعی ماکروفون‌ها	۱۴/۸	۲۰/۹	۲۵/۱	۲۶/۹	---
	واریانس تجمعی ماکروفون - فاکتور خاکی	۵۳/۸	۷۶/۳	۹۱/۴	۹۸/۰	---

جدول ۴- همبستگی ویژگی‌های خاک با یگان‌های نمونه برداری در آنالیز تطبیقی متعارفی

زمان نمونه برداری	ویژگی‌های خاک	همبستگی	
		محور ۱	محور ۲
۱۳ ماه پس از آتش سوزی (پاییز ۹۰)	EC	۰/۴	۰/۳
	pH	۰/۱	۰/۳
	N	۰/۷	-۰/۲
	C	۰/۶	-۰/۱
	Water	۰/۵	-۰/۳
	Litter	۰/۹	-۰/۲
۲۰ ماه پس از آتش سوزی (بهار ۹۱)	EC	-۰/۶	۰/۳
	pH	۰/۵	۰/۴
	N	۰/۸	۰/۵
	C	-۰/۸	۰/۱
	Water	-۰/۷	۰/۶
	Litter	-۰/۹	۰/۵

## بحث

این پژوهش نشان داد که ویژگی‌های خاک در جایگاه آتش سوزی نشده، در درون جست گروه‌ها و بیرون از آنها یکسان نیست. به گونه‌ای که اندازه کربن آلی، نیتروژن،

هدایت الکتریکی، رطوبت و لاشبرگ در درون جست- گروه‌ها به طور معنی داری بیشتر از بیرون از آنها یعنی کف جنگل است. از سویی همان گونه که دیده شد، ماهی نقره- ای و کرم خاکی تنها در درون جست گروه‌ها دیده شدند.

García- *et al* (2010) گفته (1999). در تأیید این Domínguez نیز در پژوهشی در بررسی آتش سوزی تجویزی (ضعیف) بر ماکروفون خاک و پیوند آن با عوامل محیطی، نشان دادند که آتش سوزی ضعیف تأثیر معنی-داری بر تنوع ماکروفون خاک ندارد، گرچه یافته‌های آنالیز تطبیقی متعارفی نشان داد که تغییر جمعیت در برخی از ماکروفون خاک به دلیل دگرگونی در متغیرهای محیطی شامل ژرفای لاشبرگ، پوشش گیاهی و چوب‌های پوسیده بود. البته یافته‌های پژوهش Ferrenberg *et al* (2006) نشان داد که آتش سوزی با شدت ضعیف، جمعیت بندپایان خاک را افزایش داد.

در مورد سوختگی‌های شدید و میانه که درون سیستم درونی خاک رخ می‌دهد، وابستگی فاکتورهای فیزیکی-شیمیایی خاک با ویژگی‌های زیستی آن بسیار پیچیده بوده و به سادگی پوشش گیاهی که در بالای خاک پدید می‌آید نمی‌توان در مورد آن نظر داد (Neary *et al.*, 1999). با نگرش به کاهش تأخیری ماکروفون خاک در سوختگی میانه به نظر می‌رسد که در این شدت سوختگی اثر غیرمستقیم آتش بارزتر بوده است. در این باره پژوهش-های پیشین تأیید می‌کنند که پاسخ ماکروفون خاک به آتش می‌تواند بی‌درنگ و کوتاه‌مدت و یا کند و بلندمدت باشد (Abbott, 2003; Underwood & Quinn, 2010) که پیامد اثر مستقیم گرمای ایجاد شده یا غیرمستقیم آن یعنی تغییر در فاکتورهای خاکی و شرایط محیطی خاک است (Bogorodskaya *et al.*, 2010). به دیگر سخن می-توان گفت که در سوختگی میانه ۱۳ ماه پس از آتش-سوزی به دلیل وجود بازمانده اجساد سایر جانداران در خاک، منبع تغذیه‌ای برای ماکروفون خاک فراهم بوده و برای مدتی توانسته‌اند از این منبع استفاده کرده و جمعیت آنها نسبت به جایگاه نسوخته کاهش معنی‌داری نداشته باشد، ولی کاهش آنها در ۲۰ ماه پس از آتش سوزی، پیامد کاهش منابع تغذیه‌ای بوده است (Underwood & Quinn, 2010).

اما با نگرش به گروه‌بندی اکولوژیک کرم‌های خاکی بر پایه جدول Bouche (Edwards & Bohlen, 1996)، کرم-های خاکی برداشت شده همگی مربوط به گروه اکولوژیک ای‌ژیک بودند. از ویژگی‌های این گروه اندازه کوچک آنها و وابسته بودن به منابع غذایی لاشبرگ است، به همین دلیل بیشتر در لایه‌های رویین خاک و روی لاشبرگ‌ها دیده می‌شوند (Edwards & Bohlen, 1996; Safari-Sinegani, 2011). همچنین دلیل تمرکز ماهی-نقره‌ای‌ها در درون خرد زیستگاه جست‌گروه‌ها می‌تواند وابستگی تغذیه‌ای آنها به منابع سلولوزی (Tabadakani, 2009) باشد که تجمع زیاد لاشبرگ در درون خرد زیستگاه جست‌گروه‌ها این منبع غذایی را برای آنها فراهم آورده است. یافته‌های آنالیز تطبیقی متعارفی نشان داد که نمونه‌های وابسته به خرد زیستگاه درون جست‌گروه‌های نسوخته (Ni) با فاکتورهای خاکی شامل اندازه کربن آلی، نیتروژن، هدایت الکتریکی، رطوبت و لاشبرگ و همچنین ماکروفون خاک مانند ماهی‌نقره‌ای و کرم خاکی با هم در ارتباط نزدیک هستند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که سوختگی ضعیف (بیرون جست‌گروه‌ها) نسبت به بیرون جست‌گروه‌ها در جایگاه نسوخته، نه تنها تغییر معنی‌داری در ویژگی‌های خاک نداشت، بلکه بر حضور نوع ماکروفون خاک نیز تأثیر معنی‌داری نداشت. همچنین در آنالیز تطبیقی متعارفی نیز پراکنش نمونه‌های مربوط به آتش سوزی ضعیف (L) در هر دو زمان نمونه‌برداری همانند نمونه‌های مربوط به بیرون جست‌گروه‌ها در جایگاه آتش سوزی نشده بود و در راستای وارونه بردارهای ویژگی‌های خاک جای گرفتند. چون اندازه این ویژگی‌ها در درون جست‌گروه‌ها بیشتر بود. وجود پوشش علفی در کف جنگل گرچه انرژی گرمایی آزاد شده (Fire intensity) زیادی را طی زمان سوختن می‌تواند داشته باشد ولی چون این گرمایش زودگذر است، ژرفای اثر آن کم بوده و به دیگر سخن شدت آن (Fire severity) ضعیف است (Neary *et al.*).

دلیل شناساندن جایگاه و همچنین آقایان مهندس تقی توحیدی و فرزاد جلیلیان از اعضای هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، به علت شناسایی نمونه‌های ماکروفون خاک نهایت سپاسگزاری را داشته باشیم.

### منابع مورد استفاده

#### References

- Abbott, I., Burbidge, T., Strehlow, K., Mellican, A. and Wills, A., 2003. Logging and burning impacts on cockroaches, crickets and grasshoppers, and spiders in Jarrah forest, Western Australia. *Forest Ecology and Management*, 174: 383-399.
- Apigian, K.O., Dahlsten, D.L. and Stephens, S.L., 2006. Fire and fire surrogate effects on leaf litter arthropods in a western Sierra Nevada mixed-conifer forest. *Forest Ecology and Management*, 221: 110-122.
- Ayuke, F.O., Karanja, N.K., Muya, E.M., Musombi, B.K., Mungatu, J. and Nyamasyo, G.H.N., 2009. Macrofauna diversity and abundance across different land use systems in EMBU, Kenya. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 11: 371-384.
- Barker, S.C., Richardson, A.M.M., Seeman, O.D. and Barmuta, L.A., 2004. Does clearfell, burn and sow silviculture mimic the effect of wildfire? A field study and review using litter beetles. *Forest Ecology and Management*, 199: 443-448.
- Bogorodskaya, A.V., Krasnoshchekova, E.N., Bezkorovainaya, I.N. and Ivanova, G.A., 2010. Post-fire transformation of microbial communities and invertebrate complexes in the Pine forest soils, Central Siberia. *Contemporary Problems of Ecology*, 36: 653-659.
- Bowman, D.M.J.S., Balch, K., Artaxo Ond, P. W.J., Carlson, J.M. and Cochrane, M.A., 2009. Fire in the earth system. *Science*, 324: 481-484.
- Bremner, J.M., 1996. Nitrogen-Total: 1085-1123. In: Sparks, D.L. (ed.). *Methods of soil analysis, Part 3-chemical methods*. SSSA book series: 5. American Society of Agronomy, Inc. 1309 p.
- Brown, G.G., Pasini, A., Benito, N.P., de Aquino, A.M. and Correia, M.E.F., 2001. Diversity and functional role of soil macrofauna communities in Brazilian no-tillage agroecosystems: a preliminary analysis. *International symposium on managing biodiversity in agricultural ecosystems*, Montreal, Canada, 8-10 Nov. 2001: 1-20.
- Burrows, N.D., 2008. Linking fire ecology and fire management in south-west Australian forest landscapes. *Forest Ecology and Management*, 255: 2394-2406.
- Callahan, M.A.Jr., Blair, J.M., Todd, T.C., Kitchen, D.J. and Whiles, M.R., 2003. Macro-invertebrates in North American tallgrass prairie soils: effects of fire, mowing, and fertilization on density and biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, 35: 1079

آتش‌سوزی با نگرش به شدت آن، اندازه کربن و نیتروژن خاک را کاهش داده و pH و EC خاک را در دماهای بالا و در کوتاه‌مدت افزایش می‌دهد (Certini, 2005). در این پژوهش از یک سو یافته‌های سنجش میانگین این فاکتورها نشان‌دهنده کاهش معنی‌دار آنها در سوختگی شدید و میانه بود و از سوی دیگر یافته‌های آنالیز تطبیق متعارفی (CCA) نیز تأییدکننده این است که نمونه‌های مربوط به سوختگی شدید و میانه (H و M) با فاکتورهای خاکی شامل کربن، نیتروژن، لاشبرگ و رطوبت خاک، دارای ارتباط منفی هستند. یادآوری می‌شود که این فاکتورها به‌عنوان موثرترین فاکتورها در استخراج محورها در آنالیز CCA بودند.

با جمع‌بندی یافته‌های بدست‌آمده می‌توان گفت که در بررسی آتش‌سوزی و اثرات آن بر خاک باید شدت آن در نظر گرفته شود، زیرا همان‌گونه که یافته‌های این پژوهش نشان داد شدت‌های گوناگون می‌تواند اثرات گوناگونی بر ویژگی‌های زیستی و فیزیکی- شیمیایی خاک بگذارد. با نگرش به یافته‌های این پژوهش می‌توان گفت که در جنگل‌های زاگرس سوختگی‌های ضعیف که در کف جنگل با پوشش علفی است، تأثیر منفی معنی‌داری بر ماکروفون و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نمی‌گذارد، ولی درون جست‌گروه‌ها دارای خرد زیستگاه ویژه‌ای است که از یک طرف به دلیل وجود لاشبرگ و مواد آلی زیاد و همچنین نور کم و رطوبت بیشتر می‌تواند شرایط مناسبی برای حضور جمعیت‌های ماکروفون خاک باشد و از طرف دیگر به دلیل مواد سوختنی زیاد به آتش-سوزی حساس‌تر بوده و شدت آتش‌سوزی در آنها می‌تواند به اندازه‌ای زیاد باشد که اثرات منفی زیادی بر جای بگذارد که حتی تا بیش از یکسال و نیم پس از آتش‌سوزی نیز ادامه داشته باشد. بنابراین برای بررسی اثرات بلندمدت آتش‌سوزی در سوختگی‌های شدید و میانه نیاز به انجام پژوهش‌های بلندمدت می‌باشد.

### سپاسگزاری

بر خورد لازم می‌دانیم که از آقای مهندس زنگنه، کارشناس محترم اداره کل منابع طبیعی استان کرمانشاه به

- 199-224. In: Page, A.L. (ed.). Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy, SSSA, Madison, WI, 1159 p.
- Mesdaghi, M., 2005. Plant ecology. Jahad Daneshgahi Publishers, Mashhad, 187 p.
- Neary, D.G., Klopatek, C.C., DeBano, L.F. and Ffolliott, P.F., 1999. Fire effects on below-ground sustainability: A review and synthesis. *Forest Ecology and Management*, 122: 51-71.
- Pourreza, M., Safari, H., Khodakarami, Y. and Mashayekhi, S.H., 2009. Preliminary results of post fire resprouting of manna oak (*Quercus brantii* Lindl.) in the Zagros forests, Kermanshah. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 17(2): 225-236.
- Rousseau, G.X., Santos Silva, P.R.D. and Reis de CaRvalho, C.J., 2010. Earthworms, Ants and other arthropods as soil health indicators in traditional and no-fire agro-ecosystems from eastern Brazilian Amazonia. *Acta Zoologica Mexicana*, 2: 117-134.
- Safari-Sinegani, A.A., 2011. Soil biology and biochemistry (Second edition). Hamedan Bu-Ali Sina University, 520 p.
- Sagheb-Talebi, K.H., Sajedi, T. and Yazdian, F., 2004. Forests of Iran. Research Institute of Forests & Rangelands, Technical Publication, 29 p.
- Sayad, E., Hosseini, S.M., Hosseini, V., Jalali, S.G. and Salehe Shooshtari, M., 2010. Effect of *Eucalyptus camaldulensis*, *Acacia salicina* and *Dalbergia sisso* on soil macrofauna. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 17: 560-567.
- Sileshi, G., 2008. The excess-zero problem in soil animal count data and choice of appropriate models for statistical inference. *Pedobiologia*, 52: 1-17.
- Sileshi, G., and Mafongoya, P.L., 2006. The short-term impact of forest fire on soil invertebrates in the miombo. *Biodiversity Conservation*, 15: 3153-3160.
- Tabadakani, S.M., 2009. Insect systematic. Jahad daneshgahi, Tehran, 509 p.
- ter Braak, C.J.F. and Šmilauer, P., 2002. CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows User's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputer Power, New York, 500 p.
- Uetz, G.W., 1979. The influence of variation in litter habitats on spider communities. *Oecologia*, 40: 29-42.
- Underwood, E.C. and Quinn, J.F., 2010. Response of ants and spiders to prescribed fire in oak woodlands of California. *Journal of Insect Conservation*, 14:359-366.
- Villa-Castillo, J. and Wagner, M.R., 2002. Ground beetle (Coleoptera: Carabidae) species assemblage as indicator of forest condition in northern Arizona ponderosa pine forests. *Environment Entomology*, 31: 242-252.
- Walkley, A. and Black, I.A., 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37: 29-38.
- Wikars, L. and Schimmel, J., 2001. Immediate effects of fire-severity on soil invertebrates in cut and uncut pine forests. *Forest Ecology and Management*, 141: 189-200.
- 1093.
- Certini, G., 2005. Effects of fire on properties of forests soils: A review. *Oecologia*, 143: 1-10.
- Dress, W.J. and Boerner, R.E.J., 2004. Patterns of micro-arthropod abundance in oak-hickory ecosystems in relation to prescribed fire and landscape position. *Pedobiologia*, 48: 1-8.
- Edwards, C.A. and Bohlen, P.J., 1996. Biology and ecology of earthworms. 3<sup>rd</sup> edition. Chapman and Hall, London, 426 p.
- Ferrenberg, S.M., Schwilk, D.W., Knapp, E.E., Groth, E. and Keeley, J.E., 2006. Fire decreases arthropod abundance but increases diversity: early and late season prescribed fire effects in a Sierra Nevada mixed-conifer forest. *Fire Ecology*, 2: 79-102.
- García-Domínguez, C., Arévalo, J.R. and Calvo, L., 2010. Short-term effects of low-intensity prescribed fire on ground-dwelling invertebrates in a Canarian pine forest. *Forest Systems*, 19: 112-120.
- Gardner, W.H. 1986. Water Content: 493-544. In: Klute, A. (ed.), Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. 2nd ed. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, WI.
- Gholami, S.H., Hosseini, S.M., Mohammadi, J. and Mahini, A.S., 2001. Spatial variability of soil macrofauna biomass and soil properties in riparian forest of Karkhe River. *Journal of Water and Soil*, 25: 248-257.
- González-Pérez, J.A., González-Vila, F., Almendros, G. and Knicker, H., 2004. The fire effect on soil organic matter: a review. *Environment international*, 30: 855-870.
- Hölldobler, B. and Wilson, E.O., 1990. The Ants. Springer, Berlin, 732 p.
- James, S.W., 1982. Effects of fire and soil type on earthworm populations in a tallgrass prairie. *Pedobiologia*, 24: 37-40.
- Kalisz, P.J. and Powell, J.E., 2000. Effect of prescribed fire on soil invertebrates in upland forests on the Cumberland Plateau of Kentucky, USA. *Natural Areas Journal*, 20: 336-341.
- Keeley, J.E., 2009. Fire intensity, fire severity and burn severity: A brief review and suggested usage. *International Journal of Wildland Fire*, 18: 116-126.
- Lal, R., 1988. Effects of macrofauna on soil properties in tropical ecosystems. *Agricultural Ecosystem Environment*, 24: 101-116.
- Lavelle, P., Senapati, B. and Barros, E., 2003. Soil macrofauna: 303-323. In: Schroth, G., Sinclair, F.L. (eds.), Trees, crops and soil fertility: concepts and research methods. CAB International, Wallingford, 437p.
- Lavorel, S., Flannigan, M.D., Lambin, E.F. and Scholes, M.C., 2007. Vulnerability of land systems to fire: interactions among humans, climate, the atmosphere, and ecosystems. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12: 33-53.
- McIver, J.D., Parsons, G.L. and Moldenke, A.R., 1992. Litter spider succession after clear-cutting in a western coniferous forest. *Canadian Journal of Forest Research*, 22: 984-992.
- McLean, E.O., 1982. Soil pH and lime requirement:

## Effect of fire severity on soil macrofauna in Manna oak coppice forests

Morteza pourreza<sup>1</sup>, Seyed Mohsen Hosseini<sup>2\*</sup>, Ali Akbar Safari Sinegani<sup>3</sup>, Mohammad matinizadeh<sup>4</sup>  
and Warren Dick<sup>5</sup>

1-PhD student, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources and Marin Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, I.R. Iran.

2\*- Corresponding Author, Associate professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources and Marin Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, I.R.Iran. Email: Hosseini@modares.ac.ir

3-Professor, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, I.R. Iran.

4-Assistant Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, I.R. Iran.

5-Professor, School of Environment and Natural Resources, Ohio State University, USA.

Received: 29.11.2012

Accepted: 23.07.2013

### Abstract

Regarding the importance of Zagros forest ecosystems and the recent wildfires, interaction between fire severity and soil properties and macrofauna was investigated in this study. For this purpose three burning severity levels including: low (occurred at forest floor or outside oak sprout clumps), moderate and high severity (occurred inside the oak sprout clumps) were considered and compared respectively to control plots inside and outside the oak sprout clumps. Fifteen  $0.5 \times 0.5 \times 0.2$  m. sample plots were randomly selected for each above-mentioned treatment along transects in the both burned and control blocks. Sampling was performed for two times, including 13 months (autumn) and 20 months (spring) after fire. Soil macrofauna were hand sorted and classified after their determination. Results indicated that low burning level changed neither the soil properties nor the macrofauna total number, whereas high burning level changed significantly both the macrofauna total number and the soil properties. Presence of earthworm and silverfish was positively correlated to litter thickness, soil organic carbon, nitrogen and moisture, based on canonical correspondence analysis (CCA), whereas elimination of earthworm and silverfish was positively correlated to decrease of the soil and litter properties at moderate and high burning levels.

**Keywords:** CCA, earthworm, silver fish, organic carbon, sprout clump.