

تأثیر آتش سوزی بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک اکوسیستم‌های جنگلی

مریم مصلحی^{۱*}

Maryam.moslehi508@gmail.com

هاشم حبشی^۲

اکرم احمدی^۱

چکیده

آتش سوزی یکی از رخداد‌های مهم و رایج در کلیه اکوسیستم‌های جنگلی است که تأثیرات بسیار پیچیده‌ای بر روی خصوصیات خاک دارد. تغییرات در خصوصیات فیزیکی (تخریب ساختار و تخلخل خاک، افزایش رواناب و فرسایش)، شیمیایی (کاهش مواد آلی، تبخیر کاتیون‌ها، تغییر در ذخایر عناصر غذایی و چرخه آن‌ها) و بیولوژیکی خاک (کاهش در گونه‌های میکرو و ماکروفون‌ها و تغییر جمعیت میکربی) توسط آتش می‌تواند سبب تغییر در پوشش و فعالیت‌های گیاهی گردد. آتش سوزی‌های شدید در جنگل، همچنین با ایجاد ترکیبات آلی با خاصیت آب‌گریزی در خاک منجر به کاهش نفوذپذیری آب گردیده و بازده چرخه هیدرولوژیکی را کاهش می‌دهد. خاک، آب و موجودات زنده از عوامل موثر در تعادل و پایداری اکوسیستم جنگلی می‌باشد که هر سه آن تحت تأثیر آتش سوزی‌های شدید تخریب می‌گردد لذا در این تحقیق به بررسی تأثیرات آتش سوزی جنگل بر خصوصیات مختلف خاک که در نگهداشت سلامت اکوسیستم موثر می‌باشند، پرداخته شده است.

کلمات کلیدی: آتش سوزی، خصوصیات خاک، اکوسیستم‌های جنگلی.

۱- دانشجوی دکتری جنگل شناسی و اکولوژی جنگل دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان* (مسئول مکاتبات)

۲- استادیار دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

بخش زیرزمینی از یک طرف نیاز آبی و غذایی پوشش گیاهی را برطرف نموده و جریان عناصر غذایی و ذخیره آن‌ها را از طریق کنترل فرایندهای بیوژئوشیمیایی، میکروبی و فیزیکی تنظیم می‌نماید و از طرف دیگر محل انجام فرآیندهای حساس (چرخه‌های آب و بیوژئوشیمیایی)، زیستگاهی مناسب برای زندگی باکتری‌ها، قارچ‌ها (میکرو و ماکروفون‌ها) و ذخیره‌گاه عناصر غذایی برای موجودات زیرزمینی و روزمینی است (۱) که نتیجه کلیه این روابط پیچیده، پایداری بخش زیرزمینی و روزمینی و به‌طور کلی اکوسیستم است که آتش‌سوزی‌های شدید عامل مخرب این روابط پیچیده است. در حقیقت آتش با تغییر در خصوصیات خاک بعد از آتش‌سوزی منجر به تغییرات آب، پوشش گیاهی و موجودات زنده گردیده (۲) و بدین ترتیب اکوسیستم را از تعادل خارج می‌نماید.

شدت آتش که توسط فاکتورهای محیطی مانند مقدار، طبیعت و رطوبت سوخت زنده و مرده (پوشش گیاهی زنده و پوشش مرده)، درجه حرارت، رطوبت، سرعت باد و توپوگرافی کنترل می‌گردد (۳)، بر خصوصیات خاک تأثیرات متفاوتی دارد. دی بانو (۱۹۹۰) در تحقیق خود گزارش نمود که آتش‌سوزی شدید بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک تأثیر گذاشته و منجر به کاهش مواد آلی و افزایش بعضی از کاتیون‌ها و تبخیر عناصر گوگرد، نیتروژن و فسفر می‌گردد. همچنین میزان نفوذپذیری خاک، فضای بین ذرات و میکروارگانیسم‌های خاک تحت تأثیر آن تغییر می‌کند. پریتو فرناندز و همکاران (۱۹۹۸) در بررسی خصوصیات بیولوژیکی خاک جنگل‌های کاج، به این نتیجه رسیدند بلافاصله بعد از واقعه آتش‌سوزی طبیعی، بیومس میکروبی در لایه سطحی (۵-۰ سانتی‌متر) تقریباً ناپدید شد و در لایه (۱۰-۵ سانتی‌متر) تا ۵۰ درصد کاهش یافت. نیری و همکاران (۱۹۹۹) در بررسی تأثیر آتش بر پایداری بخش زیرزمین بیان نمودند که آتش‌سوزی‌های شدید منجر به تغییر در نرخ معدنی شدن و نسبت کربن به نیتروژن و در نتیجه کاهش عناصر غذایی می‌گردد. ضمن اینکه تخریب خصوصیات فیزیکی خاک و تغییر

چرخه هیدرولوژی، کاهش میکروفانا، ماکروفانا و جمعیت میکربی را نیز در پی دارد. بادیا و مارتیا (۲۰۰۳) در تحقیق تأثیر شدت گرما بر خصوصیات شیمیایی خاک گزارش نمودند افزایش اسیدیته خاک تحت تأثیر آتش ناچیز بود ولی ظرفیت تبادل کاتیونی کاهش یافت. سرتینی (۲۰۰۵) در بررسی تاثر آتش بر خصوصیات خاک مشاهده کردند وزن مخصوص ظاهری خاک بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت. یلدیز و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی تاثر آتش‌سوزی بر خاک در جنگل کاج بروسیا در ترکیه نشان دادند آتش بر خصوصیات خاک تأثیر گذاشته و ذخیره عناصر غذایی خاک، کربن، منیزیم و ظرفیت تبادل کاتیونی را کاهش می‌دهد. محمد عارف و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی تاثر آتش بر خصوصیات خاک گزارش نمودند آتش بر بافت خاک تأثیر خاصی نداشت ولی نیتروژن و مواد آلی کاهش و اسیدیته افزایش یافت و منجر به تغییر مولیبدن، کبالت، نیکل و سرب گردید. ورما و جایکمار (۲۰۱۲) در تحقیق تاثر آتش‌سوزی جنگل بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک نشان دادند عناصر غذایی کم‌مصرف و پر مصرف، خصوصیات فیزیکی خاک مانند بافت، رنگ، اسیدیته و جانداران خاکری تحت تأثیر آتش‌سوزی تغییر می‌کند. در واقع آتش‌سوزی‌های شدید کاهش میزان مواد آلی، تبخیر عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و گوگرد، مرگ میکروب‌ها، فرسایش خاک و افزایش دفع آب را در پی دارد که بسته به شدت آتش، میزان سوخت و رطوبت خاک متفاوت است.

به‌طور کلی تخریب مولفه‌های خاک، پیامدهای سریع ولی طولانی مدتی بر کل اکوسیستم دارد (۱۱). با وجود تأثیر عظیمی که خاک و مولفه‌های آن بر بیوسفر و پایداری اکوسیستم‌های خشکی (۲) به‌ویژه جنگل دارد هنوز عوامل طبیعی و غیرطبیعی موثر بر خصوصیات آن، به درستی مورد بررسی قرار نگرفته است لذا در این تحقیق به بررسی تأثیرات آتش‌سوزی جنگل بر خصوصیات مختلف خاک که در حفظ

بسیار متغیر است و روند تغییرات و تاثیرپذیری آن‌ها در خاک‌ها و آتش‌سوزی‌های متفاوت یکسان نیست اما بطور کلی روند تغییرات آن، روندی کاهشی است.

۲- دینامیک عناصر غذایی

عناصر غذایی موجود در بقایای گیاهی و ماده آلی خاک طی فرایند تجزیه به‌وسیله تجزیه‌کنندگان در محیطی که درجه حرارت به‌ندرت به ۳۸ درجه سانتی‌گراد می‌رسد و رطوبت کافی برای پایداری فعالیت میکروبی در دسترس می‌باشد، انجام می‌گیرد. در چنین شرایطی، میکروارگانیزم‌های خاک، مواد آلی را تجزیه نموده و بسیاری از عناصر ضروری مورد نیاز گیاه را به آهستگی آزاد می‌نماید (۱۷). آتش‌سوزی‌های طبیعی، بر خصوصیات شیمیایی خاک با خاکستر نمودن مواد آلی تاثیر می‌گذارد. تاثیر فوری آتش، سوزاندن عناصر غذایی و تبدیل پیوندهای آلی آن‌ها در پوشش کف، بقایای چوبی و پوشش‌های گیاهی به شکل غیرآلی است. باقی ماندن این عناصر در رویشگاه به شکل جامد یا کاهش آن‌ها از طریق تبخیر بستگی به درجه‌ی حرارت در طول مدت آتش‌سوزی و آستانه حرارتی هریک از عناصر غذایی دارد (۱۲). براساس آستانه حرارتی عناصر غذایی به سه دسته حساس، حساسیت متوسط و نسبتاً غیرحساس تقسیم می‌کنند که نیتروژن و گوگرد با آستانه حرارتی به‌ترتیب ۲۰۰ و ۳۷۵ درجه سانتی‌گراد در گروه عناصر حساس به حرارت قرار می‌گیرند (۱۷) ولی پتاسیم و فسفر در گروه حساسیت متوسط و منیزیم، کلسیم و منگنز با آستانه حرارتی بالا در گروه نسبتاً غیر حساس قرار می‌گیرد (۱۸). لذا به علت پایین‌تر بودن آستانه حرارتی نیتروژن، پتاسیم، فسفر و گوگرد از حرارت شعله سوخت‌های چوبی (۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد)، این عناصر غذایی در طول آتش‌سوزی به راحتی از مواد آلی تبخیر گردیده (۱۷) و در اتمسفر پخش و از دست می‌رود (۱۹). مقدار نیتروژن تبخیر شده طی احتراق، متناسب با مقدار آن در ماده آلی سوخته شده است (۱۸). این ارتباط ممکن است در درجه حرارت پایین‌تر برقرار نباشد (۲۰)، زیرا ماده آلی در درجه حرارت مناسب بدون متصاعد شدن نیتروژن (تبخیر نیتروژن) تجزیه می‌گردد، بنابراین کاهش نیتروژن

سلامت اکوسیستم موثر می‌باشند، پرداخته شد تا بتوان از آن در مدیریت جنگل استفاده نمود.

تاثیر آتش بر خصوصیات شیمیایی خاک

۱- مواد آلی

یکی از مهم‌ترین اثرات آتش در خاک، کاهش ماده آلی است. از لحاظ فیزیکی ماده آلی سطحی لایه محافظ خاک و ماده آلی موجود در آن، اصلاح‌کننده روابط هیدرولوژیکی است (۱۲) بنابراین می‌توان گفت افق آلی خاک به عنوان موثرین عامل پایداری اکوسیستم جنگلی، لایه محافظ خاک در برابر فرسایش، تنظیم‌کننده درجه حرارت، فراهم‌کننده رویشگاه و مواد غذایی برای موجودات خاکزی، مکان اصلی معدنی شدن عناصر غذایی (۱)، ذخیره‌گاه عناصر غذایی و تنظیم‌کننده تبادل آن‌ها بین گیاه و میکرب‌ها، پایداری ساختمان خاک و تشکیل خاکدانه (۹) است که بسته به شدت آتش‌سوزی بخشی از آن یا بطور کامل از بین می‌رود (۱). کاهش مواد آلی بسته به شدت و نوع آتش، خشکی موادآلی سطحی (۱)، رطوبت و نوع خاک و سرشت مواد قابل اشتعال (۱۳) بسیار متغیر است. آتش‌سوزی‌های شدید می‌تواند در رویشگاه‌های خشک بیش از ۵۰ سانتی‌متر ماده آلی روی خاک را حذف کند (۱۲) به‌طوری‌که در حرارت ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد خاک به مدت ۲ ساعت یا ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت فقط نیم ساعت، تقریباً ۹۰ درصد از مواد آلی از بین می‌رود (۱۴). در بعضی از خاک‌ها نیز کاهش سریع مواد آلی بعد از آتش‌سوزی رخ می‌دهد که می‌تواند ناشی از تغییر در خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک (۱۵) و حذف موقتی پوشش علفی باشد. بطور کلی تاثیر آتش به علت نیاز به اکسیژن و رطوبت بالای لایه‌های عمیق‌تر، محدود به ذخایر ماده آلی سطحی می‌گردد. ماده آلی موجود در خاک به علت ترکیب با خاک معدنی در حالت عادی تحت تاثیر آتش‌سوزی قرار نمی‌گیرد ولی در آتش‌سوزی‌های بسیار شدید، نفوذ گرما به سمت پایین می‌تواند ماده آلی کلونیدی (هوموس) را از بین نموده و با سوزاندن ریشه‌های مرده در امتداد آن در خاک نفوذ می‌کند (۱۶). بنابراین می‌توان گفت تاثیر آتش بر مواد آلی

عناصر غذایی، کاهش آن‌ها است که از طریق تبخیر عناصر فرار، به خاطر حرارت بالای آتش رخ می‌دهد (۷).

تاثیر آتش‌سوزی بر خصوصیات فیزیکی خاک

تغییرات آب موجود در خاک و رژیم هیدرولوژیکی اکوسیستم در ارتباط با مقدار لاشبرگ، خشکه‌دارها و ساقه‌های چوبی مصرف شده در طول آتش‌سوزی است. آتش قسمت عمده یا کل پوشش کف و سیستم ریشه‌ای را مصرف می‌نماید و منجر به تغییر در چرخه هیدرولوژیکی می‌گردد (۲۷). در حقیقت یکی از مهم‌ترین تاثیرات آتش بر خصوصیات فیزیکی خاک کاهش ظرفیت ذخیره آب است که ابتدا سرعت نفوذ آب افزایش ولی بعد از مدتی تقلیل می‌یابد (۲۸) که به علت تخریب ساختمان خاک و پرشدن خلل و فرج می‌باشد. ساختمان خاک یکی از خصوصیات مهم خاک به عنوان یکی از عوامل موثر در نفوذ آب (۲۹) بشدت تحت تاثیر مواد آلی خاک قرار دارد (۴). بنابراین سوختن پوشش کف، با تغییری که در ساختمان و بافت خاک ایجاد می‌کند، ظرفیت نگهداری آب را تغییر می‌دهد (۱۴). به‌طور کلی می‌توان گفت مواد آلی (سازنده ساختمان خاک و اصلاح‌کننده خصوصیات فیزیکی خاک) بخش سطحی خاک را تشکیل می‌دهند که از یک‌طرف دارای آستانه تغییر ناپذیری بسیار پایین هستند و از طرف دیگر بطور مستقیم تحت تاثیر آتش‌سوزی قرار دارند (۳۰)، لذا با توجه به نقش شگرف آن در خصوصیات خاک می‌توان گفت، سوختن ماده آلی یکی از مهم‌ترین فرایندهای آتش‌سوزی است که متلاشی شدن ساختمان خاک را به همراه دارد (۲۹) که نتیجه آن کاهش خلل و فرج به‌ویژه خلل و فرج‌های بزرگ، کوبیده شدن بیشتر خاک سطحی در نتیجه ضربات قطرات باران، پر شدن خلل و فرج‌ها و در نهایت کاهش نفوذ آب به علت ایجاد لایه غیرقابل نفوذ سطحی و افزایش رواناب و فرسایش سریع خاک، می‌باشد (۱۴). کاهش خلل و فرج در نتیجه تخریب ساختمان خاک و کانی‌های رسی، افزایش وزن مخصوص ظاهری را نیز در پی دارد (۷) که منجر به کاهش نفوذپذیری آب باران و ریشه می‌گردد (۳۱). یکی دیگر از تغییرات ویژگی‌های خاک که از

متناسب با کاهش مواد آلی نخواهد بود. بیشتر نیتروژن بخار شده (بیش از ۹۹ درصد) به شکل نیتروژن ملکولی برگشت می‌کند (۱۹) و نیتروژنی که تبخیر نمی‌شود در روبشگاه یا در ماده آلی سوخته نشده یا به شکل آمونیم قابل دسترس در خاک باقی می‌ماند (۴) اما عموماً، آتش منجر به کاهش نیتروژن کل می‌گردد (۲۱). ذخیره اصلی فسفر یکی از عناصر غذایی مهم برای رویش گیاهان، در خاک است (۹۴ تا ۹۸٪). لذا سوختن شدید پوشش گیاهی و لاشبرگ آن تاثیری که بر نیتروژن دارد بر ذخیره فسفر ندارد ولی شکل آلی فسفر در لاشریزه برای گیاه قابل دسترس‌تر است. بنابراین، سوختن کامل لاشریزه می‌تواند بر چرخه فسفر تاثیر شدیدی داشته باشد. بنابراین، با توجه به این‌که چرخه فسفر عمدتاً از طریق ذخیره فسفر آلی است حذف کل پوشش گیاهی بطور همزمان توسط آتش‌سوزی، منجر به کاهش ذخیره فسفر آلی با نرخ سریع خواهد شد. این نرخ کاهش، سریع‌تر از آن حدی است که فسفر تولید شده از طریق هوازدگی بتواند جایگزین آن گردد (۲۲) لذا میزان فسفر خاک کاهش می‌یابد ولی میزان کاهش آن کمتر از نیتروژن است. چون فسفر دارای آستانه حرارتی بالاتری از نیتروژن است و در حرارت بالاتری (۷۷۰ درجه سانتی‌گراد) تبخیر می‌شود (۱۸).

بطور کلی عناصر غذایی طی آتش‌سوزی یا به صورت دود از دسترس خارج می‌گردد (فسفر و کاتیون‌ها حین آتش‌سوزی به شکل ذرات در اتمسفر انتشار می‌یابد (۲۳)، یا به شکل خاکستر در سطح خاک نشست می‌کند (۲۴)، یا با تشکیل لایه نفوذناپذیر در خاک و افزایش رواناب و فرسایش، کاهش قابل توجه عناصر غذایی ته‌نشین شده (خاکستر) در لایه سطحی را منجر می‌گردد (۲۵) و یا این‌که در بقایا و گیاهان نیمه‌سوخته بصورت پایدار باقی می‌مانند (۲۶). قابل ذکر است دسترسی گسترده به عناصر غذایی در حالتی که خاکسترهای آلی ناشی از احتراق در سطح خاک نشست می‌کند، چندان قابل توجه نیست زیرا آن‌ها نسبت به آبشویی خاک بعد از آتش‌سوزی، بسیار فرسایش بادی بسیار آسیب پذیر بوده و به سرعت از دست می‌روند (۲۴) بنابراین تاثیر فوری آتش بر

است. تاثیر مستقیم منجر به تغییر کوتاه مدت آن‌ها می‌گردد. در این حالت، هر موجود زنده‌ای در خاک به صورت مستقیم در معرض شعله آتش، حرارت شعله و گازهای داغ قرار می‌گیرد یا در خاک و محیط‌های دیگری که گرمای زیاد به اطراف آن انتقال می‌یابد، اسیر می‌شوند. این افزایش درجه حرارت یا منجر به مرگ آن‌ها می‌گردد و یا آسیب جدی به آن‌ها می‌رساند. تاثیر غیر مستقیم معمولا سبب تغییرات بلندمدت در محیط می‌شود که از طریق تاثیر بر شرایط سالم و مناسب محل زندگی آن‌ها (تاثیر بر زیستگاه، تهیه غذا، رقابت، استقرار و توالی گیاهان و جانوران) رخ می‌دهد (۹).

۱- تاثیر بر میکروارگانیسم‌ها

میکروارگانیسم‌ها، یکی از مهم‌ترین اجزای زنده خاک است که نقش کلیدی را در ایجاد یک خاک سالم و حاصل خیز (۳۶)، چرخه عناصر غذایی و جریان انرژی دارد و بسیار حساس به تغییرات محیطی هستند (۳۷). میکروارگانیسم‌های خاک نقش‌های کاربردی متعددی در اکوسیستم‌های جنگلی دارد. در حقیقت آن‌ها منبع عناصر غذایی، تسریع کننده انتقال عناصر غذایی، مهندسین و نگهدارنده ساختمان خاک هستند و با تشکیل روابط همزیستی با ریشه گیاهان توانایی گیاه را بهبود می‌بخشد (۳۸).

آتش بر بیشتر میکروارگانیسم‌هایی که در خاک زندگی می‌کنند بصورت مستقیم (کشته شدن یا آسیب دیدن) و غیر مستقیم (تغییر شکل مواد آلی خاک و میکروکلیم) تاثیر می‌گذارد (۳۵) و منجر به تغییرات قابل توجهی در آن‌ها و در پی آن بر فرایندهایی مانند چرخه عناصر غذایی می‌گردد (۱). تاثیر فوری آتش بر میکروارگانیسم‌ها، کاهش بیومس آن‌هاست که در آتش‌سوزی‌های شدید رخ می‌دهد زیرا در حداکثر درجه حرارت خود، شرایط لازم برای کشتن اغلب موجودات زنده خاک را فراهم می‌نماید (۲۹). بیشتر موجودات زنده و مواد آلی در سطح یا نزدیک به سطح خاک قرار دارد، که بشدت در معرض پرتوهای گرمایی ناشی از احتراق سوخت‌های آلی سطحی و یا دودهای ناشی از آن قرار دارد لذا بسته به شدت آتش و موجودات زنده موجود در مواد آلی بی‌درنگ کشته

احتراق ناشی از آتش‌سوزی رخ می‌دهد، دفع آب^۱ است. درجه حرارت بالای سطح خاک، مواد آلی را می‌سوزاند (۳۲) که بخش اعظم آن به صورت دود به اتمسفر متصاعد می‌گردد و مقدار اندکی از آن به سمت پایین، در امتداد شیب تغییرات درجه حرارت، در ۵ سانتی‌متری لایه بالایی خاک حرکت نموده و با متراکم شدن خود، لایه نفوذ ناپذیری را تشکیل می‌دهد که مانع نفوذ آب به خاک (۳۳)، کاهش رطوبت، افزایش رواناب، فرسایش، کاهش عناصر غذایی سطوح بالایی خاک و در نهایت خشکی حوضه آبریز می‌گردند (۱).

در مقابل ساختمان خاک، بافت می‌باشد که دارای آستانه حرارتی بسیار بالایی بوده و بشدت در برابر آتش مقاومت می‌کنند مگر این که در لایه سطحی خاک معدنی، تحت تاثیر حرارت‌های بسیار بالا قرار گیرند. در بین بافت‌های مختلف خاک، بافت رسی یکی از حساس‌ترین آن‌ها است که در درجه حرارت‌های بالای خاک (تقریبا ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد)، با شکستن ساختار شبکه‌ای، شروع به تغییر می‌کند ولی در درجه حرارت‌های ۷۰۰ و ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد تخریب کامل ساختار درونی آن اتفاق می‌افتد (۳۴).

تاثیر آتش بر خصوصیات بیولوژیکی خاک

خصوصیات بیولوژیکی خاک شامل یک دامنه وسیعی از موجودات زنده است که در خاک زندگی می‌کنند که فعالیت‌شان بطور مستقیم یا غیرمستقیم بر تولید بلندمدت، کوتاه مدت و پایداری اکوسیستم تاثیر می‌گذارد (۳۵). به‌طورکلی، موجودات خاکزی با نقشی که در افزایش نرخ تجزیه، چرخه نیتروژن، تشکیل هوموس، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، تغذیه و پایداری گیاه دارد، تولید را بشدت تحت تاثیر قرار می‌دهند (۱۴). این موجودات خاکزی مانند همه موجودات زنده برای زندگی در خاک نیاز به دامنه معینی از درجه حرارت، اسیدیته، آب، عناصر غذایی و منبع انرژی کافی دارند که به علت تغییر موارد فوق تحت تاثیر آتش‌سوزی (۵)، تغییر در اجتماع آن‌ها و تولید جنگل را می‌توان انتظار داشت. تاثیر آتش بر موجودات خاکزی بصورت مستقیم یا غیر مستقیم

می‌شوند. از این رو بیشترین تاثیر آتش بر میکروارگانسیم‌ها در لایه آلی و ۱ تا ۲ سانتی متری بالای خاک هست که جمعیت آن‌ها حداکثر فراوانی و حرارت آتش، بیشترین حد خود را دارد (۱۴) که بسته به گونه میکروب‌ها، این گرما می‌تواند کشنده (۲۱۰ درجه سانتی‌گراد) یا تغییر دهنده توانایی تولیدمثل‌شان باشد (۳۸).

۲- تاثیر بر بی‌مهرگان

بی‌مهرگان ساکن خاک، نقش کلیدی در تجزیه لاشریزه، معدنی کردن عناصر غذایی و کربن، تغییر و تبدیل خاک و تشکیل ساختمان آن دارد (۱). اجتماع موجودات داخل پوشش کف و خاک اکوسیستم‌های جنگلی بسیار متنوع بوده و بر فرایندهای اکوسیستم نقش بسیار مهمی دارد. این موجودات تشکیل یک شبکه غذایی بسیار پیچیده‌ای را می‌دهد که مسئول تبدیل بقایای تولید شده در بخش روزمینی و زیرزمینی به مواد آلی ریز مناسب برای فرایند تجزیه، هستند. ضرورت وجود این موجودات خاکریز و درشت به حدی است که در صورت عدم حضورشان، تجزیه لاشریزه متوقف می‌شود (۳۹). به‌طور کلی، تاثیرات مستقیم آتش بر بی‌مهرگان نسبت به میکروارگانسیم‌ها کمتر است. زیرا این موجودات تحرک زیادتری نسبت به آن‌ها دارند، لذا توانایی بیشتری برای حفر تونل به قسمت عمیق‌تر خاک برای فرار از حرارت ناشی از آتش دارند (۷). تحرک بی‌مهرگان با افزایش اندازه بدن‌شان افزایش می‌یابد ولی در آن‌هایی که از لحاظ اندازه یکسان هستند توانایی حفر تونل بسیار متفاوت است (۴۰). کاهش انبوهی لاشریزه (از تاثیرات غیر مستقیم آتش)، بشدت بر انبوهی و تعداد گونه‌های بی‌مهره در خاک تاثیر گذار است.

ماتلک در سال (۲۰۰۱) نتیجه گرفت آتش تاثیر معنی‌داری روی جوامع نماتد یا روی تعداد و تنوع آن ندارد درحالی‌که کولت و همکاران در سال ۱۹۹۳، ثابت کردند آتش کنترل شده حتی با شدت کم، منجر به کاهش قابل توجه کرم خاکی در زیر درختان اکالیپتوس شده است و برای رسیدن به حالت اولیه نیاز به چندین سال زمان دارد که البته بستگی به رطوبت خاک بعد از آتش‌سوزی دارد (۴۳). مک سورلی

بحث و نتیجه‌گیری

آتش‌سوزی یکی از آشفتگی‌های رایج در اکوسیستم جنگلی است که به‌صورت طبیعی یا مصنوعی (کنترل شده و کنترل نشده) ایجاد شده (۹) و در هر دو حالت تاثیرات قابل توجهی را بر ساختمان و ترکیبات خاک (۴۶)، موجودات خاکریز، چرخه آب و پوشش گیاهی جنگل بر جای می‌گذارد که در صورت عدم کنترل، جنگل را به سوی تخریب سوق خواهد داد. آتش‌سوزی‌های شدید و کنترل نشده منجر به تغییر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شده و با کاهش مواد آلی، چرخه عناصر غذایی را تحت تاثیر قرار داده و کاهش آن‌ها را در پی خواهد داشت (۱، ۴، ۸ و ۹). سرتینی، (۲۰۰۵)، ورما و جایکمار، (۲۰۱۲) در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند کاهش مواد آلی در خاک طی آتش‌سوزی، تخریب ساختمان خاک و کاهش خلل و فرج را در پی دارد که در نتیجه آن، وزن مخصوص ظاهری افزایش می‌یابد که این تغییر خصوصیات فیزیکی به همراه تولید ترکیبات آلی نفوذناپذیر به آب؛ میزان نفوذ آب کاهش و رواناب و فرسایش خاک افزایش می‌یابد (۱، ۴، ۹). پریو فرناندز و همکاران، (۱۹۹۸)؛ نیری و همکاران، (۱۹۹۹)؛ ورما و جایکمار، (۲۰۱۲) دریافتند تغییرات مجموعه عوامل فوق از یک طرف و انتقال حرارت و تاثیر شعله آتش از طرف دیگر، شرایط مطلوب برای زندگی موجودات خاکریز را سخت نموده که در نتیجه آن

مدیریت خاک در جهت افزایش توانایی در نگهداری آب و عناصر غذایی می‌گردد. در واقع پایداری کلیه فرایندهای بخش زیرزمینی جهت حفظ ساختار و کارکرد بخش‌های روزمینی ضروری است (۱) که در صورت تخریب تعادل و پایداری اکوسیستم متزلزل می‌گردد که با توجه به تاثیرات آتش، چنین فرایندی قابل پیش‌بینی است. تاثیر آتش سوزی بر خصوصیات خاک بستگی به شدت، تکرار و مدت آتش، رطوبت خاک، شرایط آب و هوایی و نوع سوخت دارد (۷) که در این میان آتش سوزی شدید، طولانی مدت و مکرر بیشترین تاثیر منفی را بر خاک دارد زیرا تا زمانی که گرمای خاک به بالاتر از ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد نرسد هیچ‌گونه تغییری در ماده آلی، وزن مخصوص ظاهری، بافت و مدت زمانی که طول می‌کشد تا آب در خاک نفوذ کند، مشاهده نمی‌شود (۴۷). بنابراین در آتش‌سوزی‌های با شدت اندک یا آتش‌سوزی‌های کنترل شده تغییرات خاصی مشاهده نمی‌شود و حتی می‌تواند در مدیریت جنگل، با سوختن بخشی از مواد آلی به عنوان ابزاری در جهت بازگشت سریع‌تر عناصر غذایی به خاک و ایجاد بستری مناسب برای جوانه زنی بذر استفاده گردد ولی در مقابل آتش‌سوزی‌های شدید (طبیعی و انسان ساز) با حذف لاشریزه و ماده آلی، میکروکلیمای خاک سطحی و کلیه خصوصیات خاک را تحت تاثیر قرار داده که نتیجه آن برهم خوردن تعادل اکوسیستم جنگل و اکوسیستم‌های وابسته به آن خواهد بود. طبیعت خود تنظیم است و هر گونه تغییری در آن ایجاد گردد خود قادر به رفع نقص حاصله خواهد بود و تعادل را دوباره برقرار می‌کند ولی زمانی که عامل خارجی در طبیعت وارد می‌شود تعادل اکوسیستم را از بین برده و پتانسیل خود تنظیمی آن را سلب نموده که نتیجه آن نابودی اکوسیستم خواهد بود. آتش یکی از معدود عوامل مخرب در اکوسیستم‌های جنگلی است که انسان تاثیر مستقیم و غیرمستقیم در رخداد آن دارد. سهل‌انگاری‌های انسان حین گردش و تفریح و باقی گذاشتن آتش زنده در داخل جنگل، استفاده از مواد آتش‌زا، باز کردن بیش از حد تاج‌پوشش حین بهره‌برداری و افزایش روز افزون درجه حرارت در اثر فعالیت‌های انسانی در سال‌های اخیر،

کاهش جمعیت و بیومس اکثر جانداران خاکزی به‌ویژه بیومس میکروبی را در پی دارد.

تغییرات خاک تحت تاثیر آتش، به‌خاطر حرارتی است که تولید می‌شود که برای تغییر در خصوصیات شیمیایی (مواد آلی) و در پی آن تغییرات فیزیکی و بیولوژیکی کافی است. تغییرات شیمیایی در خاک بعد از آتش‌سوزی، مهم‌تر از دو فاکتور دیگر است زیرا تغییر در مواد آلی و چرخه عناصر غذایی می‌تواند پتانسیل تولید اکوسیستم را تغییر دهد (۹). عناصر ذخیره شده در ماده آلی هنگام آتش، آزاد شده و بخشی از آن تبخیر و از دسترس خارج می‌گردد و بخش دیگر به اشکال قابل دسترس گیاهان و میکروارگانیسم‌ها تبدیل می‌شوند که به علت عدم ایمولبلیزه، به راحتی شسته شده و از دسترس آن‌ها خارج می‌گردند (۱۴). بنابراین افزایش دسترس گیاهان به عناصر غذایی، بعد از آتش‌سوزی به صورت موقت بوده و سرعت از دسترس خارج می‌شوند. همچنین ساختمان خاک یکی از مهم‌ترین خصوصیات فیزیکی خاک است که تحت تاثیر آتش تغییر می‌کند که دلیل آن را باید تغییر ماده آلی خاک دانست که در درجه حرارت نسبتاً پایین از بین می‌رود. تخریب ساختمان خاک نیز افزایش وزن مخصوص ظاهری، کاهش خلل و فرج، کاهش تولید و افزایش رواناب و فرسایش را بعد از آتش‌سوزی در پی دارد که به علت از بین رفتن شرایط مطلوب زیستی، زندگی برای بسیاری از جانداران خاکزی سخت می‌گردد و جمعیت آن‌ها رو به کاهش می‌رود. بنابراین می‌توان گفت، مواد آلی نه تنها نقش کلیدی در خصوصیات شیمیایی خاک دارد بلکه بر خصوصیات فیزیکی و بیولوژیکی خاک نیز موثر است (۱۴). یکی از تاثیرات مهم آتش کاهش نفوذپذیری خاک و ظرفیت نگهداری آب و بطور کلی چرخه هیدرولوژیکی است (۹) که در نتیجه آن رواناب افزایش یافته و زمینه ایجاد سیل و فرسایش فراهم می‌شود که آثار تخریب آن به مناطق اطراف جنگل نیز خواهد رسید.

پایداری بخش زیرزمینی، برطرف کردن نیاز آب و غذای گیاهان از طریق ریشه، چرخه بیوژوشیمیایی، فرایندهای میکروبی و فیزیکی است که منجر به ذخیره مواد غذایی و

4. DeBano, L. F., 1990. The effect of forest fire on soil properties. *Symposium on Management and Productivity of Western- Montane Forest Soil*. 151-156, Boise, ID, USA.
5. Prieto-Fernandez, A., Acea, M. J., Carballas, T., 1998. Soil microbial and extractable C and N after wildfire. *Biol Fertil Soils*, Vol. 27, pp.132-142.
6. Badía, D., Martí, C., 2003. Plant ash and heat intensity effects on chemical and physical properties of two contrasting soils. *Arid Land Research and Management*. Vol. 17, pp.23-41.
7. Certini, G., 2005. Effects of fire on properties of forest soils. *Oecologia*, Vol. 143, pp.1-10.
8. Yildiz, D., Esen, D., Sarginic, M., Topark, B. 2010. Wffects of forest fire on soil nutrients in Turkish pine (*Pinus brutia* Ten) Ecosystems. *Journal of Environment Biology*, Vol. 31, pp.11-13.
9. Verma, S. and Jaykumar, S., 2012. Impact of forest on physical, Chemical and biological properties of soil. *IAEES*, Vol. 2, pp.168-176.
10. Mohamed Aref, I., Atta, H. A., Al Ghamed, A. R. M., 2011. Effect of forest fires on tree diversity and some soil properties. *Journal of Agriculture Biology*. Vol. 13, pp.659-664.
11. Perry, D. A., Amaranthus, M. P., Borchers, J. G., Borchers, S. L., Brainerd, R. E., 1989. Bootstrapping in ecosystems. *BioScience*, Vol. 39, pp.230-237.
12. Wells, C. R., 1979. Effects of prescribed burning on soil chemical properties and nutrient availability. *Ashville, New York*. 86-99p.
13. Gonzalez-Perez, J. A., Gonzalez-Vila, F. J., Almendros, G, et al., 2004. The

یا آتش‌سوزی مصنوعی در جنگل افزایش یافته و یا زمینه آتش‌سوزی‌های طبیعی افزایش و شدت بخشیده شده است که با توجه به تاثیرات گسترده آن بر خصوصیات خاک و پایداری جنگل، آن را تبدیل به یکی از عوامل مخرب رایج در جنگل تبدیل نموده است. با وجود تاثیر وسیع آتش در جنگل، امکانات و اطلاعات کافی برای مقابله با آتش‌سوزی در جنگل وجود ندارد. لذا ضروریست مدیران جنگل در جهت کنترل آتش‌سوزی، با توجه به شرایط موجود در جنگل، شرایط آب و هوایی، رطوبت خاک و سوخت موجود در جنگل (لاشریزه‌ها و بیومس زنده) به برنامه‌ریزی پرداخته و بر این اساس نوع، شدت، زمان و مکان دخالت (پرورشی و بهره‌برداری) در جنگل را تعیین نماید تا شرایط لازم جهت ایجاد آتش‌سوزی‌های طبیعی را کاهش دهند. همچنین با ایجاد آتش‌برهای بیشتر در اطراف جنگل از پیشروی آتش جلوگیری کرده و با آگاه نمودن مردم (به‌ویژه روستانشینان حاشیه جنگل و جنگل‌نشینان) از فواید جنگل، زیان و خطرات آتش، تاثیرات منفی آن بر محیط زیست انسان و حیوان به آموزش روش‌های پیشگیری از آتش‌سوزی‌های طبیعی پرداخته تا بخش عظیمی از آتش‌سوزی با همکاری مردم کنترل گردد و پایدارترین اکوسیستم خشکی به عنوان محیط زیستی سالم و پایدار برای انسان و حیوان، برای نسل حاضر و آینده حفظ گردد.

منابع

1. Neary, D. G., Klopatek, C. C., DeBano, L. F., and Ffolliott, P. F., 1999. Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. *Forest Ecology and Management*, Vol. 122, pp.51-71.
2. Neary, D. G., 2004. Fire effects on soils. *Southwest Hydrology*, pp.18-19.
3. Campbell, G. S., Jungbauer, J. D. Jr., Bidlake, W. R., Hungerford, R. D., 1994. Predicting the effect of temperature on soil thermal conductivity. *Soil science*, Vol, 158, pp.307-313.

22. DeBano, L. F., Klopatek, J. M., 1987. Effect of management on nutrient dynamics in southwestern pinyon-juniper woodlands. In: Troendle, C. A., Kaufmann, M.R., Hamre, R.H., Winokur, R.P. (Technical Coordinators), Management of Subalpine Forests: Building on 50 Years of Research. Proceedings of a Technical Conference, Silver Creek, CO, July 6-9, 1987. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. RM-149. pp. 157-160.
23. Clayton, J. R., 1976. Nutrient gains to adjacent ecosystems during a forest fire: an evaluation. *Forest Science*, Vol. 22, pp.162-166.
24. Kaufmann, J. B., Sanford Jr., R. L., Cummings, D. L., Salcedo, I. H., Sampaio, E. V. S. B., 1993. Biomass and nutrient dynamics associated with slash fires in neotropical dry forests. *Ecology*, Vol. 74, pp.140-151.
25. Raison, R. J., O'Connell, A. M., Khanna, P. K., Keith, H., 1993. Effects of repeated fires on nitrogen and phosphorus budgets and cycling processes in forest ecosystems. In: Trabaud, L.; Prodon, P. (eds.). *Fire in Mediterranean ecosystems*. Ecosystem Res. Rep. 5. Brussels, Belgium: Commission of the European Countries: 347-363.
26. Boerner, R. E., 1982. Fire and nutrient cycling in temperate ecosystems. *BioScience*, Vol. 32(3), pp.187-192.
27. DeBano, L. F., 2000. Water repellency in soils: a historical overview. *Journal of Hydrology*, Vol. 231-232, pp.4-32.
28. Imeson, A., Verstraten, J., Mulligen EV, et al., 1992. The effects of fire and water repellency on infiltration and runoff under Mediterranean type effect of fire on soil organic matter—a review. *Environment International*, Vol. 30, pp.855- 870.
14. USDA, 2005. Wildland fire in ecosystems: Effects of fire on soil and water. *America*. 4:262 p.
15. DeBano, L. F., 2000. The role of fire and soil heating on water repellency in wildland environments: a review. *Journal of Hydrology*, Vol. 231-232, pp.195-206.
16. Kimmins, J. P., 1997. *Forest Ecology*. Third edition. Prentice Hall, New Jersey. 1045p.
17. De Bano, L. F. Savage, S. M., Hamilton. D. A., 1976. The transfer of heat and hydrophobic substances during burning. *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 40, pp.779-786.
18. Raison, R.J., Khanna, P.K., Woods, P.V., 1985. Transfer of elements to the atmosphere during low-intensity prescribed fires in three Australian subalpine eucalypt forests. *Canadian Journal of Forest Research*, Vol. 15, pp. 657-664.
19. DeBell, D. S., Ralston, C. W., 1970. Release of nitrogen by burning light forest fuels. *Soil Science Society of America Proceedings*, Vol.34, pp.936-938.
20. Grier, C.C., 1975. Wildfire effects on nutrient distribution and leaching in a coniferous ecosystem. *Canadian Journal of Forest Research*, Vol. 5, pp.599-607.
21. Knight, H., 1996. Loss of nitrogen from the forest floor by burning. *The Forestry Chronicle*, Vol. 42(2), pp.149-152.

- Pacific Northwest forests. Corvallis: Oregon State University Press, pp.143-157.
36. Ahlstrom, J., Baldes, J., Bird, J., Brummer, T., Singh Gill, P., Glenn, M., Harrison, N., Herstand, M., Hess, K., Hudlow, C., Jensen, M., Jordan, K., Lange, R., McCaughey, M., Park, N., Schroeder, M., Smith, H., Senecal, S., 2008. Forest Fire: examining the effects of recent fire on soil nutrients and microbes, and above and below ground vegetation. Montana State University, LRES Capstone Course. 69p.
 37. Hart, S. C, DeLuca, T. H, Newman, G. S., et al., 2005. Post-fire vegetative dynamics as drivers of microbial community structure and function in forest soils. *Forest Ecology and Management*, Vol. 220, pp.166-184.
 38. Klopatek, C. C., DeBano, L. F., Klopatek, J. M., 1988. Effects of simulated fire on vesicular-arbuscular mycorrhizae in pinyon-juniper woodland soil. *Plant Soil*, Vol. 109, pp.245-249.
 39. Edwards, C. A., Heath, G.W., 1963. The role of soil animals in breakdown of leaf material. In: Doeksen, J., van der Drift, J., eds. *Soil organisms*. Amsterdam: North-Holland Publishing Co. pp.254-259.
 40. Wikars, L.O., Schimmel, J., 2001. Immediate effects of fire severity on soil invertebrates in cut and uncut pine forests. *Forest Ecology and Management*. Vol. 141(3), pp.189-200.
 41. Matlack, G. R., 2001. Factors determining the distribution of soil nematodes in a commercial forest forest. *Catena*, Vol.19(3-4), pp.345-361.
 29. DeBano, L. F., Neary, D. G., Ffolliott, P. F., 1998. *Fire effects on ecosystems*. Wiley, New York. 333p.
 30. DeBano, L. F., 1990. The effect of forest fire on soil properties. *Symposium on Management and Productivity of Western- Montane Forest Soil*. 151-156, Boise, ID, USA.
 31. Brady, N. C., 1990. *The Nature and Property of Soils*. Macmillan Publishing Company, New York. Vol. 31 (2). pp.193-200.
 32. Letey, J., 2001. Causes and consequences of fire-induced soil water repellency. *Hydrological Processes*, Vol. 15(15), pp. 2867-2875.
 33. Wells, Wade, G., II. 1981. Some effects of brushfires on erosion processes in coastal southern California. In: *Erosion and sediment transport in Pacific Rim steeplands*. 1981 January; Christ Church, New Zealand. Sponsored jointly by the Royal Society of New Zealand, New Zealand Hydrological Society, IARS, and the National Water and Soil Conservation Authority of New Zealand. *International Association of Hydrologic Publication Sciences*, Vol. 132, pp.305-342.
 34. Neary, D. G., Ryan, K. C., DeBano, L. F., 2008. *Wildland Fire in Ecosystems: Effects of Fire on Soils and Water*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, USA.
 35. Borchers, J. G., Perry, D. A., 1990. Effects of prescribed fire on soil organisms. In: Walstad, J.D.; Radosevich, S.R.; Sandberg, D.V. (eds.). *Natural and prescribed fire in*

- in oak-hickory ecosystems in relation to prescribed fire and landscape position. *Pedobiologia*, Vol. 48, pp.1-8.
46. Jain, T. B., Gould, W. A., Graham, R. T, et al., 2008. A soil burn severity index for understanding soil-fire relations in tropical forests. *A Journal of the Human Environment*, Vol. 37(7), pp.563-568.
47. Stooft, C., Wesseling, J., Ritsema, C., Effects of fire and ash on soil water retention. *Geoderma*. Vol. 159, pp. 276-285.
- landscape. *For Ecol Manage*, Vol. 146, pp.129-143.
42. Collett, N. G., Neumann, F. G., Tolhurst, K. G., 1993. Effects of two short rotation prescribed fires in spring on surface-active arthropods and earthworms in dry sclerophyll eucalypt forest of west-central Victoria. *Aust For*, vol. 56, pp.49-60.
43. Neumann, F. G., Tolhurst, K., 1991. Effects of fuel reduction burning on epigeal arthropods and earthworms in dry sclerophyll eucalypt forest of west-central Victoria. *Aust J Ecol*, Vol. 16, pp.315-330.
44. McSorley, R., 1993. Short-term effects of fire on the nematode community in a pine forest. *Pedobiologia*, Vol. 37, pp.39-48.
45. Dress, W. J., Boerner, R. E. J., 2004. Patterns of microarthropod abundance