بسمه تعالی

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران

و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

۲۶ تا ۲۸ مهر ۱۴۰۰/ کرج

«گواهی پذیرش و ارائه مقاله»

موسسه آموزش و ترویج کشاورزی

محقق/ محققین گرامی:

ندا محسنی

بدین وسیله از مشارکت فعال و صمیمانه شما در تهیه و ارائه مقاله علمی تحت عنوان:

پیامدهای پدوژئومورفیک آتش سوزی جنگل ها و مخاطرات محیطی ناشی از آن

در هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه که توسط موسسه تحقیقات خاک و آب در مهرماه ۱۴۰۰ برگزار شد، قدردانی می گردد. مقاله مذکور مورد تایید هیات علمی کنگره / همایش قرار گرفته و در مجموعه مقالات و الکترونیکی مقالات چاپ شده است. توفیق روزافزون شما عزیزان را از درگاه خداوند منان خواستاریم.

محمدرضا بلالی

دبیر هفدهمین کنگره علوم خاک ایران

و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

SSC17FWMC4-03710367

پیامدهای پدوژئومورفیک آتش سوزی جنگل ها و مخاطرات محیطی ناشی از آن

ندا محسنی

استادیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد

Email: nedamohseni@um.ac.ir

چکیده

آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع یکی از مخاطرات محیطی شایع بخصوص در مناطق اقلیمی خشک و نیمه خشک جهان بوده که همگام با گرمایش جهانی اقلیم و تبعات آن، شدت بیشتری در دهه‌های اخیر گرفته است. هدف این مقاله بررسی عمده-ترین اثرات آتش‌سوزی‌ها بر ویژگی‌های خاک، تغییر در شرایط خاکدانه‌سازی و پایداری ساختمان خاک، محتویات کربن آلی و اثرات متعاقب آن‌ها در ظهور و تشدید فرایندهای ژئومورفیک نظیر شکل‌گیری رواناب‌های سطحی، تشدید فرسایش خاک، گسترش جریانات واریزه‌ای دامنه‌ای، توسعه فرسایش بادی و اشکال متفاوت فرسایش آبی با تاکید بر مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد از مهم‌ترین تبعات این مخاطره گسترش فرسایش ورقه‌ای و شیاری و متعاقبا افزایش قدرت فرسایندگی رواناب و کنده شدگی ذرات خاک می‌باشد. همراه با تشدید فرایندهای آلوویال و فلوویال، کاهش در پوشش گیاهی، منجر به افزایش سرعت باد در نزدیک سطح زمین و متعاقبا افزایش ریسک فرسایش بادی می‌شود. همچنین، دی اکسیدکربن متصاعد شده از سوختن پوشش گیاهی و تزریق آن به اتمسفر در حین فرایند آتش سوزی، افزایش تزریق گازهای گلخانه‌ای و افزایش گرمایش جهانی را در پی دارد. علاوه بر انتشار دی اکسید کربن، آتش سوزی منجر به انتشار قابل ملاحظه گاز متان شده که اثرات گرمایشی آن ۲۱ تا ۲۸ برابر بیشتر از دی اکسید کربن است. چنین مطالعاتی می‌توانند زمینه‌ای برای گسترش راهکارهای مدیریتی با رویکرد افزایش ارتجاع پذیری و اقدامات لازم در راستای بازسازی اکوسیستم‌های تحت این آشوب باشند.

واژگان کلیدی: تغییر اقلیم، سرویس های اکوسیستمی، فرسایش آبی، فرسایش بادی

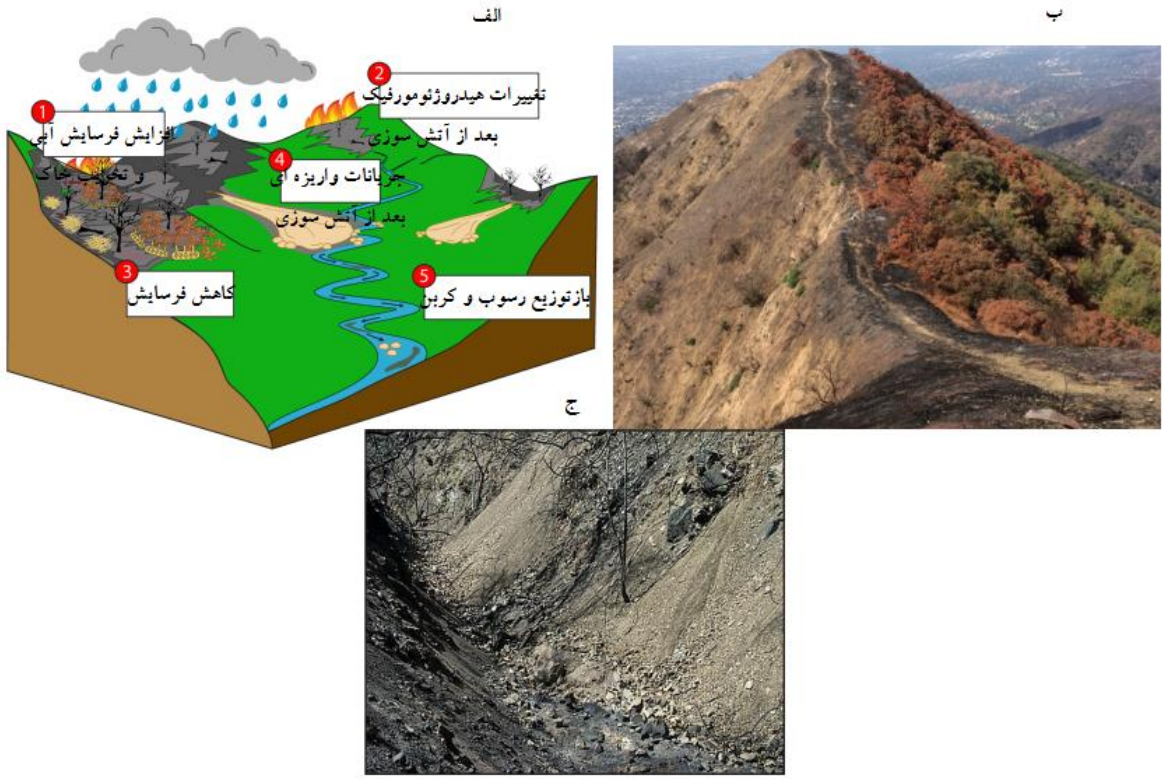
مقدمه

جنگل‌ها و مراتع مهم‌ترین منابع برای حفاظت تنوع زیستی محسوب می‌شوند. این اکوسیستم‌ها گستره وسیعی از انواع متفاوتی از سرویس‌های اکوسیستمی شامل ذخیره کربن، کنترل بسیاری از مخاطرات ژئومورفیک مانند سیلاب و انواع لنداسلایدها، کاهش فرسایش‌پذیری خاک را در اختیار قرار می‌دهند. جنگل‌ها و بیشتر، بوته زارها و علفزارها که گستردگی مکانی زیادی در مناطق خشک و نیمه خشک دارند، آسیب پذیری بالایی در مواجهه با فشارهای آنتروپوژنیک مانند جنگل زدایی، توسعه زمین‌های کشاورزی، توسعه شهری و صنعتی دارند. این آشوب‌ها منجر به تخریب این اکوسیستم‌ها، بطور خاص از طریق تکه تکه کردن اتصال و پیوستگی مکانی ساختارهای اکولوژیک آن‌ها می‌شوند. یکی از مهم‌ترین فاکتورهایی که تنوع زیستی در این اکوسیستم‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد، آتش سوزی‌های می‌باشند. اگرچه بسیاری از مطالعات، آتش‌سوزی را به عنوان یک آشوب در نظر گرفته‌اند، این پژوهش با تاکید بر جنبه‌های اکوژئومورفیک این آشوب محیطی به بررسی پیامدهای پدوژئومورفیک این آشوب و مخاطرات محیطی ناشی از آن پرداخته است. شرایط اقلیمی مانند سرعت و جهات باد، رطوبت نسبی هوا در میزان پراکنش این مخاطره بسیار موثر می‌باشد. در این رابطه ۴ محدوده از سرعت باد در نظر گرفته می‌شود: بادهای ضعیف کوچکتر از ۱۰ کیلومتر بر ساعت؛ بادهای متوسط با سرعتی بین ۱۰ تا ۲۰ کیلومتر بر ساعت؛ بادهای شدید با سرعت ۲۰ تا ۳۰ کیلومتر بر ساعت و بادهای بسیار شدید با سرعت بیش از ۳۰ کیلومتر بر ساعت (Carroll *et al*. 2017). همچنین ۴ محدوده از رطوبت نسبی و اثرات آن بر شدت این مخاطره مدنظر می‌باشد شامل رطوبت

کمتر از ۱۰ درصد، بین ۱۰ تا ۲۰ درصد، رطوبت متوسط بین ۲۰ تا ۳۰ درصد و رطوبت بالای ۳۰ درصد (Polade *et al*. 2017). گرمای افزایش یافته در طول آتش‌سوزی می‌تواند منجر به شکل‌گیری مکانیزم فیدبک مثبت ناشی از خشک کردن پوشش گیاهی سطحی شده و به موجب آن منجر به گسترش و تشدید این مخاطره گردد (Parsons, 2003). علاوه بر عوامل اقلیمی، عوامل توپوگرافیک عامل مهم دیگر در گسترش این مخاطره محسوب می‌شوند. در کل ۳ محدوده توپوگرافیک موثر بر این مخاطره مد نظر می‌باشد، شیب‌های کمتر از ۱۰ درصد، بین ۱۰ تا ۳۰ درصد، و شیب‌های تند بالای ۳۰ درصد. کانال‌های خشک به عنوان کریدورهای گسترش آتش عمل می‌کنند (حتی در جهت مخالف باد)، در حالیکه خطوط حوضه-های آبریز گرایش به متوقف کردن توسعه آتش دارند. بنابراین ترکیب عوامل اکولوژیک، اقلیمی و ژئومورفیک مهم‌ترین عوامل کنترل کننده این مخاطره محسوب می‌شوند. این مطالعه با بحث پیرامون عمده‌ترین اثرات این مخاطره بر تغییر فرایندهای ژئومورفیک، اکولوژیک و پدولوژیک به بررسی اقدامات لازم در راستای بازسازی این اکوسیستم‌ها پرداخته است.

مواد و روش‌ها

روش این پژوهش در قالب بررسی عمده‌ترین پیامدهای پدوژئومورفیک آتش سوزی جنگل‌ها و مراتع و مخاطرات محیطی ناشی از آن‌ها در مناطق خشک و نیمه خشک از جمله ایران با رویکرد مروری و تحلیلی می‌باشد (شکل ۱).



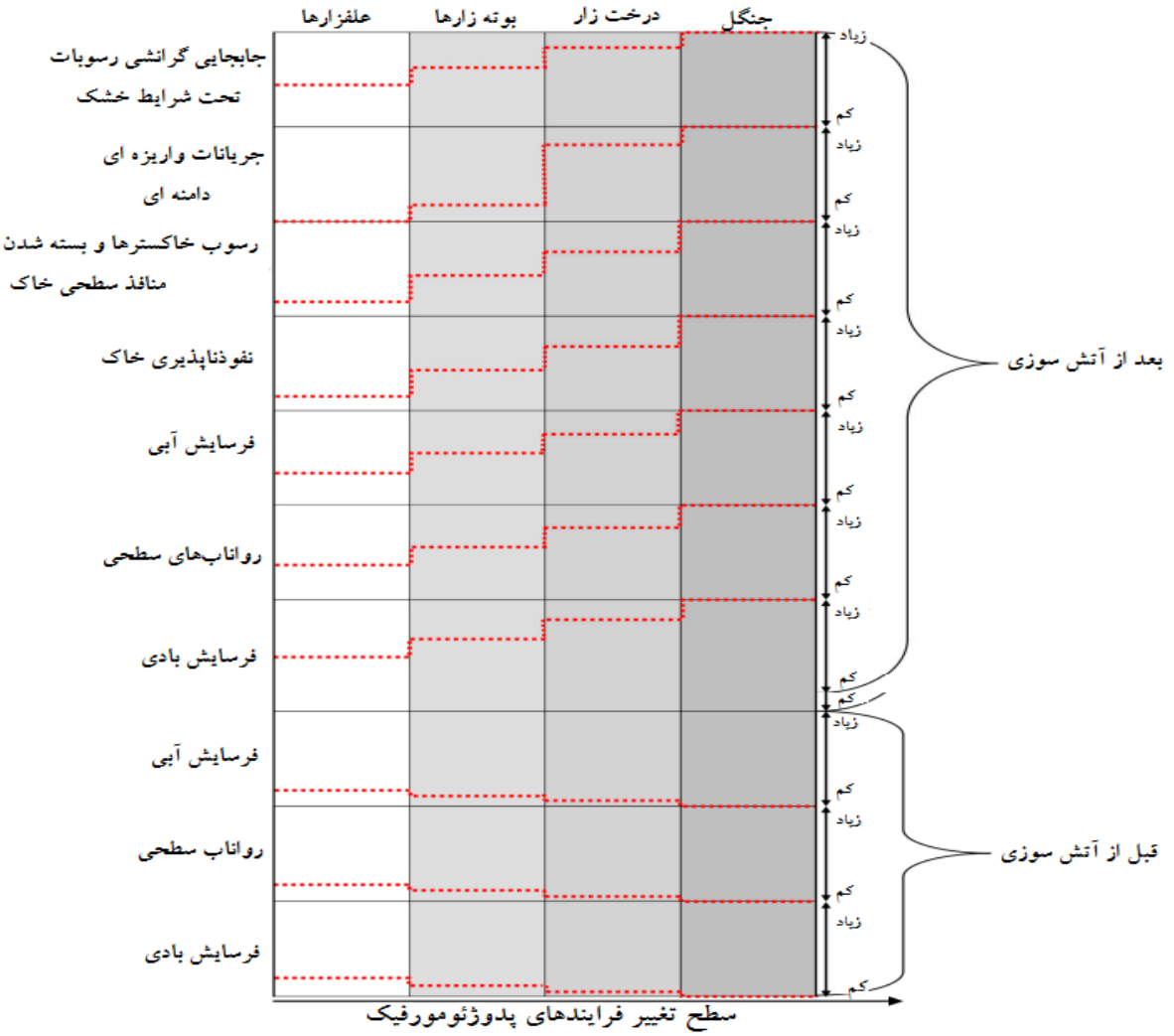
شکل ۱- الف: شماتیکی از برخی پیامدهای پدوژئومورفیک آتش سوزی‌ها. ب: اثرات آتش سوزی بر فرایندهای ژئومورفیک موثر بر تخریب خاک. ج: نمایی از جابجائی گرانشی رسوبات در شرایط خشک (انتقال و رسوبگذاری این واریزه‌ها فورا بعد از آتش سوزی‌ها بدون دخالت آب و تحت شرایط کاملا خشک اتفاق می‌افتد) (Hubbert1*et al*. 2012; Rengers and McGuire, 2020).

نتایج و بحث: اثرات آتش‌سوزی بر فرایندهای پدوژئومورفیک

آتش سوزی‌ها اثرات مستقیمی بر ویژگی‌های خاک داشته که زمینه تغییر فرایندهای ژئومورفیک را فراهم می‌آورند. ایجاد لایه‌های هیدروفوبیک از مهم‌ترین پیامدهای این آشوب می‌باشد. این تغییر خاک پیامد دمای بالای آتش می‌باشد که باعث نابودی محتویت آلی خاک شده که نقش مهمی در فرایند اتصال ذرات خاک و خاکدانه سازی دارند. این رخداد منجر به کاهش چسبندگی ذرات خاک و پیوستگی مولکول‌های آب می‌گردد (Neary, 2011; Doerr *et al*. 2003; Letey, 2001). نفوذناپذیری خاک در این شرایط با بافت خاک و بخصوص توزیع اندازه ذرات خاک ارتباط نزدیکی دارد. در مجموع، خاک-هایی با بافت درشت‌تر (جائی که فرایند شکل‌گیری خاکدانه‌های درشت محدود است) مستعدتر به ایجاد لایه‌های هیدروفوبیک هستند (Stavi *et al*. 2017). علاوه بر این، گرادیان دما در پروفیل خاک عامل مهم دیگر در گسترش این لایه می‌باشد. گرادیان دمایی بزرگتر، اثرات بیشتری در انتقال گرما به لایه‌های عمیق‌تر دارد. بطوریکه در این شرایط، لایه‌های نفوذناپذیر ضخیم‌تر می‌شوند. بطوریکه لایه‌های هیدروفوبیک با فزایش عمق، تشدید می‌شوند. آتش، فعالیت و بیومس میکروبی خاک را بشدت تحت تاثیر قرار می‌دهد (Fultz *et al*. 2016). مطالعات نشان داده‌اند که آتش سوزی‌ها منجر به کاهش ۳۰ درصدی فراوانی میکروبی و ۴۷ درصدی فراوانی قارچ‌ها می‌شوند (Dooley and Treseder, 2012). سوختن مواد آلی منجر به کاهش ظرفیت تبادل کاتیونی و بنابراین آسیب به کیفیت فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شود. این رخدادها تخریب اسیدهای آلی خاک را به همراه دارند (Duguy *et al*. 2013). تجمع خاکسترها روی لایه‌های سطحی خاک منجر به افزایش قلیائیت خاک می‌شود. در طول بارندگی‌هایی شدید، کاهش در بیومس سطح زمین ناشی از آتش سوزی منجر به افزایش اثرات تخربی ضربات قطرات باران شده که زمینه ساز کنده شدگی مواد معدنی را فراهم آورده، بطوریکه این مواد به راحتی توسط رواناب‌های سطحی شسته و حمل می‌شوند. بطور همرمان، این رخداد منجر به تشکیل پوسته‌های فیزیکی در لایه‌های سطحی خاک می‌شود که مهم‌ترین تبعات آن افزایش نرخ رواناب‌های سطحی است (Machiwal *et al*. 2021). از سوی دیگر، کاهش بیومس سطحی منجر به تشدید رواناب سطحی و نهایتا افزایش قدرت فرسایندگی آب و کنده شدگی ذرات خاک بوسیله فرسایش ورقه‌ای و شیاری می‌گردد (Machiwal *et al*. 2021). علاوه برا این فرایندها، ایجاد لایه‌های هیدروفوبیک منجر به کاهش بیشتر نفوذپذیری آب و در نتیجه افزایش قدرت جریان آب و نهایتا توسعه فرسایش می‌شود (Machiwal *et al*. 2021). با این وجود، به نظر می‌رسد که اثرات شکل‌گیری لایه‌های هیدروفوبیک در مقایسه با کاهش حجم بیومس سطحی کمتر است. برای مثال در یک مطالعه ۴ ساله در علفزارهای کالیفرنیا، اثرات لایه‌های هیدروفوبیک بر رواناب و فرسایش بطور جداگانه‌ای از اثرات بیومس سطحی مطلعه شدند. نتایج نشان داد که در دامنه‌هایی با شیب زیاد، فرسایش خاک عمدتا بشدت متاثر از از کاهش بیومس سطحی ناشی از آتش سوزی است. همزمان، این مطالعه نشان داد که اهمیت لایه‌های هیدروفوبیک برای ایجاد رواناب و فرسایش بسیار جزئی است. این مطالعه همچنین نشان داد که در طول اولین زمستان بعد از آتش سوزی، با وجود نرخ بارندگی بسیار کم، حجم زیادی از رسوبات تحت تاثیر اشکال متفاوتی از فرسایش حمل و جابجا شده‌اند.

سایر فرایندهای انتقال در مناطق تحت آتش سوزی، شکل گیری جریانات واریزه‌ای است. در مطالعه‌ای در مناطق دامنه‌ای استرالیا دیده شد که حجم جریانات واریزه‌ای در جنگل‌های آتش گرفته ۳ برابر ببیشتر از جنگل‌های سالم بوده است. بیشتر، نتایج نشان داد که دامنه‌های پر شیب حدود ۶۲ درصد از کل واریزه‌ها را به خود اختصاص می‌دهند. علاوه براین چندین مطالعه دیگر نیز اهمیت جریانات واریزه‌ای را نشان داده‌اند و تاکید کرده‌اند که این فرایند در دامنه‌هایی با لیتولوژی مختلف و جوامع گیاهی متفاوت اتفاق می‌افتد. در مطالعه‌ای دیگر در استرالیا نتایج نشان داده است که این فرایند منجر به ظهور مسیرهایی روی دامنه‌ها می‌شود و وقوع‌شان بستگی به ترکیب شرایطی نظیر دامنه‌هایی با شیب‌های بسیار زیاد، توده قابل ملاحظه‌ای از گراول‌ها (۲-۶۴ میلی متر) و سنگریزه‌ها (۶۴-۲۵۶ میلی متر) دارد. علاوه بر جریانات توده‌ای، اکوسیستم‌های

در معرض آتش سوزی در معرض سایر فرایندهای دامنه‌ای نیز قرار دارند. جابجایی گرانشی مواد و رسوبت کنده شده در شرایط خشکی و بدون دخالت آب (شکل ۲).



شکل ۲- نمودار مفهومی از گستره نسبی عمده‌ترین فرایندهای پدوژئومورفیک در شرایط قبل و بعد از آتش سوزی در انواع اکوسیستم‌ها.

این فرایند جابجایی شامل حرکات توده‌ای مواد به سمت پائین دست شیب بصورت غلتان و لغزش می‌باشد که عمداتا در مناطق خشک و نیمه خشک دیده می‌شوند. در مطالعه ای در کالیفرنیا حرکات توده‌ای تحت شرایط خشکی عمده‌ترین فرایند انتقال واریزه‌ها و مواد از دامنه‌ها به سمت کانال‌ها در طول فرایند آتش‌سوزی بوده است.

همراه با فرایندهای آلوویال و فلوویال، کاهش در پوشش گیاهی، منجر به افزایش سرعت باد در نزدیک سطح زمین و متعاقبا افزایش ریسک فرسایش بادی می‌شود (Stout, 2012; Wagenbrenner *et al.* 2013). علاوه بر اثرات فرسایش بادی در کنده شدگی و انتقال رسوبات و فرسایش خاک ، این فرایند منجر به کاهش مواد مغذی و مواد آلی در سطح اکوسیستم می‌گردد. در مطالعه‌ای در علفزارهای تگزاس، آستانه سرعت باد کندگی فورا بعد از آتش سوزی از ۱۰ متر بر ثانیه به ۱۹ متر

بر ثانیه افزایش یافته است. همچنین مسدود شدن منافذ خک بوسیله خاکسترها تشدید نرخ فرسایش آبی و بادی را به همراه دارد (Stavi *et al*. 2017).

نتیجه‌گیری

علاوه بر اثرات محلی آتش سوزی‌ها، مقیاس اثرگذاری این مخاطره می‌تواند در سطح منطقه‌ای و جهانی نیز باشد. تغییر در رژیم هیدرولوژیک حوضه‌های آبریز در این میان بسیار برجسته و حائز اهمیت است. اثرات منفی روی کیفیت منابع آب‌های سطحی بطور گسترده‌ای گزارش شده است. برای مثال، مطالعات بسیاری پتانسیل آتش سوزی جنگل‌ها برای آلوده کردن رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و سیستم‌های آکیفر با رسوبات، مواد مغذی و فلزات سنگین را نشان داده‌اند. هر چند در مقایسه با آتش سوزی جنگل‌ها، وسعت نسبتا کمتر فرایندهای ژئومورفیک متاثر از آتش سوزی در بوته زارها و علفزارها منجر به کاهش سطح ریسک آلودگی منابع آب در این اکوسیستم‌ها می‌شود. تغییرات اقلیمی شامل خشکی زمین‌ها قطعا افزایش فراوانی و شدت آتش سوزی‌ها را در پی دارند. برای مثال آنالیزی از داده‌های تاریخی آتش سوزی مراتع در آمریکا نشان داده است که شرایط خشکی در ترکیب با دماهای بالا منجر به افزایش شدت و فراوانی آش سوزی‌ها شده است. بیشتر، علفزارها و بوته زارها منابع عمده‌ای از تجمع کربن محسوب می‌شوند که نقش مهمی در تنظیم سیکل جهانی کربن دارند. دی اکسیدکربن متصاعد شده از سوختن پوشش گیاهی و تزریق آن به اتمسفر در حین فرایند آتش سوزی منجر به افزایش تزریق گازهای گلخانه‌ای و افزایش گرمایش جهانی می‌شود. علاوه بر انتشار دی اکسید کربن، آتش سوزی منجر به انتشار قابل ملاحظه گاز متان شده که اثرات گرمایشی آن ۲۱ تا ۲۸ برابر بیشتر از دی اکسید کربن است.

فهرست منابع

1. Carroll, J. M., Hovick, T. J., Davis, C. A., Elmore, R. D., & Fuhlendorf, S. D. (2017). Reproductive plasticity and landscape heterogeneity benefit a ground-nesting bird in a fire-prone ecosystem. *Ecological Applications*, 27(7), 2234-2244.
2. Dooley, S. R., & Treseder, K. K. (2012). The effect of fire on microbial biomass: a meta-analysis of field studies. *Biogeochemistry*, *109*(1), 49-61.
3. Duguy, B., Paula, S., Pausas, J. G., Alloza, J. A., Gimeno, T., & Vallejo, R. V. (2013). Effects of climate and extreme events on wildfire regime and their ecological impacts. In *Regional assessment of climate change in the Mediterranean* (pp. 101-134). Springer, Dordrecht.
4. Doerr, S. H., Shakesby, R. A., & Walsh, R. (2000). Soil water repellency: its causes, characteristics and hydro-geomorphological significance. *Earth-Science Reviews*, *51*(1-4), 33-65.
5. Fultz, L. M., Moore-Kucera, J., Dathe, J., Davinic, M., Perry, G., Wester, D., ... & Rideout-Hanzak, S. (2016). Forest wildfire and grassland prescribed fire effects on soil biogeochemical processes and microbial communities: Two case studies in the semi-arid Southwest. *Applied Soil Ecology*, *99*, 118-128.
6. Letey, J. (2001). Causes and consequences of fire-induced soil water repellency. *Hydrological Processes*, *15*(15), 2867-2875.
7. Machiwal, D., Kumar, S., Islam, A., Kumar, S., Jat, S. R., Vaishnav, M., & Dayal, D. (2021). Evaluating effect of cover crops on runoff, soil loss and soil nutrients in an Indian arid region. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 1-20.
8. Neary, D. G. (2011). Impacts of wildfire severity on hydraulic conductivity in forest, woodland, and grassland soils. *Hydraulic Conductivity—Issues, Determination, and Application. InTech Publishers, Rijeka, Croatia*, 123-142.

9. Polade, S. D., Gershunov, A., Cayan, D. R., Dettinger, M. D., & Pierce, D. W. (2017). Precipitation in a warming world: Assessing projected hydro-climate changes in California and other Mediterranean climate regions. *Scientific reports*, *7*(1), 1-10.
10. Parsons, A. (2003). Burned Area Emergency Rehabilitation (BAER) soil burn severity definitions and mapping guidelines Draft. *USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Missoula*.
11. Stout, J. E. (2012). A field study of wind erosion following a grass fire on the Llano Estacado of North America. *Journal of Arid Environments*, *82*, 165-174.
12. Stavi, I., Barkai, D., Knoll, Y. M., Glion, H. A., Katra, I., Brook, A., & Zaady, E. (2017). Fire impact on soil-water repellency and functioning of semi-arid croplands and rangelands: Implications for prescribed burnings and wildfires. *Geomorphology*, *280*, 67-75.
13. Wagenbrenner, N. S., Germino, M. J., Lamb, B. K., Robichaud, P. R., & Foltz, R. B. (2013). Wind erosion from a sagebrush steppe burned by wildfire: Measurements of PM10 and total horizontal sediment flux. *Aeolian Research*, *10*, 25-36.

Pedogeomorphic consequences of wildfires and the associated environmental hazards

Neda Mohseni
Department of Geography, Ferdowsi University of Mashhad

Abstract

The aim of this research was to review the main effects of wildfire on ecological communities, soil characteristics, including hydrophobicity, aggregation and structure stability, and contents of organic carbon and nutrients, and surface processes, including ash deposition, water runoff, soil erosion, hillslope debris flow, water and wind erosion, and dry ravel. This review focuses on drylands. Yet, it seems that because of decreased soil aggregate stability following burning, the hoof action of livestock that access burnt lands shortly after the fire increases the shearing and detachment of mineral material from the ground surface; this increases soil erodibility, with the possible risk of accelerated land degradation. Further, the reduced aboveground biomass accelerates water runoff, leading to increased water erosivity and detachment of soil particles by either rill or interrill erosion. Along with the alluvial and fluvial processes, the decrease in vegetation cover, coupled with the increase in near-surface wind velocity, strengthen the wind's shear stress and raise the risk of wind erosion In addition to CO_2, wildfires also emit considerable amounts of methane that its global warming potential is 21 to 28 times greater than that of CO_2.This review can provide a framework to increase the environmental resilience and restoration efforts.

Keywords: climatic change, ecosystem srvices, water erosion, wind erosion