19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025

نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴

مدیریت جامع‌نگر و هوشمند خاک و آب
Holistic and Smart Soil and Water Management
دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

بررسی فصلی تغییرات جمعیت باکتری‌های خاک پس از آتش‌سوزی در جنگل‌های زاگرس

مسلم رازیانی [۱*]، علی بهشتی آل آقا[۲]، روح الله شریفی[۳]

۱- کارشناس ارشد بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

۲- دانشیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. * پست الکترونیکی نویسنده مسئول مقاله **beheshtiali97@gmail.com**

۳- استادیار، گروه گیاهپزشکی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

چکیده

آتش‌سوزی‌های جنگلی از عوامل کلیدی در تغییر ساختار و عملکرد اکوسیستم‌های خاکی به شمار می‌روند. این پژوهش با هدف بررسی اثرات فصلی آتش‌سوزی بر تنوع و جمعیت باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در جنگل‌های زاگرس انجام شد. نمونه‌برداری از خاک در منطقه لرینی کرمانشاه در پنج مرحله طی فصول مختلف و در دو تیمار سوخته و شاهد، از زیر و خارج تاج درختان انجام گرفت. نتایج نشان داد که آتش‌سوزی موجب تغییر در جمعیت باکتری‌های خاک، به‌ویژه در ماه‌های پس از حادثه می‌گردد. جمعیت باکتری‌های عمومی و دی‌آزوتروف‌ها در ابتدا کاهش یافت ولی با گذشت زمان و بهبود شرایط محیطی، به‌ویژه افزایش دما و دسترسی به عناصر معدنی، روند افزایشی را نشان دادند. باکتری‌های اسپوردار به‌دلیل مقاومت ساختاری اسپورها پایداری نسبی داشتند، اما نوسانات فصلی در جمعیت آن‌ها نیز مشاهده شد. به‌طور کلی، آتش‌سوزی می‌تواند هم موجب تخریب جامعه میکروبی و هم فرصتی برای بازسازی و تحول آن باشد. یافته‌ها می‌توانند در بازسازی زیستی مناطق آسیب‌دیده از آتش‌سوزی و مدیریت پایدار اکوسیستم‌های جنگلی مؤثر واقع شوند.

واژگان کلیدی: آتش‌سوزی جنگل، باکتری‌های خاک، تثبیت نیتروژن، تنوع میکروبی، جنگل‌های زاگرس.

مقدمه

آتش‌سوزی از عوامل زیستی مهمی است که نقش اساسی در تغییر عملکرد اکوسیستم‌های جنگلی دارد. خاک، به‌عنوان عنصر بنیادین این اکوسیستم‌ها، در معرض تغییرات کانی‌شناختی، فیزیکی، شیمیایی، بیوشیمیایی و زیستی ناشی از آتش قرار می‌گیرد که شدت آن بسته به نوع و الگوی آتش‌سوزی متفاوت است. این تغییرات بر چرخه مواد غذایی، تنوع زیستی، جمعیت موجودات خاک‌زی، میزان آبشویی و فرسایش خاک تأثیرگذار هستند (Hart et al., 2005).

از دهه ۱۹۷۰ میلادی، افزایش جمعیت، گسترش فعالیت‌های انسانی و رهاسازی اراضی کشاورزی باعث افزایش فراوانی و گستردگی آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع شده است. امروزه آتش‌سوزی یکی از تهدیدهای اصلی زیست‌محیطی جنگل‌هاست که سالانه میلیون‌ها هکتار را تخریب می‌کند. در این میان، نقش فعالیت‌های انسانی در بروز این پدیده بسیار پررنگ بوده و سالانه حدود $۱/۵ \times ۱۰^{۸}$ هکتار از جنگل‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این رخدادها افزون بر نابودی پوشش گیاهی، به ساختار و کیفیت خاک نیز آسیب جدی وارد می‌کنند (Goldammer, 2014).

باکتری‌ها نسبت به تنش‌هایی مانند فعالیت‌های کشاورزی، آتش‌سوزی و آلودگی بسیار حساس‌اند و آتش‌سوزی، با ایجاد تغییرات در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، بر جمعیت و تنوع باکتری‌های خاکی تأثیر می‌گذارد (Iriberri et al., 1988). باکتری‌ها، به‌دلیل نقش بنیادی در چرخه‌های زیستی و تغذیه‌ای اکوسیستم‌ها، از اهمیت بالایی برخوردارند و تنوع و کارکرد آن‌ها می‌تواند شاخصی برای بهره‌وری اکوسیستم باشد (Kang & Mills, 2004).

آتش‌سوزی می‌تواند باعث کاهش تنوع و غنای گونه‌ای باکتری‌ها، به‌ویژه در اثر افزایش دمای خاک، کاهش مواد آلی و نوسان شدید در رطوبت و pH خاک شود. باکتری‌های مقاوم به دما مانند *Firmicutes* و *Actinobacteria* پس از آتش‌سوزی افزایش می‌یابند، در حالی که گروه‌هایی مانند *Acidobacteria* ممکن است کاهش یابند (Dooley & Treseder, 2012).

در بلندمدت، جوامع میکروبی ممکن است دچار تغییرات پایداری شوند. برخی مطالعات نشان داده‌اند که بازیابی ساختار میکروبی خاک ممکن است سال‌ها طول بکشد و به شدت و نوع آتش‌سوزی بستگی دارد. با این حال، در شرایط مناسب، تنوع باکتریایی ممکن است به سطح پیش از آتش بازگردد (Dooley & Treseder, 2012).

جنگل‌های زاگرس به‌عنوان یکی از زیستگاه‌های اصلی بلوط در ایران، طی سال‌های اخیر شاهد افزایش چشمگیر در گستردگی و فراوانی آتش‌سوزی‌ها بوده‌اند. به دلیل ساختار تنک و پوشش تاج باز این جنگل‌ها، نوع آتش‌سوزی غالب در آن‌ها سطحی است. با این حال، ناهمگنی در ترکیب مواد سوختنی کف جنگل، می‌تواند به بروز آتش‌سوزی‌هایی با شدت و ویژگی‌های متفاوت منجر شود. گرمای ایجادشده در جریان این آتش‌سوزی‌ها مستقیماً بر خاک سطحی تأثیر گذاشته و با توجه به شدت حرارت، موجب تغییراتی در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک می‌گردد (Pourreza et al., 2014).

این پژوهش با هدف، بررسی اثرات فصلی آتش‌سوزی بر تنوع و ساختار جمعیت باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در جنگل‌های زاگرس انجام شد، تا از طریق درک عمیق تعاملات بین ریزوسفر و آتش، راهکارهایی مؤثر برای احیای اکوسیستم‌های آسیب‌دیده ارائه گردد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه بخشی از جنگل‌های زاگرس واقع در استان کرمانشاه، شهرستان گهواره (منطقه لرینی) است که در مختصات جغرافیایی °۳۴'۱۰"۳۵ عرض شمالی و °۴۶'۳۴"۲۸ طول شرقی قرار دارد. این منطقه به‌طور میانگین ۱۴۶۸ متر از سطح دریا ارتفاع دارد. این مطالعه به‌صورت فاکتوریل با دو تیمار (سوخته و نسوخته) و در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شد. نمونه‌برداری خاک در سه ردیف در منطقه سوخته و سه ردیف در منطقه شاهد، با فاصله‌های ۲۰ متر بین نقاط نمونه‌برداری و ۵۰ متر بین ردیف‌ها، انجام گرفت. نمونه‌ها از عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری خاک و از دو ناحیه زیر تاج درخت (جزیره حاصلخیزی) و خارج از تاج درخت برداشت شدند. فرآیند نمونه‌برداری در پنج مرحله و با فواصل زمانی دو ماهه طی ماه‌های مهر، آذر، بهمن، فروردین و خرداد انجام شد. پس از جمع‌آوری، نمونه‌های خاک به آزمایشگاه منتقل شدند.

برای شمارش کلونی‌های باکتریایی، ابتدا از یک گرم خاک، سوسپانسیونی به روش سری رقت تهیه شد. در رقت پنجم، ۵۰ میکرولیتر از هر نمونه به محیط کشت نوترینت آگار (Nutrient Agar, NA) در پتری‌دیش منتقل گردید. پس از ۴۸ ساعت

انکوباسیون در دمای مناسب، کلونی‌های رشد یافته شمارش شدند (Sanders, 2012). به‌منظور جداسازی باکتری‌های اسپوردار (گرمادوست)، نمونه‌ها در حمام آب گرم با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد تیمار شده و سپس از رقت چهارم، ۵۰ میکرولیتر به محیط کشت عمومی منتقل گردید. برای جداسازی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن (دی‌آزوتروف‌ها)، از محیط کشت اختصاصی براکز (Burk's medium) استفاده شد (Park et al., 2005). داده‌ها با نرم‌افزار SAS 9.4 مورد تجزیه واریانس قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد بررسی شدند.

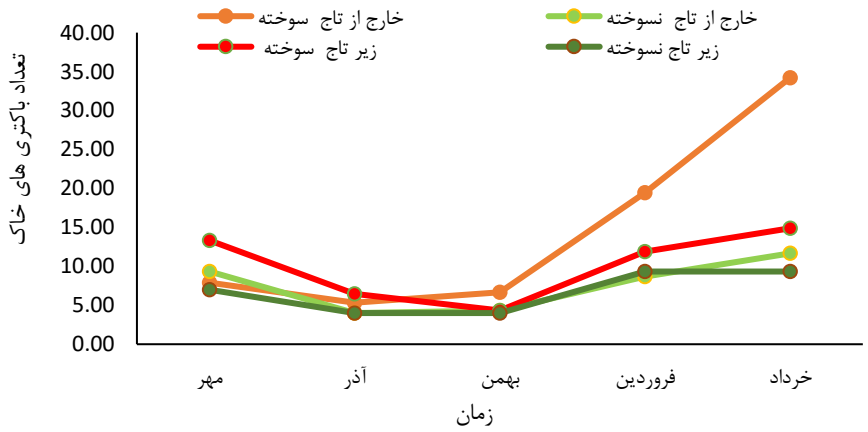
نتایج و بحث

جمعیت باکتری‌های عمومی خاک پس از آتش‌سوزی:

نتایج حاصل نشان داد که جمعیت باکتری‌های خاک تحت تأثیر آتش‌سوزی و تغییرات فصلی قرار می‌گیرد. در آغاز مطالعه، بیشترین تراکم باکتریایی در خاک زیر تاج درختان سوخته و کمترین مقدار در خاک زیر تاج نسوخته مشاهده شد (شکل ۱). با کاهش دما در فصل‌های سرد، جمعیت باکتریایی در تمامی تیمارها کاهش یافت و کمترین تراکم در ماه بهمن ثبت شد (شکل ۱). با شروع فصل گرم و افزایش دما، روند افزایشی در جمعیت باکتری‌ها مشاهده شد که نشان‌دهنده بهبود شرایط زیستی میکروبی است (شکل ۱). در تیمارهای مختلف، بیشترین جمعیت باکتری در خاک خارج از تاج درختان سوخته ثبت گردید؛ که احتمالاً ناشی از تغییرات حاصل از آتش‌سوزی مانند افزایش pH و غنای مواد معدنی خاکستر بوده است.

آتش‌سوزی سبب افزایش قابلیت تجزیه مواد آلی می‌شود و بدین ترتیب رشد میکروبی تقویت می‌گردد (Verma & Jayakumar, 2012). آتش‌سوزی‌های سطحی می‌توانند با ایجاد تغییراتی چون افزایش pH و ورود خاکستر، منابع معدنی جدیدی برای تغذیه باکتری‌ها فراهم کنند (Bodí et al., 2014; Certini, 2005). باکتری‌های خاک نقشی کلیدی در بازسازی اکوسیستم ایفا می‌کنند و از طریق تجزیه و چرخه‌های زیستی، بازگشت پوشش گیاهی را تسهیل می‌نمایند (Chen et al., 2024; Wang et al., 2024). باکتری‌های خاک نقشی کلیدی در بازسازی اکوسیستم ایفا می‌کنند و از طریق تجزیه و چرخه‌های زیستی، بازگشت پوشش گیاهی را تسهیل می‌نمایند (Robinson et al., 2024; Wang et al., 2024).

مطالعات مختلف نشان داده‌اند که جمعیت میکروبی خاک پس از آتش‌سوزی دچار کاهش چشمگیر می‌شود، به‌طوری‌که در ۹۰ روز نخست پس از آتش‌سوزی، افت قابل‌توجهی در فعالیت و تراکم میکروبی مشاهده می‌شود. با این حال، در ادامه و با بهبود شرایط محیطی، روند بازیابی میکروبی آغاز می‌گردد (Fultz et al., 2016; Garrido-Ruiz et al., 2022). تأثیر آتش‌سوزی بر جامعه میکروبی به شدت، مدت زمان و نوع آتش وابسته است؛ به‌طوری‌که می‌تواند از نابودی کامل جمعیت‌های میکروبی تا عدم تأثیر محسوس متغیر باشد (Lucas-Borja et al., 2019; Zhou et al., 2024).



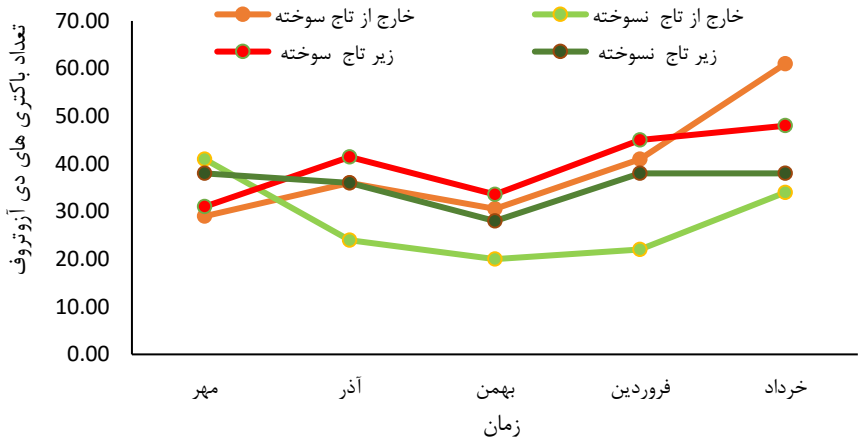
شکل ۱. تغییرات جمعیت باکتری‌های عمومی در خاک در زمان‌های مختلف پس از آتش‌سوزی

جمعیت باکتری‌های دی‌آزوتروف (تثبیت‌کننده نیتروژن) پس از آتش‌سوزی

نتایج حاصل نشان داد که جمعیت باکتری‌های دی‌آزوتروف (تثبیت‌کننده نیتروژن) در زمان‌های مختلف پس از آتش‌سوزی دارای نوسان بوده و به‌شدت تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد. در آغاز مطالعه، بیشترین تراکم این باکتری‌ها در خاک

زیر تاج نسوخته (۵۳ کلونی) و سپس خارج تاج نسوخته (۴۲ کلونی) مشاهده شد. در ادامه و با گذشت زمان، ابتدا جمعیت این باکتری‌ها افزایش یافت، اما با ورود به فصل سرد و کاهش دما، کاهش چشمگیری در تمامی تیمارها مشاهده شد. با گرم شدن مجدد هوا، افزایش جمعیت تثبیت‌کننده‌های نیتروژن به‌ویژه در تیمارهای سوخته (زیر و خارج تاج) ثبت شد که به احتمال زیاد ناشی از افزایش دسترسی به عناصر معدنی آزادشده در اثر آتش‌سوزی است (شکل ۲).

عوامل متعددی مانند مورفولوژی ریشه، ترشحات ریشه، وضعیت رشد گیاه و خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، همگی بر ساختار و توزیع جوامع میکروبی در خاک تأثیر می‌گذارند (Martin Thiagaraja et al., 2025). در مطالعه حاضر نیز به‌طور کلی جمعیت دی‌آزوتروف‌ها در خاک‌های سوخته بیش از خاک‌های شاهد گزارش شد (شکل ۲). همچنین جامعه تثبیت‌کننده نیتروژن می‌تواند در عرض یک ماه پس از آتش‌سوزی متنوع‌تر شود، که این یافته با نتایج کنونی هم‌راستا است (Arunrat, Sansupa, et al., 2024; Yeager et al., 2005). برخی عوامل مانند افزایش دمای خاک، تخریب پوشش گیاهی، سیاه شدن سطح خاک، فرسایش و آبشویی مواد مغذی می‌توانند موجب کاهش موقت یا پایدار جمعیت این باکتری‌ها شوند (Arunrat, Kongsurakan, et al., 2024). در مناطق خشک و نیمه‌خشک، رطوبت خاک نقش بسیار مهمی در بازسازی جمعیت باکتریایی ایفا می‌کند. کمبود رطوبت ممکن است باعث کند شدن فرآیند بازیابی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن شود (Rousk et al., 2018).



شکل ۲. تغییرات جمعیت باکتری دی‌آزوتروف‌ها در خاک در زمان‌های مختلف پس از آتش‌سوزی

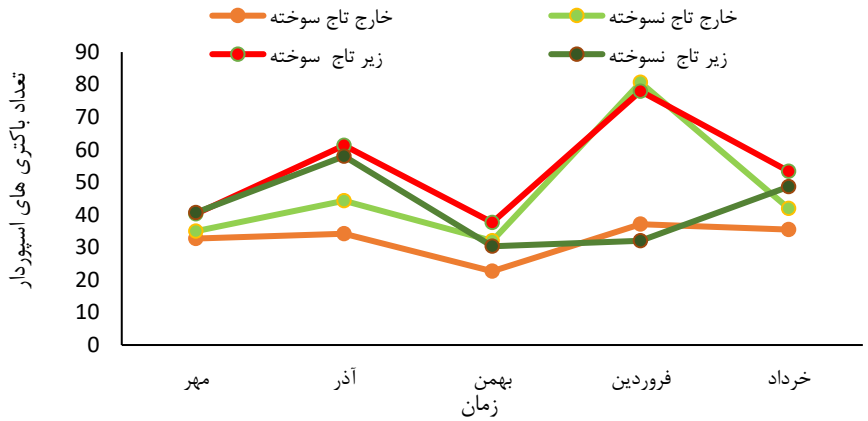
جمعیت باکتری‌های اسپوردار پس از آتش‌سوزی

تغییرات جمعیت باکتری‌های اسپوردار در طی زمان‌های مختلف نمونه‌برداری پس از آتش‌سوزی فاقد الگوی مشخص و ثابتی بود. در ابتدای مطالعه، بیشترین تراکم این باکتری‌ها در خاک زیر تاج درختان (سوخته و نسوخته) گزارش شد (شکل ۳). در آذرماه (دوره دوم نمونه‌برداری)، تعداد باکتری‌های اسپوردار در همه تیمارها (سوخته و شاهد) به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافت (شکل ۳). با کاهش دما در فصل زمستان، جمعیت کاهش یافت؛ اما در بهار با افزایش دما، مجدداً افزایش جمعیت مشاهده شد. در نهایت، در خردادماه (آخرین مرحله نمونه‌برداری)، جمعیت باکتری‌های اسپوردار در همه تیمارها کاهش یافت (شکل ۳).

نتایج این تحقیق نشان داد که برخلاف برخی دیگر از گروه‌های میکروبی خاک، جمعیت باکتری‌های اسپوردار روند مشخصی را دنبال نمی‌کند و بیشتر تحت تأثیر شرایط فیزیکی، آتش‌سوزی، دما و فصل قرار دارد. مطالعه Grasso و همکاران (۱۹۹۶) نیز الگوی مشابهی را گزارش کرد، بلافاصله پس از گرمایش خاک، جمعیت باکتری‌های اسپوردار کاهش یافت، اما در فاصله‌ی ۲۴ ساعت تا ۱۸ روز بعد افزایش داشت، و دوباره پس از حدود یک ماه کاهش نشان داد. این تغییرات نیز فاقد تفاوت آماری معنادار با گروه شاهد بودند، اما الگوی نوسانی مشابهی با پژوهش حاضر داشتند (Grasso et al., 1996).

افزایش دمای خاک در پی آتش‌سوزی می‌تواند موجب کاهش سریع و چشمگیر جمعیت میکروبی شود. با این حال، در مورد باکتری‌های اسپوردار، به دلیل ساختار مقاوم اسپورها، این گروه توانایی بقاء بیشتری در شرایط سخت دارد. با وجود این ویژگی

حفاظتی، عواملی مانند شسته‌شدن مواد معدنی به لایه‌های عمقی خاک و کاهش تهویه خاک در اثر تراکم خاکستر می‌توانند در دوره‌های مختلف، کاهش جمعیت این باکتری‌ها را رقم بزنند. بنابراین، پایداری نسبی این باکتری‌ها در برابر حرارت لزوماً به معنای ثبات جمعیتی آن‌ها در بلندمدت نخواهد بود (Ahmed et al., 2024; Arunrat, Sansupa, et al., 2024).



شکل ۳. تغییرات جمعیت باکتری‌های اسپوردار در خاک در زمان‌های مختلف پس از آتش‌سوزی

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که آتش‌سوزی تأثیر قابل‌توجهی بر جمعیت‌های میکروبی خاک دارد و این اثرات بسته به نوع باکتری، شدت و مدت آتش‌سوزی، فصل و شرایط محیطی متفاوت است. جمعیت باکتری‌های عمومی، تثبیت‌کننده نیتروژن (دی‌آزوتروف‌ها) و باکتری‌های اسپوردار همگی نوسانات مشخصی در واکنش به آتش‌سوزی و تغییرات فصلی نشان دادند. اگرچه در کوتاه‌مدت کاهش جمعیت میکروبی مشهود بود، اما با گذشت زمان و بهبود شرایط محیطی، روند بازیابی آغاز شد. برخی باکتری‌ها مانند دی‌آزوتروف‌ها حتی افزایش نسبی در مناطق سوخته داشتند که احتمالاً ناشی از افزایش مواد معدنی قابل دسترس بود، در حالی که اسپوردارها به دلیل ساختار مقاوم اسپور، رفتار پایدارتری از خود نشان دادند. در مجموع، می‌توان گفت آتش‌سوزی‌ها هم‌زمان تهدیدی برای تنوع و پایداری میکروبی خاک و نیز فرصتی برای بازآرایی جامعه میکروبی به شمار می‌روند.

فهرست منابع

Ahmed, F., Zhang, D., Tang, X., & Malakar, P. K. (2024). Targeting Spore-Forming Bacteria: A Review on the Antimicrobial Potential of Selenium Nanoparticles. Foods, 13(24), 4026 .

Arunrat, N., Kongsurakan, P., Solomon, L. W., & Sereenonchai, S. (2024). Fire Impacts on Soil Properties and Implications for Sustainability in Rotational Shifting Cultivation: A Review. Agriculture, 14(9), 1660. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agriculture14091660

Arunrat, N., Sansupa, C., Sereenonchai, S., & Hatano, R .(۲۰۲٤) .Short-term response of soil bacterial and fungal communities to fire in rotational shifting cultivation, northern Thailand. Applied Soil Ecology, 196, 105303. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2024.105303

Bodí, M. B., Martin, D. A ,.Balfour, V. N., Santín, C., Doerr, S. H., Pereira, P., Cerdà, A., & Mataix-Solera, J. (2014). Wildland fire ash: Production, composition and eco-hydro-geomorphic effects. Earth-Science Reviews, 130, 103-127. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.12.007

Certini, G. (2005). Effects of fire on properties of forest soils: a review. Oecologia, 143, 1-10. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00442-004-1788-8

Chen, Q., Song, Y., An, Y., Lu, Y., & Zhong, G. (2024). Soil Microorganisms :Their Role in Enhancing Crop Nutrition and Health. Diversity, 16(12), 734. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/d16120734

Dooley, S. R., & Treseder, K. K. (2012). The effect of fire on microbial biomass: a meta-analysis of field studies. Biogeochemistry, 109, 49-61. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10533-011-9633-8

Fultz, L. M., Moore-Kucera, J., Dathe, J., Davinic, M., Perry, G., Wester, D., Schwilk, D. W., & 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. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.10.023

Garrido-Ruiz, C., Sandoval, M., Stolpe, N., & Sanchez-Hernandez, J. C. (2022). Fire impacts on soil and post fire emergency stabilization treatments in Mediterranean-climate regions. Chilean journal of

agricultural research, 82(2), 335-347. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392022000200335

Goldammer, J. G. (2014). Fire Management in Tropical Forests. In M. Köhl & L. Pancel (Eds.), Tropical Forestry Handbook (pp. 1-42). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-642-41554-8_207-2

Grasso, G., Ripabelli, G., Sammarco, M. L., & Mazzoleni, S. (1996). Effects of heating on the microbial populations of a grassland soil. International Journal of Wildland Fire, 6(2), 67-70 .

Hart, S. C., DeLuca, T. H., Newman, G. S., MacKenzie, M. D., & Boyle, S. I. (2005). Post-fire vegetative dynamics as drivers of microbial community structure and function in forest soils. Forest Ecology and Management, 220(1-3), 166-184. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.08.012

Iriberri, J., Rodriguez, M., Egea, L., & Barcina ,I. (1988). Spatial and seasonal distribution of bacterial physiological groups in two reservoirs with different trophic levels. Acta hydrochimica et hydrobiologica, 16(2), 145-155. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/aheh.19880160204

Kang, S., & Mills, A. L. (2004). Soil bacterial community structure changes following disturbance of the overlying plant community. Soil Science, 169(1), 55-65. https://doi.org/10.1097/01.ss.0000112014.97541.ba

Lucas-Borja, M. E., Miralles, I., Ortega, R., Plaza-Álvarez, P. A., Gonzalez-Romero, J., Sagra, J., Soriano-Rodríguez, M., Certini, G., Moya, D., & Heras, J. (2019). Immediate fire-induced changes in soil microbial community composition in an outdoor experimental controlled system. Science of The Total Environment, 696, 134033. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134033

Martin Thiagaraja, S., G., S., S., M., D., B., C., T., & and Surendran, U. (2025). Influence of Rooting Pattern and Root Chemical Characteristics on Soil Properties. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 56(11), 1751-1766. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00103624.2025.2474180

Park, M., Kim, C., Yang, J., Lee, H., Shin, W., Kim, S., & Sa, T. (2005). Isolation and characterization of diazotrophic growth promoting bacteria from rhizosphere of agricultural crops of Korea. Microbiological Research, 160(2), 127-133. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.micres.2004.10.003

Pourreza, M., Hosseini, S. M., Sinegani, A. A. S., Matinizadeh, M., & Alavai, S. J .(۲۰۱٤) .Herbaceous species diversity in relation to fire severity in Zagros oak forests, Iran. Journal of Forestry Research, 25(1), 113-120. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11676-014-0436-3

Robinson, J. M., Liddicoat, C., Muñoz-Rojas, M., & Breed, M. F. (2024). Restoring Soil Biodiversity. Current Biology, 34(9), R393-R398. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cub.2024.02.035

Rousk, K., Sorensen, P. L., & Michelsen, A. (2018). What drives biological nitrogen fixation in high arctic tundra :moisture or temperature? Ecosphere, 9(2), e02117. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ecs2.2117

Sanders, E. R. (2012). Aseptic laboratory techniques: plating methods. Journal of Visualized Experiments(63), e3064. https://doi.org/https://doi.org/10 ۳۰٦٤/۳۷۹۱.

Verma, S., & Jayakumar, S. (2012). Impact of forest fire on physical, chemical and biological properties of soil: A review. proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences, 2(3), 168 .

Wang, X., Chi, Y., & Song, S.(2024). Important soil microbiota's effects on plants and soils: a comprehensive 30-year systematic literature review. Front Microbiol, 15, 1347745. https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1347745

Yeager, C. M., Northup, D. E., Grow, C. C ,.Barns, S. M., & Kuske, C. R. (2005). Changes in nitrogen-fixing and ammonia-oxidizing bacterial communities in soil of a mixed conifer forest after wildfire. Applied and Environmental Microbiology, 71(5), 2713-2722. https://doi.org/https://doi.org/10.1128/AEM.71.5.2713-2722.2005

Zhou, H., Yang, M., Luo, X., Yang, Z., Wang, L., Liu, S., Zhang, Q., Luo, M., Ou, J., Xiong, S., Qin, Y., & Li, Y. (2024). Short-Term Impacts of Fire and Post-Fire Restoration Methods on Soil Properties and Microbial Characteristics in Southern China. Fire, 7(12), 474. https://www.mdpi.com/2571-6255/7/12/474

Seasonal Assessment of Soil Bacterial Population Dynamics Following Wildfire in the Zagros Forests

Moslem Raziani[1], Ali Beheshti Ale Agha[*2], Rohollah Sharifi [3]

1- M.Sc. in Soil Biology, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran.
2- Associate Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran, (*Corresponding author: beheshtiali97@gmail.com)
3- Assistant Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran

Abstract

Forest fires are among the key factors altering the structure and function of soil ecosystems. This study aimed to investigate the seasonal effects of fire on the diversity and population of nitrogen-fixing bacteria in the Zagros forests. Soil sampling was conducted in five stages across different seasons in burned and unburned (control) plots, both under and outside tree canopies, in the Lerini region of Kermanshah. The results showed that fire had a significant impact on soil bacterial populations, particularly in the months following the incident. The populations of general bacteria and diazotrophs initially decreased but increased over time as environmental conditions improved, mainly due to rising temperatures and enhanced access to mineral elements. Spore-forming bacteria, due to their structural resistance, exhibited relative stability, although seasonal fluctuations were also observed in their populations. Overall, wildfires can lead to both the destruction and the potential reassembly of microbial communities. These findings may contribute to the biological restoration of fire-affected areas and support sustainable management of forest ecosystems.

Keywords: Forest fire, Soil bacteria, Nitrogen fixation, Microbial diversity, Zagros forests.