



مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس

پژوهش‌های آبخیزداری

شاپا: ۲۰۳۸-۲۹۸۱



مادان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی

ارزیابی نقش خصوصیات بارش و آتش‌سوزی تجویزی بر اندازه رواناب و آبشویی عناصر مغذی خاک در پارک جنگلی چغاسبز ایلام

طاهره ارغند^۱، نورالدین رستمی^{۲*}، مهدی حیدری^۳، مرتضی قیصوری^۴

۱ - دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت و کنترل بیابان، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایران

۲ - دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایران

۳ - استاد گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایران

۴ - دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف

خاک یکی از اجزای مهم زمین، با عملکردها و خدمات پرشمار بوم‌سازگانی است که برای حیات پایدار در کره زمین ضروری است. با از بین رفتن خاک سطح زمین بر اثر فرسایش، در سراسر جهان، توان تولیدی خاک بوم‌سازگان‌های طبیعی از جمله جنگل‌ها و مراتع و زمین‌های کشاورزی کاهش می‌یابد. این پژوهش با هدف بررسی نقش مدت بارش و آتش‌سوزی تجویزی بر تولید رواناب و عناصر مغذی خاک زیراشکوب گونه‌های گوناگون درختی در پارک جنگلی چغاسبز، استان ایلام انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش اندازه رواناب، رسوب و عناصر مغذی موجود در رواناب در توده‌های جنگل کاری شده با سرو زربین (*Cupressus sempervirens* L)، جنگل طبیعی بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl) و قطعه شاهد (خارج از تاج‌پوشش اشکوب فوقانی) در دو وضعیت آتش‌سوزی تجویزی و بدون آتش‌سوزی با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز باران در مدت‌های بارش ۱۵ و ۳۰ دقیقه با شدت ثابت ۸۰ میلی‌متر در ساعت اندازه‌گیری شد. در این

نوع مقاله: پژوهشی

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: n.rostami@ilam.ac.ir

استناد: ارغند، ط، رستمی، ن، حیدری، م، قیصوری، م. ۱۴۰۳. ارزیابی نقش خصوصیات بارش و آتش‌سوزی تجویزی بر اندازه رواناب و آبشویی عناصر مغذی خاک در پارک جنگلی چغاسبز ایلام. پژوهش‌های آبخیزداری، ۳۷ (۴): ۹۹-۱۱۸.

شناسه دیجیتال: 10.22092/WMRJ.2024.364885.1575

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۲، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۲/۱۹، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۸، تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۰/۱۲

پژوهش‌های آبخیزداری، سال ۱۴۰۳، دوره ۳۷، شماره ۴، شماره پیاپی ۱۴۵، زمستان ۱۴۰۳، صفحه‌های ۹۹ تا ۱۱۸.

ناشر: مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس

© نویسندگان



پژوهش اثر نوع گونه بر اندازه رواناب، رسوب و عناصر مغذی بررسی شد. همچنین، خصوصیات اصلی خاک شامل بافت خاک، ضخامت لاشبرگ، اسیدیته خاک اندازه‌گیری شد. برای بررسی تفاوت متغیرهای بررسی شده میان گونه‌های مطالعه‌شده از تجزیه پراکنش یک‌طرفه استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج بررسی رواناب در قطعه‌های آزمایشی تیمار آتش‌سوزی تجویزی و مقایسه گونه‌های مطالعه‌شده در بازه‌های زمانی، نشان داد که در بازه‌های گوناگون، آتش‌سوزی باعث افزایش اندازه رواناب شد به طوری که در مدت بازه ۳۰ دقیقه در قطعه شاهد رواناب با اندازه ۱۷ لیتر تولید شد که این اندازه رواناب در مقایسه با دو توده سرو و بلوط افزایش معنی‌داری داشت.

همچنین، بیشترین اندازه رسوب کل در بازه زمانی ۳۰ دقیقه در قطعه شاهد ۱۰۸/۱۵ گرم بود و کمترین اندازه آن در بازه زمانی ۱۵ دقیقه در توده سرو زربین ۵۲/۶۴ گرم بود. از سوی دیگر، در تیمار بدون آتش‌سوزی مشخص شد که بیشترین اندازه رواناب در منطقه مطالعه‌شده به ترتیب در بازه زمانی ۱۵ و ۳۰ دقیقه در قطعه شاهد با اندازه ۵ و ۱۷ لیتر بود. بررسی همزمان رواناب و رسوب قطعه‌های آزمایشی نشان داد که روند هر دو مشابه بود و با افزایش رواناب، رسوب نیز افزایش یافت.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

بر اساس نتایج این پژوهش مشخص شد که تغییر در عرصه‌های طبیعی زاگرس مانند آتش‌سوزی می‌تواند فرایند تولید رواناب را افزایش دهد و باعث هدررفت عناصر مغذی موجود در خاک و تغییر خصوصیات شیمیایی خاک شود. پیشنهاد می‌شود، اثر افزودن مواد آلی اصلاح‌کننده یا پوشش‌دهنده خاک بر خصوصیات خاک، رواناب و رسوب پس از آتش‌سوزی بررسی و شبیه‌سازی شود.

واژگان کلیدی: آتش‌سوزی، شبیه‌ساز باران، مواد مغذی خاک، ضریب رواناب، هدررفت خاک

مقدمه

(۲۰۱۱)؛ و با توجه به اینکه افق سطحی خاک اغلب با اندازه مشخصی از مواد آلی باعث بهبود نفوذ و افزایش ظرفیت نگهداری آب می‌شود، هدررفت آن نیز به عامل‌هایی مانند بافت، ساختمان، اندازه مواد آلی و نفوذپذیری نیم‌رخ خاک بستگی دارد.

از بین این عامل، مواد آلی نقشی مؤثری بر پایداری خاکدانه‌ها و نفوذپذیری خاک دارند (واعظی ۲۰۰۵). با این حال راه‌کارهای پرشماری به‌منظور افزایش نفوذپذیری خاک و کاهش رواناب سطحی پیشنهاد و اجرا شده است (آدمی و خالدی‌درویشیان ۲۰۲۲). افزودن ماده آلی به خاک تأثیر عمده‌ای در افزایش تولید محصول دارد و تأثیر مستقیمی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک دارد (سلیمانی و آزموه ۲۰۱۱؛ استیونسون ۱۹۹۴؛ آنون ۱۹۸۲). ماده آلی خاک مانع از فروپاشی خاکدانه (عمادی و همکاران ۲۰۰۹)، کاهش فرسایش‌پذیری خاک (سلیک ۲۰۰۵)، بهبود ساختمان خاک و جلوگیری از تشکیل سله و بسیاری از عامل‌های دیگر خواهد شد (کاسترو و همکاران ۲۰۰۲) و با جذب رطوبت بیشتر و تقویت پوشش گیاهی از جاری شدن آب بر سطح زمین جلوگیری می‌کند (جونز و همکاران ۲۰۱۴).

پوشش گیاهی و به‌ویژه جنگل‌های طبیعی و جنگل‌کاری‌ها

خاک یکی از اجزای مهم زمین، با عملکردها و خدمات بوم‌سازگان پرشماری است که برای حیات پایدار در کره زمین ضروری است (رستمی و ربانی ۲۰۲۳). نابودی خاک بیانگر کاهش ظرفیت آن برای پشتیبانی از عملکردها و خدمات بوم‌سازگان است که ناشی از فرسایش تشدید، شور شدن، برهم خوردن تعادل عناصر مغذی، اسیدی شدن، کاهش کربن آلی و کاهش تنوع زیستی آن است (لال ۲۰۱۲). با از بین رفتن خاک سطح زمین بر اثر فرسایش، در سراسر جهان، توان تولیدی بوم‌سازگان‌های طبیعی از جمله جنگل‌ها و مراتع و زمین‌های کشاورزی را کاهش می‌یابد (سامونیل و همکاران ۲۰۲۲)؛ کاستریدیس و همکاران (۲۰۲۲) و این موضوع یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست‌محیطی در جهان هر ساله خسارت‌های زیادی به‌وجود می‌آورد (لسی و همکاران ۲۰۰۷). برای میانگین فرسایش خاک در ایران، اعداد متفاوتی از ۵/۵ (عرب‌خردی و همکاران ۲۰۱۸) تا ۲۴ (محمدی و همکاران ۲۰۱۸) تن در هکتار در سال گزارش شده است.

از اثرات مهم فرسایش خاک، هدررفت عناصر مغذی خاک و کاهش حاصل‌خیزی آن است (نیکجو و کیل‌آباد و همکاران ۲۰۲۳). از طرف دیگر، فرسایش خاک نقش بارزی در هدررفت ماده آلی از سطح آبخیزها دارد (نور و میرنیا

فقط در کاربری زراعت معنی‌دار شد. در پژوهشی، ژائو و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز باران، اثر شدت بارش و پوشش گیاهی بر فرسایش را بررسی کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که پوشش گیاهی هدررفت خاک را در قطعه آزمایشی مهار کرد و تا ۸۸ تا ۹۹٪ اندازه آن را کاهش داد. همچنین، شدت بارش با تأثیر بر حجم رواناب در مهار اندازه هدررفت خاک مؤثر است. در هند سینگ و همکاران (۲۰۲۱) تأثیر آتش‌سوزی‌های جنگل کاج و بلوط را بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و میکروبی خاک و فعالیت آنزیمی بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که زیست‌توده میکروبی کربن و نیتروژن پایه در خاک در هر دو جنگل کاهش یافت در حالی که فعالیت دهیدروناژ در مکان‌های سوخته در هر دو نوع جنگل افزایش یافت. تغییر کلی کربن زیست‌توده میکروبی خاک در جنگل‌های سوخته بلوط و کاج به ترتیب ۶۳ و ۴۰٪ بود. در منطقه کجور، فرهادی‌فر و همکاران (۲۰۲۱) عناصر مغذی -C, N, Ca, Mg, K- در P در لاشبرگ و انباشتگی آنها در خاک را در رویشگاه مرتعی با گونه غالب *Stachys byzantina* K. Koch. و *Rhamnus pallasii* Fisch. and C.A.Mey رویشگاه جنگلی با گونه غالب بلوط (*Quercus castaneifolia* C.A. Mey.) اندازه‌گیری کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین اندازه‌های کربن آلی و نیتروژن کل لاشبرگ به ترتیب ۸۴/۵۲ و ۲/۹۷٪ بود که در رویشگاه مرتعی با پوشش *Rh. pallasii* به دست آمد. بیشترین اندازه کلسیم و منیزیم قابل جذب به ترتیب ۰/۷٪ و ۲۹۱/۴٪ بود که در لاشبرگ رویشگاه جنگلی مشاهده شد. همچنین، بیشترین اندازه پتاسیم و فسفر قابل جذب به ترتیب ۱/۳۶ و ۰/۱۴۹٪ بود که در لاشبرگ رویشگاه مرتعی با پوشش *St. byzantina* به دست آمد. در جنگل‌های زاگرس، رستمی و همکاران (۲۰۲۲) اندازه رواناب و تلفات خاک پس از آتش‌سوزی را در دو کاربری جنگل (بلوط و کاج) و زمین‌های زراعی با شرایط شبیه‌سازی باران ارزیابی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد رواناب و فرسایش ناشی از آتش‌سوزی به شکل محسوس در زمین‌های جنگلی تا ۹۵٪ افزایش یافت. کاهش کیفیت و سلامت خاک به دلیل نبودن مدیریت مناسب زمین و یا تغییر در کاربری زمین‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران به یک چالش اساسی تبدیل شده است و بر عناصر مغذی خاک نیز تأثیرگذار است (جوادی و همکاران ۲۰۲۰؛ حیدری و همکاران ۲۰۲۰؛ اسحاقی‌راد و همکاران ۲۰۱۱). در آبخیز زرین‌آباد ساری، فدایی و همکاران (۲۰۲۲) اثرات آتش‌سوزی بر ویژگی‌های کیفی خاک در یک منطقه جنگلی معرف در جنگل‌های هیرکانی را بررسی کردند. به این منظور، این پژوهشگران چهار مکان مختلف شامل جنگل‌های نسوخته طبیعی، جنگل‌های سوخته

یکی از عامل‌های مهم مهار رواناب و رسوب به‌شمار می‌آیند. پوشش گیاهی با کاهش فرسایش خاک به‌واسطه ربایش قطرات باران و کاهش انرژی جنبشی آن به‌وسیله تاج‌پوشش، اصلاح خاک با افزودن ماده آلی و لاشبرگ به خاک زیراشکوب، موجب حفاظت خاک می‌شود (کاسرمیرو و همکاران ۲۰۰۴). از این‌رو، در زمینی که پوشش گیاهی مناسب وجود داشته باشد، حتی با وجود بارندگی شدید و شیب تند، شدت فرسایش کاهش خواهد یافت (رفاهی ۲۰۰۶). به‌طور کلی، امروزه فرسایش خاک و پیامدهای ناشی از آن از جمله بیابان‌زایی (نور و همکاران ۲۰۲۳) یکی از مهم‌ترین چالش‌های مدیریتی در زمینه حفظ منابع آب و خاک است. از این‌رو، نیاز است این مسئله به شکل کمی بررسی شود (مقدمی‌راد و همکاران ۲۰۱۸). در پژوهشی، جانائو و همکاران (۲۰۱۴) کربن آلی محلول و مواد مغذی خارج‌شده از زمین‌های شیب‌دار در کاربری‌های گوناگون را اندازه‌گیری کردند و نشان دادند کمترین و بیشترین اندازه کربن آلی محلول، در یک بارش ۴۰ دقیقه‌ای به ترتیب در زمین‌های لخت و زمین‌های جنگل کاری بدون لاشبرگ مشاهده شد.

در آبخیز کچیک در استان گلستان، عباسی و همکاران (۲۰۱۷) در پنج کاربری زمین در چهار طبقه شیب و قطعه‌های ۴ مترمربعی رواناب و رسوب را جمع‌آوری و اندازه‌گیری کردند و نشان دادند که به ترتیب ماده آلی، فسفر و ظرفیت تبادل کاتیونی بیشترین تأثیر را در اندازه رواناب و رسوب داشت. از سوی دیگر، با توجه به نقش پوشش گیاهی در کاهش رواناب و رسوب، مدیریت صحیح و اصلاح کاربری زمین در کاهش اثرات منفی آن‌ها تأثیر زیادی داشت. آلکانیز و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی اثرات کوتاه‌مدت و بلندمدت آتش‌سوزی‌های تجویز شده بر خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، چکیده‌ای از مزایا و معایب این فن را در راستای اینکه آیا آتش‌سوزی‌های تجویز شده می‌تواند برای مدیریت مفید باشند یا خیر، گزارش کردند. نتایج بررسی آن‌ها نشان داد که آتش‌سوزی‌های تجویز شده بر ویژگی‌های خاک تأثیرگذار بود اما، اندازه اثر آن با توجه به ویژگی‌های اولیه خاک، پوشش گیاهی یا نوع آتش‌سوزی بسیار متفاوت بود. در آبخیز کاکاشرف در استان لرستان، بهرمی و همکاران (۲۰۱۸) تأثیر کاربری زمین‌ها و طبقات شیب بر هدررفت فسفر و پتاسیم در رواناب تولیدشده را بررسی کردند و اندازه تلفات عناصر فسفر و پتاسیم ناشی از هر بارش در سه کاربری و سه شیب را اندازه‌گیری کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که میانگین هدررفت فسفر در رواناب کاربری مرتع بیشترین و در کاربری زراعت کم‌ترین بود. همچنین اثر شیب بر هدررفت فسفر در کاربری جنگل در سطح ۱٪ و زراعت در سطح ۵٪ معنی‌دار بود ولی در کاربری مرتع معنی‌دار نشد و اثر شیب بر هدررفت پتاسیم

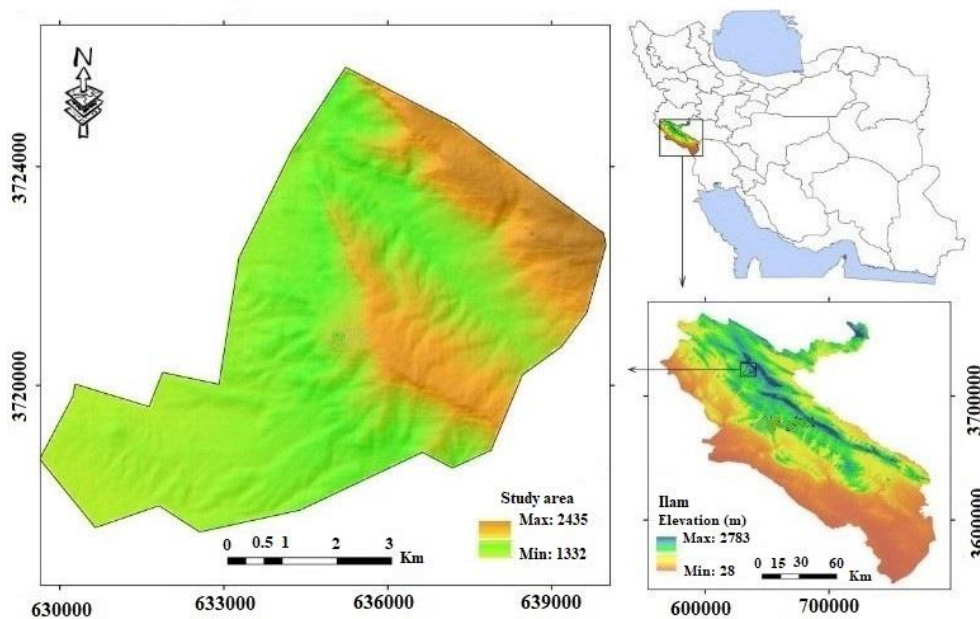
طبیعی، مزارع نسوخته و مزرعه سوخته انتخاب کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که درصد شن، لای، پایداری خاکدانه، آب‌گریزی خاک، کربن آلی، مواد آلی، نیتروژن کل خاک، پتاسیم و فسفر قابل جذب، هدایت الکتریکی و pH در هنگام سوزاندن سطح خاک، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت؛ اما درصد رس، نفوذ اولیه، نهایی و متوسط در مناطق سوخته در مقایسه با دیگر وضعیت‌های جنگلی روند کاهشی داشت. افزون بر این، هیچ اثر معنی‌داری بر جرم مخصوص حقیقی و ظاهری، تخلخل و رطوبت خاک مشاهده نشد. در مراتع و بوته‌زارهای کامیاران، اخزری و همکاران (۲۰۲۲) اثرات آتش‌سوزی بر برخی از ویژگی‌های خاک و پوشش گیاهی مرتع بررسی کردند. در این پژوهش، pH خاک، هدایت الکتریکی، پتاسیم، کلسیم، محتوای سدیم و منیزیم به‌عنوان ویژگی‌های خاک و تنوع و تراکم (درصد پوشش زمین) به‌عنوان ویژگی‌های پوشش گیاهی ارزیابی شد. نتایج این پژوهش نشان داد که پس از آتش‌سوزی کاهش معنی‌داری در تنوع گونه‌ای مشاهده شد. در پژوهشی، کله‌هویی و همکاران (۲۰۲۳) با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز باران اثر باران همراه با باد از باد بر فرسایش‌های پاشمانی و میان‌شیاری در شرایط آزمایشگاهی را با شدت بارندگی ۵۰ میلی‌متر در ساعت با مهار بدون باد و در دو سرعت باد را بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که باد بر تولید رواناب و اجزای فرسایش خاک تأثیر قابل توجهی داشت. به‌طوری‌که فرسایش خاک در شرایط باران همراه با باد در مقایسه با شرایط بدون باد بیشتر بود.

به‌طور کلی، نتایج پژوهش‌ها بیانگر آن است که یک خلأ پژوهشی در زمینه بررسی اثر مدت بارش و آتش‌سوزی بر اندازه رواناب، رسوب و هدررفت عناصر مغذی خاک در جنگل‌های طبیعی و دست‌کاشت در منطقه زاگرس وجود دارد. از این‌رو، این پژوهش در یک منطقه با ظرفیت بالقوه رخداد آتش‌سوزی بر اساس آتش‌سوزی تجویزی، اجرا شد. مناطق جنگل‌کاری‌شده و جنگل طبیعی بررسی شده در این پژوهش از نظر رواناب و رسوب در قبل و بعد از آتش‌سوزی تجویزی مقایسه شدند. منطقه مطالعه‌شده در زاگرس به‌دلیل وجود عامل‌های گوناگون مانند تغییر کاربری زمین‌ها، چرای دام و قطع درختان برای مصارف

مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

شهر ایلام در شمال‌شرق استان ایلام با مساحت ۱۱۹ کیلومترمربع و میانگین بلندی ۱۴۰۱ متر از سطح دریا در میان رشته‌کوه‌های زاگرس است؛ در این منطقه بلندی‌هایی در شرق، غرب و شمال وجود دارد. تفاوت دما و بارندگی در بخش‌های شمالی، آب و هوای نسبتاً سرد و زمستان طولانی با میانگین سالانه بارندگی ۵۷۷ میلی‌متر و میانگین دمای ۱۷ درجه از دیگر ویژگی‌های منطقه نامبرده است (اداره هواشناسی شهر ایلام ۲۰۲۳). پوشش غالب جنگلی این منطقه درختان بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl) است. در دهه‌های گذشته جنگل‌کاری‌هایی با درختان بومی و غیربومی مانند سرو زربین (*Cupressus sempervirens* L.) در برخی از قسمت‌های این منطقه از جمله در پارک جنگلی چغاسبز و برخی مناطق دیگر زاگرس انجام شده است؛ که بیشتر به‌منظور توسعه فضای سبز و افزایش تاج‌پوشش مناطق تخریب‌یافته بوده است. موقعیت منطقه مطالعه‌شده در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- مشخصات جغرافیایی منطقه مطالعه شده.

Fig 1- Geographical characteristics of the study area.

است و یک نمونه شبیه‌ساز باران کاربردی و قابل حمل برای انجام بررسی‌های میدانی برای مساحتی با ابعاد 1×2 متر است. در این دستگاه با استفاده از روش عکس برداری، در فشار بهینه ۸۰ کیلوپاسکال، سرعت سقوط قطرات باران $7/1$ متر در ثانیه و دامنه قطری قطرات باران شبیه‌سازی شده از $0/4$ تا $4/4$ میلی‌متر محاسبه شده است (شیخ و همکاران ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷). این دستگاه کاربردهای گوناگونی دارد که از جمله می‌توان به مطالعه نقش حفاظتی انواع پوشش گیاهی و مطالعه هدررفت مواد مغذی خاک اشاره کرد که از اهداف اصلی این پژوهش بود. بر اساس هدف پژوهش در هر کدام از تیمارها، اثر مدت بارش (۱۵ و ۳۰ دقیقه) و نوع گونه درختی بر اندازه رواناب، رسوب و عناصر مغذی موجود در رواناب بررسی شد. همچنین، خصوصیات اصلی شامل بافت خاک، ضخامت لاشبرگ، اسیدیته خاک اندازه‌گیری شد. مشخصات وضعیت پوشش گیاهی منطقه در جدول ۱ آورده شده است.

روش پژوهش

در این پژوهش برای اندازه‌گیری اندازه آبخوبی سه تیمار اصلی شامل توده‌های جنگل کاری شده با سرو زربین (*Cupressus sempervirens* L.)، جنگل طبیعی بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) و خارج از تاج‌پوشش توده‌های جنگلی (شاهد)، دو تیمار فرعی با و بدون آتش‌سوزی تجویزی در سه تکرار در نظر گرفته شد. سپس از دستگاه شبیه‌ساز باران در مدت‌های بارش ۱۵ و ۳۰ دقیقه (تیمار فرعی دوم) و با شدت بارش ۸۰ میلی‌متر در ساعت (بر اساس داده‌های بارش بلندمدت منطقه و منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی) در یک قطعه ۲ مترمربعی در بهار ۱۴۰۱ برای بررسی رواناب و رسوب استفاده شد (شکل‌های ۲ و ۳). دستگاه پرتابل شبیه‌ساز باران که در این پژوهش استفاده شد به وسیله دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان ساخته شده است. این دستگاه به منظور بررسی فرایندهای بارش-رواناب و فرسایش-رسوب در کاربری‌های گوناگون طراحی شده

جدول ۱- مشخصات توده‌های جنگلی و دست کاشت مطالعه‌شده.

Table 1- Characteristics of the studied forest stands and plantations.

Stand Characrestics	Land Use	Row
Coppice stand, understory vegetation including annual and perennial grasses and forbs, average DBH of trees 10-15 cm, litter depth 2-3 cm, canopy cover 20-30%.	Natural forest: Oak (<i>Quercus brantii</i>)	1
The litter depth 1-1.5 cm, the canopy cover is 60-70%, average DBH 35-40 cm.	Plantation: <i>Cupressus sempervirens</i> L.	2



شکل ۲- مراحل شبیه‌سازی باران در تیمار بدون آتش‌سوزی.

Fig 2- Rainfall simulation steps in unburned treatment.



شکل ۳- مراحل شبیه‌سازی باران در تیمار با آتش‌سوزی.

Figure 3- Rainfall simulation steps in burned treatment.

اندازه کربنات کلسیم با روش جکسون (۱۹۶۷) تعیین شد. اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی خاک با استفاده از روش‌های متداول و استاندارد (ASTM, ۲۰۰۴) انجام شد. همچنین، اندازه ذرات با محاسبه اندازه جرم خاکدانه‌های عبور کرده از دسته الک‌های با اندازه الک ۵

سپس در آزمایشگاه خاک، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک که بر فرایند فرسایش تأثیرگذار هستند؛ اندازه‌گیری شدند. این خصوصیات شامل Ca، Mg، Na، K، EC، pH، نسبت جذبی سدیم، آهک، درصد سنگ‌ریزه، بافت خاک، دانه‌بندی، لای، رس، شن بودند.

SPSS و Excel تحلیل شدند. همچنین، برای بررسی بهنجار بودن و همگنی داده‌ها از آزمون کولموگروف اسمیرنوف و آزمون لون استفاده شد. به‌منظور بررسی اثر گونه بر متغیرهای وابسته از تجزیه پراکنش یک‌طرفه و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

نتایج

نتایج برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (بافت خاک، درصد رس، لای، شن، درصد کربن آلی، EC، pH و کربنات کلسیم) و نتایج تجزیه پراکنش خاک در جدول ۲ آورده شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده میان سنج‌های pH و درصد رس در تیمارهای مطالعه شده تفاوت معنی‌داری (در سطح ۰.۵٪) بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که pH خاک توده سرو در مقایسه با توده بلوط و شاهد کمتر بود. همچنین اندازه درصد رس خاک در توده بلوط و سرو در مقایسه با منطقه شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (جدول ۳).

مش (۴ میلی‌متر) تا الک ۲۷۰ مش (۰/۰۵۳ میلی‌متر) در آزمایشگاه خاکشناسی محاسبه شد. با استفاده از داده‌های به‌دست‌آمده از تحلیل الک‌ها، منحنی‌های دانه‌بندی رسم شد. به‌منظور تعیین درصد حجمی سنگ‌ریزه در هر نمونه خاک، حجم معینی از هر نمونه از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد و درصد حجمی سنگ‌ریزه محاسبه شد (مورگان و همکاران ۱۹۹۸). اندازه‌گیری بخش‌های دانه‌ریز خاک مانند لای، رس و ماسه خیلی ریز با روش چگالی‌سنجی انجام شد. در این روش ذرات خاک معلق در آب با گذشت زمان به تدریج رسوب می‌کنند و جرم مخصوص مایع (گرم در لیتر) کاهش می‌یابد. از این‌رو، اندازه کاهش جرم مخصوص، مبنای محاسبه اندازه ذرات معلق در آب است.

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های به‌دست‌آمده از آزمایش‌های تعیین حجم نمونه‌های رواناب، وزن رسوب، عناصر مغذی موجود در رواناب و خصوصیات مربوط به خاک، با استفاده از نرم‌افزار

جدول ۲- تجزیه پراکنندگی اثر نوع پوشش گیاهی بر خصوصیات خاک در منطقه بدون آتش‌سوزی.

Table 2- The result of analysis variance for the effect of vegetation types on soil properties in unburnt treatment.

Sig.value	f	df	Variable
0.014*	9.53	2	pH
0.122	3.05	2	EC
0.179	2.31	2	OC %
0.103	3.39	2	CaCo3 %
0.23	7.53	2	Sand %
0.066	4.41	2	Silt %
0.014*	9.37	2	Clay %
0.152	2.62	2	K (ppm)
0.344	1.28	2	P (ppm)

*Significance of differences at 5%

*معنی‌داری تفاوت‌ها در سطح ۰.۵٪

جدول ۳- مقایسه میانگین خصوصیات خاک در سه تیمار مطالعه شده.

Table 3- The mean comparison of soil properties in the three treatments.

Control	<i>Cupressus sempervirens</i> L.	<i>Quercus brantii</i> Lindl	Characrestics
7.46±0.74 ^a	7.07±0.74 ^b	7.31±0.74 ^a	pH
17.33±0.74 ^b	20.66±0.74 ^{ab}	24.00±0.74 ^a	Clay %

رواناب، ضریب رواناب و رسوب در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). با توجه به تیمارهای آزمایشی در منطقه مطالعه شده، نقش انواع عامل‌ها بر اندازه رواناب و رسوب ارزیابی شد. بر اساس این نتایج بیش‌ترین اندازه

اثر نوع پوشش بر اندازه رواناب و رسوب در مناطق با آتش‌سوزی و بدون آتش‌سوزی در بازه زمانی ۱۵ و ۳۰ دقیقه نتایج تجزیه پراکنش یک‌طرفه نشان داد که اثر تیمارهای آزمایشی در مناطق بدون آتش‌سوزی بر هر سه سنجه

در منطقه بدون آتش‌سوزی مشاهده شد که بیشترین اندازه رواناب در دو بازه زمانی ۱۵ دقیقه و ۳۰ دقیقه مربوط به تیمار شاهد با اندازه $۵۳۶۳/۳۳ \pm ۴۶۲/۷۴$ و $۱۷۳۷۳/۳۳ \pm ۴۷۷/۱۸$ سی سی بود و بعد از آن توده بلوط در بازه زمانی ۳۰ دقیقه بود (شکل ۴).

رواناب و رسوب در قطعه‌های بدون آتش‌سوزی به ترتیب در بازه زمانی ۳۰ و ۱۵ دقیقه مربوط به تیمار شاهد بود. همچنین، روند میان رواناب و رسوب خروجی از قطعه‌های فرسایشی مشابه بود، به طوری که با افزایش رواناب، رسوب نیز افزایش یافت. با بررسی اندازه رواناب

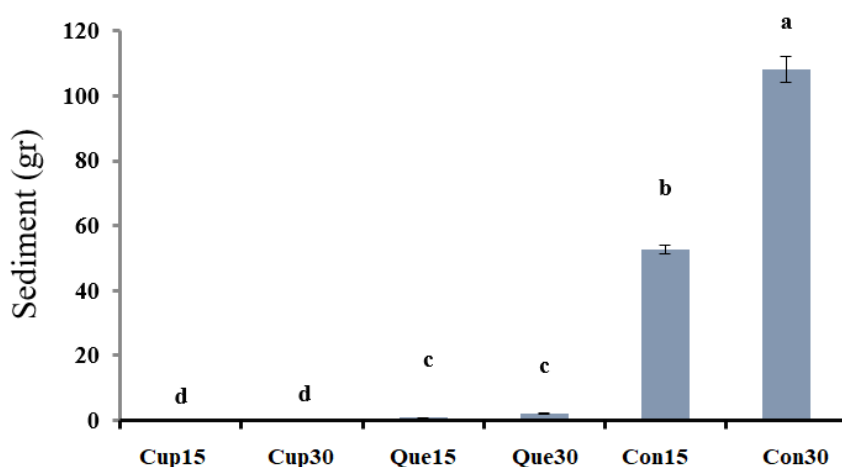
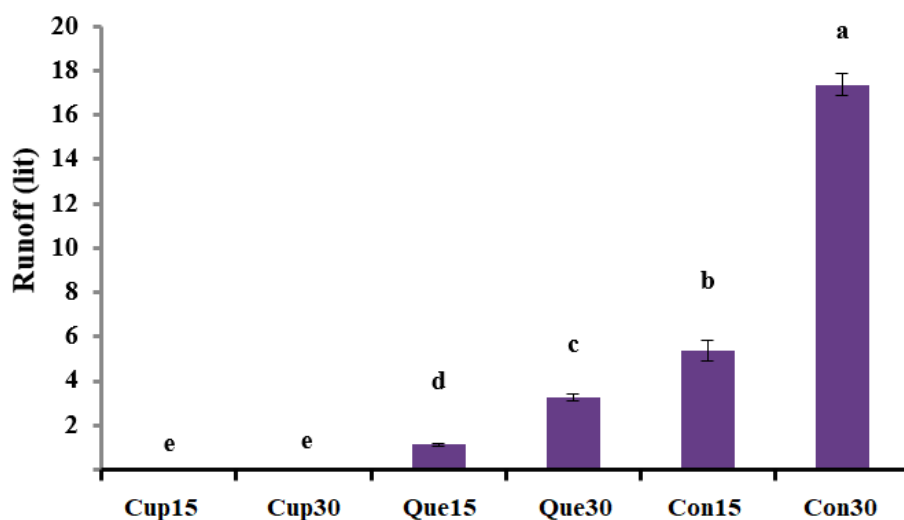
جدول ۴- تجزیه پراکنش اثر نوع پوشش بر رواناب، ضریب رواناب و رسوب در تیمار بدون آتش‌سوزی.

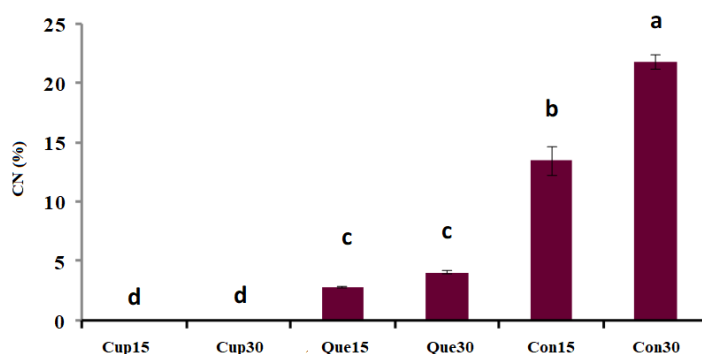
Table 2- The result of analysis variance for the effect of vegetation types on runoff, runoff coefficient and sediment in unburnt treatment.

Sig.value	f	df	Variable
0.000*	568.22	5	Runoff
0.000 *	263.20	5	Sediment
0.000*	692.82	5	CN

Significance of differences at 1%

*معنی‌داری تفاوت‌ها در سطح ۱٪





شکل ۴- مقایسه میانگین اندازه رواناب، رسوب و ضریب رواناب میان انواع گوناگون پوشش گیاهی در تیمار بدون آتش‌سوزی (Cup=سروزربین، Que=بلوط ایرانی، Con=شاهد).

Figure 4-The mean comparison of runoff, runoff coefficient and sediment between different vegetation types in unburnt treatment (Cup=Cupressus sempervirens, Que=Quercus brantii Lindl, Con=Control).

کمترین اندازه آن مربوط به گونه سوزنی‌برگ سرو زرین در بازه زمانی ۱۵ دقیقه بود. نتایج نشان داد که پس از آتش‌سوزی اندازه رسوب در همه قطعه‌های مستقر در توده‌های سرو زرین و بلوط افزایش یافت. با بررسی ضریب رواناب در تیمار با آتش‌سوزی مشخص شد که بیشترین درصد ضریب رواناب به ترتیب مربوط به تیمار شاهد (۲۱/۷۱±۰/۵۹۷٪) در بازه زمانی ۳۰ دقیقه، تیمار شاهد (۱۳/۴۰±۰/۱۱۵٪) در بازه زمانی ۱۵ دقیقه و گونه‌های بلوط در بازه‌های زمانی ۳۰ دقیقه (۹/۶۱±۰/۲۱۹٪) و ۱۵ دقیقه (۶/۹۱±۰/۴۸۷٪) بود. همچنین، کمترین درصد ضریب رواناب مربوط به زیراشکوب گونه‌های سرو زرین در دو بازه زمانی ۳۰ دقیقه (۵/۰۱±۰/۵۲۵٪) و ۱۵ دقیقه (۴/۱۹±۰/۱۸۱٪) بود (شکل ۵).

نتایج تجزیه پراکنش اثر نوع پوشش بر رواناب، ضریب رواناب و رسوب در تیمار با آتش‌سوزی تجویزی نشان داد که اثر نوع پوشش بر رواناب، رسوب و ضریب رواناب معنی‌دار بود (جدول ۵). اندازه رواناب و رسوب در قطعه‌های با آتش‌سوزی تجویزی نیز بررسی شد. بررسی الگوی تشکیل رواناب کل میان قطعه‌های تیمار آتش‌سوزی و مقایسه آن با شرایط زیراشکوب گونه‌های تیمار آتش‌سوزی تجویزی در بازه‌های زمانی آزمایش‌شده نشان داد که آتش‌سوزی باعث افزایش اندازه رواناب در بازه‌های گوناگون شده است و در تیمار شاهد در بازه زمانی ۳۰ دقیقه این افزایش در مقایسه با گونه سرو زرین قابل توجه بود. همچنین، بیشترین اندازه رسوب کل مربوط به تیمار شاهد در بازه زمانی ۳۰ دقیقه بود و

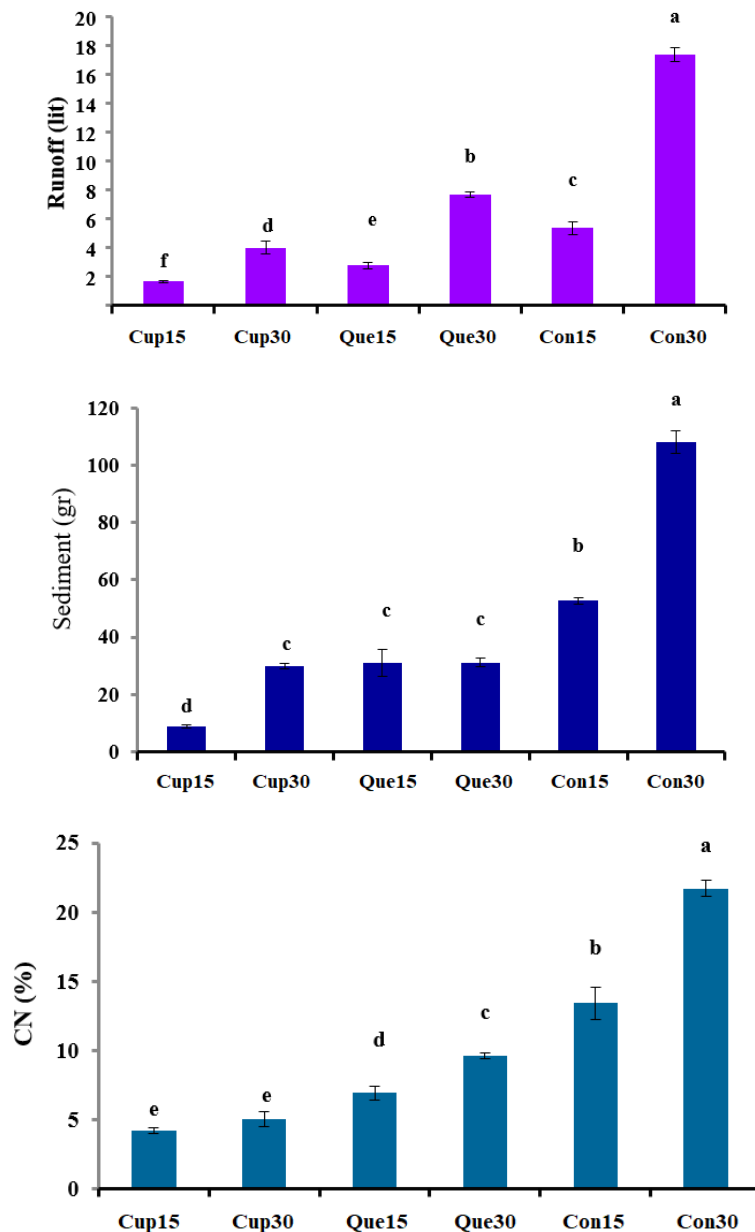
جدول ۵- تجزیه پراکنش اثر نوع پوشش بر رواناب، ضریب رواناب و رسوب در تیمار آتش‌سوزی تجویزی.

Table 5- The result of analysis variance for the effect of vegetation types on runoff, runoff coefficient and sediment in prescribed fire treatment.

Sig.value	f	df	Variable
0.000*	284.20	5	Runoff
0.000*	113.585	5	Sediment
0.000*	221809.65	5	CN

Significance of differences at 1%

*معنی‌داری تفاوت‌ها در سطح ۱٪



شکل ۵- مقایسه میانگین اندازه رواناب، رسوب و ضریب رواناب میان انواع گوناگون پوشش گیاهی در تیمار آتش سوزی تجویزی (Cup=سرورزبین، Que=بلوط ایرانی، Con=شاهد).

Figure 5- The mean comparison of runoff, runoff coefficient and sediment between different vegetation types in prescribed fire treatment (Cup=Cupressus sempervirens, Que=Quercus brantii Lindl, Con=Control).

نتایج تجزیه پراکنش یک طرفه (ANOVA) نشان داد که در تیمار با آتش سوزی تجویزی، اثر نوع پوشش در دو بازه زمانی ۱۵ و ۳۰ دقیقه بر خصوصیات شیمیایی رواناب از جمله شوری، کلسیم، کلر، پتاسیم، سدیم و بی کربنات معنی دار بود؛ ولی بر اسیدیته و نسبت جذب سدیم و منیزیم معنی دار نبود (جدول ۶).

اثر تیمارهای گوناگون آزمایشی بر خصوصیات شیمیایی رواناب در تیمار با آتش سوزی و بدون آتش سوزی در بازه زمانی ۱۵ و ۳۰ دقیقه نتایج تجزیه پراکنش اثر نوع پوشش (زیر اشکوب جنگل کاری سرو زربین، توده جنگلی طبیعی بلوط و خارج از تاج پوشش) بر خصوصیات شیمیایی رواناب در منطقه با آتش سوزی تجویزی در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶- تجزیه پراکنش اثر نوع پوشش بر خصوصیات شیمیایی رواناب در تیمار آتش سوزی تجویزی.

Table 6- The result of analysis variance for the effect of vegetation types on chemical characteristics of runoff in prescribed fire treatment.

Sig.value	f	df	Variable
0.209	1.70	5	pH
<u>0.002</u>	7.55	5	EC
<u>0.023</u>	3.97	5	Ca
<u>0.000</u>	19.57	5	Cl
<u>0.002</u>	7.66	5	K
0.052	4.43	5	Mg
<u>0.019</u>	4.19	5	Na
<u>0.000</u>	17.73	5	Bicarbonate
0.251	1.53	5	SAR

اعداد با خط زیر نشان دهنده معنی داری تفاوتها در سطح یک و پنج درصد است.
Underlined values indicate significant differences at 1 and 5%.

در میان دیگر تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی داری وجود نداشت. بیشترین اندازه های سدیم، نسبت جذبی سدیم و پتاسیم در توده سرو در بازه زمانی ۱۵ دقیقه به ترتیب 0.36 ± 0.18 ، 0.33 ± 0.09 ، 0.42 ± 0.18 میلی اکی والان در لیتر بود. در حالی که کمترین اندازه های این سنجها در تیمار شاهد در بازه زمانی ۳۰ دقیقه به ترتیب 0.24 ± 0.43 ، 0.14 ± 0.32 ، 0.26 ± 0.29 میلی اکی والان در لیتر بود. بیشترین اندازه بی کربنات در توده بلوط در بازه زمانی ۱۵ دقیقه 0.28 ± 0.29 میلی اکی والان در لیتر بود و کمترین اندازه آن در تیمار شاهد در بازه زمانی ۳۰ دقیقه 0.88 ± 0.76 میلی اکی والان در لیتر بود. همچنین، بیشترین اندازه منیزیم در توده سرو در بازه زمانی ۳۰ دقیقه 0.70 ± 0.70 میلی اکی والان در لیتر بود و کمترین اندازه آن در توده بلوط در بازه زمانی ۳۰ دقیقه 0.40 ± 0.17 میلی اکی والان در لیتر بود (جدول ۷).

نتایج مقایسه میانگین خصوصیات شیمیایی رواناب در دو بازه زمانی ۱۵ و ۳۰ دقیقه در تیمار با آتش سوزی تجویزی نشان داد که بیشترین اندازه pH مربوط به تیمار شاهد در بازه زمانی ۳۰ دقیقه 0.17 ± 0.17 بود و کمترین اندازه آن مربوط به توده سرو در بازه زمانی ۱۵ دقیقه 0.43 ± 0.71 بود. میان تیمارهای آزمایشی کمترین اندازه EC یا شوری مربوط به تیمار شاهد در بازه زمانی ۳۰ دقیقه 0.17 ± 0.47 دسی-زیمنس بر متر بود، در حالی که میان دیگر تیمارها تفاوتی وجود نداشت. بیشترین اندازه کلر مربوط به توده بلوط در بازه زمانی ۱۵ دقیقه 0.86 ± 0.55 میلی اکی والان در لیتر بود و کمترین اندازه آن در تیمار شاهد در بازه زمانی ۳۰ دقیقه 0.88 ± 0.53 میلی اکی والان در لیتر بود. بیشترین اندازه کلسیم در توده سرو در بازه زمانی ۱۵ دقیقه 0.86 ± 0.25 میلی اکی والان در لیتر بود در حالی که در تیمار شاهد در بازه زمانی ۱۵ دقیقه 0.82 ± 0.30 میلی اکی والان در لیتر به دست آمد و

جدول ۷- مقایسه میانگین خصوصیات شیمیایی رواناب میان انواع گوناگون پوشش گیاهی در تیمار آتش سوزی تجویزی.

Table 7- The mean comparison of chemical characteristics of runoff between different vegetation types in prescribed fire treatment.

Control (30 min.)	Control (15 min.)	Cupressus sempervirens (30 min.)	Cupressus sempervirens (15 min.)	Quercus brantii (30 min.)	Quercus brantii (15 min.)	Characrestics
6.17±0.278 ^a	5.83±0.075 ^{ab}	5.74±0.014 ^b	5.71±0.043 ^b	5.74±0.74 ^{ab}	6±0.147 ^{ab}	pH
0.476±0.017 ^c	0.549±0.034 ^{bc}	0.622±0.004 ^{ab}	0.659±0.004 ^a	0.547±0.020 ^{bc}	0.647±0.041 ^a	EC
0.533±0.088 ^c	1.13±0.176 ^b	0.550±0.028 ^c	1.40±0.288 ^b	0.950±0.202 ^{bc}	2.55±0.086 ^a	Cl
2.13±0.317 ^{ab}	1.30±0.152 ^c	1.60±0.173 ^{bc}	2.25±0.086 ^a	1.75±0.144 ^{abc}	1.80 ^{abc}	Ca
1.50±0.360 ^b	1.66±0.417 ^b	2.70 ^a	2.05±0.259 ^{ab}	1.40±0.173 ^b	1.55±0.259 ^b	Mg
0.435±0.024 ^b	0.492±0.037 ^b	0.520±0.024 ^{ab}	0.584±0.036 ^a	0.475±0.012 ^b	0.475±0.012 ^b	Na
0.322±0.014 ^a	0.407±0.024 ^a	0.356±0.023 ^a	0.409±0.033 ^a	0.370±0.028 ^a	0.356±0.023 ^a	SAR
0.260 ^c	0.312±0.015 ^c	0.675±0.119 ^{ab}	0.818±0.142 ^a	0.403±0.022 ^c	0.481±0.037 ^c	K
1.76±0.088 ^d	2.16±0.218 ^{bc}	2.20 ^{bc}	2.45±0.028 ^b	1.90±0.057 ^{cd}	0.295 ^a	Bicarbonate

اساس نتایج تجزیه پراکنش اثر تیمارهای آزمایشی (زیر اشکوب جنگل کاری سرو زربین، توده جنگلی طبیعی بلوط و خارج از تاج‌پوشش) بر خصوصیات شیمیایی رواناب در منطقه بدون آتش‌سوزی در جدول ۸ نشان داده شده است. بر

اساس نتایج تجزیه پراکنش اثر تیمارهای آزمایشی (زیر اشکوب جنگل کاری سرو زربین، توده جنگلی طبیعی بلوط و خارج از تاج‌پوشش) بر خصوصیات شیمیایی رواناب در منطقه بدون آتش‌سوزی در جدول ۸ نشان داده شده است. بر

جدول ۸- تجزیه پراکنش اثر نوع پوشش بر خصوصیات شیمیایی رواناب در تیمار بدون آتش‌سوزی تجویزی.

Table 8- The result of analysis variance for the effect of vegetation types on chemical characteristics of runoff in unburnt treatment.

Sig.value	f	df	Variable
0.08	415.15	5	pH
0.2	27.39	5	EC
0.2	3.71	5	Ca
0.000*	24.55	5	Cl
0.000*	151.38	5	K
0.16	4.43	5	Mg
0.2	30.07	5	Na
0.06	25.78	5	Bicarbonate
0.000*	113.71	5	SAR

Significance of differences at 1%

*معنی‌داری تفاوت‌ها در سطح ۱٪

آمد. بیشترین اندازه سدیم در توده بلوط در بازه زمانی ۱۵ دقیقه (0.548 ± 0.074 میلی‌اکی‌والانت در لیتر) بود و کمترین اندازه آن در تیمار شاهد در بازه زمانی ۳۰ دقیقه (0.435 ± 0.024 میلی‌اکی‌والانت در لیتر) بود. بیشترین اندازه بی‌کربنات در تیمار شاهد در بازه زمانی ۱۵ دقیقه (2.16 ± 0.218 میلی‌اکی‌والانت در لیتر) بود و کمترین اندازه آن در توده بلوط در بازه زمانی ۳۰ دقیقه (1.75 ± 0.028 میلی‌اکی‌والانت در لیتر) به‌دست آمد. بیشترین اندازه پتاسیم در تیمار شاهد در بازه زمانی ۱۵ دقیقه (0.312 ± 0.015 میلی‌اکی‌والانت در لیتر) بود، در حالی که کمترین اندازه آن در توده بلوط در بازه‌های زمانی ۱۵ و ۳۰ دقیقه (0.183 ± 0.015 میلی‌اکی‌والانت در لیتر) بود. همچنین، بیش‌ترین اندازه منیزیم در توده بلوط در بازه زمانی ۳۰ دقیقه (2.80 ± 1.15 میلی‌اکی‌والانت در لیتر) به‌دست آمد، در حالی که کمترین اندازه آن در تیمار شاهد در بازه زمانی ۳۰ دقیقه (1.50 ± 0.360 میلی‌اکی‌والانت در لیتر) بود. بیش‌ترین اندازه نسبت جذب سدیم در تیمار شاهد در بازه زمانی ۱۵ دقیقه (0.407 ± 0.24) بود و کمترین اندازه آن در تیمار شاهد در بازه زمانی ۳۰ دقیقه (0.322 ± 0.14) به‌دست آمد (جدول ۹).

مقایسه میانگین خصوصیات شیمیایی رواناب در تیمار بدون آتش‌سوزی تجویزی

نتایج مقایسه میانگین خصوصیات شیمیایی رواناب در تیمارهای بررسی‌شده شامل زیر اشکوب گونه بلوط، سرو و خارج از تاج‌پوشش در دو بازه زمانی ۱۵ و ۳۰ دقیقه در منطقه مطالعه‌شده بدون آتش‌سوزی نشان داد که بیش‌ترین اندازه pH مربوط به تیمار شاهد در بازه زمانی ۳۰ دقیقه (6.17 ± 0.278) بود و کم‌ترین اندازه آن در توده بلوط در بازه زمانی ۳۰ دقیقه (5.74 ± 0.22) به‌دست آمد. میان تیمارهای آزمایشی، بیش‌ترین اندازه EC یا شوری مربوط به توده بلوط در بازه زمانی ۱۵ دقیقه (579 ± 0.097 دسی‌زیمنس بر متر) بود و کم‌ترین اندازه آن در تیمار شاهد در بازه زمانی ۳۰ دقیقه (476 ± 0.117 دسی‌زیمنس بر متر) به‌دست آمد. بیش‌ترین اندازه کلر در توده بلوط در بازه زمانی ۱۵ دقیقه (0.533 ± 0.33 میلی‌اکی‌والانت در لیتر) بود و کمترین اندازه آن در تیمار شاهد در بازه زمانی ۱۵ دقیقه (1.13 ± 0.176 میلی‌اکی‌والانت در لیتر) بود. بیش‌ترین اندازه کلسیم در توده بلوط در بازه زمانی ۱۵ دقیقه (3.93 ± 1.80 میلی‌اکی‌والانت در لیتر) بود، در حالی که کمترین اندازه آن در تیمار شاهد در بازه زمانی ۱۵ دقیقه (1.30 ± 0.152 میلی‌اکی‌والانت در لیتر) به‌دست

جدول ۹- مقایسه میانگین خصوصیات شیمیایی رواناب میان انواع گوناگون پوشش گیاهی در تیمار بدون آتش‌سوزی.

Table 9- The mean comparison of chemical characteristics of runoff between different vegetation types in unburnt treatment.

Control (30 min.)	Control (15 min.)	Quercus brantii (30 min.)	Quercus brantii (15 min.)	Characrestics
6.17±0.278 ^a	5.83±0.75 ^a	5.74±0.22 ^a	5.940±0.4 ^a	pH
0.476±0.017 ^a	0.549±0.034 ^a	0.529±0.077 ^a	0.533±0.33 ^a	EC
0.533±0.088 ^b	1.13±0.176 ^a	0.400±0.57 ^b	0.533±0.33 ^b	Cl
2.13±0.317 ^a	1.30±0.152 ^a	2.30±0.05 ^a	3.93±1.80 ^a	Ca
1.50±0.360 ^a	1.66±0.417 ^a	2.80±1.15 ^a	1.83±0.14 ^a	Mg
0.435±0.024 ^a	0.492±0.037 ^a	0.534±0.78 ^a	0.548±0.74 ^a	Na
0.332±0.14 ^b	0.407±0.24 ^a	0.336±0.12 ^b	0.334±0.28 ^b	SAR
0.260 ^b	0.312±0.15 ^a	0.183±0.15 ^c	0.183±0.15 ^c	K
1.76±0.088 ^a	2.16±0.218 ^a	2.13±0.433 ^a	1.75±0.028 ^a	Bicarbonate

طبیعی بلوط به‌طور معنی‌داری (بیش از ۵۰٪) افزایش یافت. نتایج افزایش رواناب در اثر آتش‌سوزی با یافته‌های سردا و دوئر (۲۰۰۸) هم‌خوانی دارد. تحلیل نتایج رسوب خروجی از قطعه‌های هر دو تیمار جنگل دست‌کاشت سرو زربین و جنگل طبیعی بلوط نشان داد که پس از آتش‌سوزی اندازه رسوب در هر دو به‌دلیل افزایش رواناب کل، افزایش یافت. افزایش رسوب تابعی از قطر قطرات آب روی خاک و انتقال رسوبات حاصل در اثر رواناب سطحی است (باور و همکاران ۱۹۷۲). در نتیجه دلیل افزایش رسوب در خروجی قطعه‌ها می‌تواند به‌دلیل عامل‌های چون: الف- از بین رفتن پایداری ایجاد شده و افزایش هدررفت خاک در قطعه‌های جنگل دست‌کاشت سرو زربین و جنگل طبیعی بلوط در مدت بارش شبیه‌سازی شده؛ ب- افزایش رواناب ناشی از افزایش آب‌گریزی در قطعه‌های آزمایشی که می‌تواند موجب افزایش تلفات خاک و در نتیجه افزایش رسوب در خروجی قطعه کاربری‌های جنگل دست‌کاشت سرو و جنگل طبیعی بلوط شود. در این پژوهش، آتش‌سوزی تجویزی موجب تغییر اندازه رواناب و رسوب کل در دو تیمار مطالعه شده در جنگل سوزنی‌برگ و جنگل طبیعی بلوط شد. همچنین، کمتر بودن اندازه رواناب در توده سرو قبل از آتش‌سوزی می‌تواند به‌دلیل انباشت تجمع زیاد لاشبرگ سوزنی‌برگ‌ها و اسیدی بودن آن و روند تجزیه کند آن باشد. از این رو، انباشت ضخیم از لاشبرگ سوزنی‌برگ‌ها در توده سرو در مقایسه با توده بلوط باعث کاهش بیشتر رواناب در این توده در مقایسه با توده بلوط شد (بینکلی و فیشر، ۲۰۱۹). نتایج این پژوهش با یافته‌های پژوهش‌های رضایی (۲۰۱۶)، عباسی و همکاران

بحث و نتیجه‌گیری

تجزیه و تحلیل اندازه هدایت الکتریکی (EC) نشان داد که شرایط آتش‌سوزی منجر به افزایش اندازه هدایت الکتریکی در قطعه‌های مستقر در توده‌های سرو و بلوط شد. افزایش هدایت الکتریکی پس از آتش‌سوزی می‌تواند به‌دلیل سوخته‌شدن مواد آلی و انتقال حرارت به ترکیبات غیر آلی در خاک‌ها باشد که منجر به افزایش غلظت کل یون‌ها به‌ویژه کاتیون‌های دو ظرفیتی می‌شود (جیووانینی و همکاران ۱۹۹۰؛ سرتینی ۲۰۰۵). این نتایج با یافته‌های دیگر پژوهشگران مبنی بر افزایش شوری در تیماهاری با آتش‌سوزی، هم‌راستا است (اینبار و همکاران ۲۰۱۴؛ پارذینی ۲۰۰۴؛ تیرف و همکاران ۲۰۰۸؛ آلکانز و همکاران ۲۰۱۸). بررسی تغییرات اندازه‌های pH نشان داد که این سنجه در قطعه‌های تیمار سرو دست‌کاشت و بلوط طبیعی افزایش یافت. افزایش اندازه‌های pH، می‌تواند به‌دلیل سوخته‌شدن اسیدهای آلی و از بین رفتن اثرات آن‌ها باشد. در پژوهشی آرسینا و اوپیا (۲۰۰۰) تأکید کردند که دماهای زیاد (بیش از ۳۰۰°C) می‌تواند منجر به سوخته‌شدن کامل مواد آلی و افزایش pH در خاک شود که با یافته‌های این پژوهش هم‌راستا است. تحلیل نتایج اثر آتش‌سوزی بر اندازه رواناب نشان داد که آتش‌سوزی منجر به کاهش معنی‌دار بازه زمانی شروع رواناب (آستانه هرزاب) در قطعه‌های مستقر در جنگل دست‌کاشت سرو زربین شد که دلیل آن می‌تواند اثر آتش‌سوزی بر افزایش آب‌گریزی در سطح خاک باشد. نتایج تولید رواناب بعد از آتش‌سوزی نیز نشان داد که اندازه رواناب در قطعه‌های مستقر در عرصه جنگل دست‌کاشت سرو زربین و جنگل

پوشش بر سنجه‌های خاک در شرایط گوناگون مکانی، معنی‌دار بود و یکی از عامل‌های تولید رواناب و هدررفت خاک بود. پیشنهاد می‌شود اثر شدت‌ها و مدت‌های گوناگون بارش بر سنجه‌های خاک و گونه‌های متفاوت جنگلی در شیب‌های گوناگون بررسی شود. همچنین، مبتنی بر نتایج این پژوهش پیشنهاد می‌شود اثرات برخی مواد اصلاح‌کننده افزودنی به خاک و تأثیر آنها بر سنجه‌های قابل اندازه‌گیری بررسی شود.

(۲۰۱۷)، مقدمی‌راد و همکاران (۲۰۱۸)، حیدری و همکاران (۲۰۱۸)، کاویان و همکاران (۲۰۱۴)، ستون و پرایس (۲۰۲۰)، محمدی و همکاران (۲۰۱۲) و رستمی و همکاران (۲۰۲۲) هم راستا است. بر اساس نتایج این پژوهش، مشخص شد که هر تغییر در عرصه‌های طبیعی مانند آتش‌سوزی می‌تواند فرایند تولید رواناب را افزایش دهد و باعث هدررفت عناصر موجود در خاک شود. همچنین، آتش‌سوزی باعث تغییر برخی خصوصیات شیمیایی رواناب شد. سرانجام می‌توان گفت اثر نوع

فهرست منابع

- Abbasi M, Najafi nejad A, Sheikh VB, Azim Mohseni M. 2017. Investigating land use and slope effects on soil properties, runoff and sediment using rainfall simulator case study of kechik watershed in Golestan Province. *Environmental Erosion Research Journal*, 6(4):104-124.
- Adami M, Khalidi Darvishan AV. 2022. Evaluation of water runoff components in laboratory plots with protection treatment of straw. *Watershed Management Research*, 34(1):112-125. (In Persian). <https://doi.org/10.22092/wmej.2020.123747.1162>
- Akhzari D, Mohammadi E, Saedi K. 2022. Studying the effect of fire on some vegetation and soil properties in a semi-arid shrubland (Case study: Kachaleh Rangelands, Kamyaran Region). *Ecopersia*, 10(1):27-35.
- Alcañiz M, Outeiro L, Francos M, Úbeda X. 2018. Effects of prescribed fires on soil properties: A review. *Science of the Total Environment*, . pp. 944-957. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017>
- Anon. 1982. Organic material and soil productivity in the near east. FAO. *Soil Bulletin*. No. 45 p.
- Arabkhedri M, Shadfar S, Jafari Ardakani A, Bayat R, Khajavi E, Mahdian MH. 2018. Improving water erosion estimates for Iran. *Watershed Management Research Journal*, 31(3):13-27. (In Persian). <https://doi.org/10.22092/wmej.2018.121424.1106>
- ASTM. 2004. ASTM D1776-04. Standard practice for conditioning and testing textiles. American Society for Testing and Materials, Pennsylvania. USA.
- Baver LD, Gardner WH, Gardner WR. 1972. *Soil physics*(No. 04; S592. 3, B38 1972.). New York: Wiley. 498 p.
- Behrahi K, Sayyad GhA, Landi A, Pirvan HR. 2018. Effect of land use type and land slope degree on runoff quantity using artificial rain simulator, case study: Kakasharaf watershed (Lorestan Province). *Watershed Engineering and Management*, 10(1):58-70. (In Persian). <https://doi.org/10.22092/ijwmse.2018.115660>
- Binkley D, Fisher RF. 2019. *Ecology and management of forest soils*, 5th Edition. Wiley-Blackwell. 456 p.
- Casermeiro MA, Molina JA, Delacruz Caravaca MT, Hernando Massanet MI, Morena PS. 2004. Influence of scrubs on runoff and sediment loss in soils of Mediterranean climate. *Catena*, 57(1):91-107. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(03\)00160-7](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(03)00160-7)
- Castro FC, Lourenço A, Guimarães MDF, Fonseca ICB. 2002. Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Parana, Brazil. *Soil and Tillage Research*, 65(1):45-51. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(01\)00275-6](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(01)00275-6)
- Celik I. 2005. Land- use effects on organic matter and physical properties of soil in a southern Mediterranean Highland of Turkey, soil and Tillage Research, 83(2):270-277. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.08.001>
- Cerdà A, Doerr Sh. 2008. The effect of ash and needle cover on surface runoff and erosion in the immediate post-fire period. *Catena*, 74(3):256-263. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2008.03.010>
- Certini G. 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia*, 143:1-10. <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1788-8>
- Emadi M, Baghernejad M, Memarian HM. 2009. Effect of land use change on soil Fertility characteristics within water- stable aggregates of two cultivated soils in Northern Iran. *Land Use Policy*, 26(2):452-457. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2008.06.001>
- Fadaei Z, Kavian A, Solaimani K, Sarabsoreh LZ, Kalehhouei M, Zuazo VHD, Rodrigo Comino J. 2022. The response of soil physicochemical properties in the hyrcanian for-

- ests of Iran to forest fire events. *fire*, 5(6):1-17. <https://doi.org/10.3390/fire5060195>
- Farhadifar A, Dianati Tilaki GA, Kooch Y. 2021. The effects of forest and rangelands covers on accumulation of soil nutrient elements in Kojour region. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 34(3):706-716. (In Persian).
- Giovannini C, Lucchesi S, Giachetti M. 1990. effects of heating on some chemical parameters related to soil fertility and plant growth. *Soil Science*, 149(6):344-350.
- Heidary K, Najafinejad A, Mohammadian Behbahani A, Ownegh M. 2018. assessment of soil water repellency intensity and Its temporal variability after prescribed fire in forest areas of Toshen Watershed, Golestan Province. *Journal of Water and Soil Conservation*, 25(4):27-47. <https://doi.org/10.22069/jwsc.2018.14663.2960>
- Heydari M, Zeynali N, Bazgir M, Omidipour R, Kohzadian M, Sagar R, Prevosto B. 2020. Rapid recovery of the vegetation diversity and soil fertility after cropland abandonment in a semiarid oak ecosystem: An approach based on plant functional groups. *Ecological Engineering*, 155:105963. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.105963>
- Ilam meteorological organization. 2023. Weather and Climatic Reports. Ilam, Iran.
- Inbar A, Lado M, Sternberg M, Tenau H, Ben Hur M. 2014. Forest fire effects on soil chemical and physicochemical properties, infiltration, runoff, and erosion in a semi-arid mediterranean Region. *Geoderma*, 221-222():131-138. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.01.015>
- Jackson ML. 1967. Soil chemical analysis. Prentice-Hall of India Pvt. Ltd., New Delhi, 498 p.
- Janeau JL, LC Gillard S, Grellier f, Jouquet TPQ, Le TNM, Luu QA, Ngo D, orange, et al. 2014. Soil erosion, dissolved Organic Carbon and nutrient Losses under different land use systems in a small catchment in northern Vietnam. *Agricultural Water Management*, 146:134-323.
- Javadi S, Zehtabian Gh, Jafari M, Khosravi H, Abolhasani A. 2020. Investigation and comparison of soil nutrients under different land uses and crop patterns (Case Study: Eshtehard). *Journal of Range and Watershed Management*, 72(4):941-950. <https://doi.org/10.22059/jrwm.2019.274414.1348>
- Jones AJ, Grisso RD, Shapire CA. 2014. CC342 Soil Compaction: Fact and Fiction. Common questions and their answers. Historical Materials from University of Nebraska-Lincoln Extension. 3349. USA
- Kalehhouei M, Sadeghi SH, Darvishan AK. 2023. Changeability of runoff and soil loss from inclined mid-sized plots under simulated upward wind-driven rain. *Catena*, 232(107453):1-18. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107453>.
- Kastridis A, Stathis D, Sapountzis M, Theodosiou G. 2022. Insect outbreak and long-term post-fire effects on soil erosion in mediterranean suburban forest. *land*, 11(6):1-15. <https://doi.org/10.3390/land11060911>
- Kavian A, Asgariyan R, Jafarian Jeloudar Z, Bahmanyar MA. 2014. Effect of soil properties on Runoff and Sediment Yield in Farm Scale (case study: a part of soil town's neighboring croplands). *Water and Soil Science*, 23(4):45-57.
- Lal R. 2012. Climate Change and Soil Degradation Mitigation by Sustainable Management of Soils and Other Natural Resources. *Agricultural Research*, 1:199-212. <https://doi.org/10.1007/s40003-012-0031-9>
- Lee S, Ryu JH, Kim L. 2007. Landslide susceptibility analysis and its verification using likelihood ratio, logistic regression, and artificial neural network models: case study of Youngin, Korea. *Landslides*, 4(4):327-338. <https://doi.org/10.1007/s10346-007-0088-x>
- Moghadamirad M, Moayeri MH, Abdi E, Ghorani Vaghei H. 2018. Effect of vegetation cover density on runoff and soil loss of interrill erosion in forest road cut slope (Case

- study: Koohmian Forest-Azadshahr). *Journal of Water and Soil Conservation*, 25(2):219-233. (In Persian). <https://doi.org/10.22069/jwsc.2018.12464.2719>
- mohammadi S, Karimzadeh H, Alizadeh M. 2018. Spatial estimation of soil erosion in Iran using RUSLE model. *Iranian journal of Ecohydrology*, 5(2):551-569. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/ije.2018.239777.706>
- Mohammady M, Pourghasemi HR, Pradhan B. 2012. Landslide susceptibility mapping at Golestan Province Iran: A comparison between frequency ratio, Dempster-Shafer, and weights-of-evidence models. *Journal of Asian Earth Sciences*, 61(15):221-236. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2012.10.005>
- Morgan RPC, Quinton JN, Smith RE, Govers G, Poesen JWA, Auerswald K, Chisci G, Torri D, Styczen ME. 1998. The european soil erosion model (EUROSEM): A dynamic approach for predicting sediment transport from fields and small catchments. *Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Group*, 23(6):527-544. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9837\(199806\)23:6<527::AID-ESP868>3.0.CO;2-5](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9837(199806)23:6<527::AID-ESP868>3.0.CO;2-5)
- Nikjo Vakilabad F, Shahab Arkhazloo H, Goli Kalanpa E, Asghari Sh. 2023. Investigating the effect of polyacrylamide concentration and slope position on soil erosion and leaching of elements. *Environmental Erosion Research Journal*, 13(2):192-209.
- Noor H, Arabkherdi M, Dastranj A. 2023. Evaluation of the sediment yield in small watersheds of arid rangeland in the northeast of Iran (Case study: Sanganeh Soil Conservation Research Station). *Integrated Watershed Management*, 3(3):35-48. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/iwm.2023.2005363.1088>
- Noor H, Mirnia Kh. 2011. Organic matter Losses in Kojour watershed. *Journal of Water and Soil Conservation Research*. 18(3):207-212. (In Persian).
- Pardini R. 2004. Effects of forest fragmentation on small mammals in an Atlantic Forest landscape. *Biodiversity and Conservation*, 13:2567-2586. <https://doi.org/10.1023/B:BIOC.0000048452.18878.2d>
- Rad JE, Heidari M, Mahdavi A, Zeinivandzadeh M. 2011. Impact of recreational activities on vegetation and soil in forest park (Case study: Choghasabz Forest Park-Ilam). *Iranian Journal of Forest*, 3(1):71-80.
- Refahi HGh. 2006. Water erosion and conservation. University of Tehran Press (5 Ed), 651p.
- Rezaei K. 2016. Classification and determination of erodibility indices of marls in south-east of Pishva-Varamin area using rainfall simulator. *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, 7(26):53-39.
- Roostami N, Heydari M, Mijan Uddin SM, Lucas-Borja M.E. 2022. Hydrological response of burned soils in croplands, and pine and oak forests in Zagros Forest Ecosystem (Western Iran) under Rainfall Simulations at Micro-Plot Scale. *Forests*, 13(246):1-16. <https://doi.org/10.3390/f13020246>
- Roostami N, Rabbani M. 2023. Zoning of soil erodibility and determination of affecting factors (Case study: Golan Watershed, Ilam). *Integrated Watershed Management*, 3(3):1-15. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/iwm.2023.2004738.1084>
- Šamonil P, Daněk P, Lutz JA, Anderson-Teixeira KJ, Jaroš J, Phillips JD, Rousova A, Adam D, Larson AJ, Kašpar J, Janik D, Vašíčková I, Gonzalez-Akre E, Egli M. 2022. Tree mortality may drive landscape formation: Comparative study from ten temperate forests. *Ecosystems*, 26(2):257-276. <https://doi.org/10.1007/s10021-022-00755-8>
- Sheikh VB, Jafari Shalamzari M, Farajollahi A, Fazli P. 2016. Soil erosion under simulated rainfall in loess lands with emphasis on land-use, slope and aspect. *Ecopersia*, 4(2):1395-1409. [Doi.org/10.18869/modares.Ecopersia.4.2.1395](https://doi.org/10.18869/modares.Ecopersia.4.2.1395)
- Sheikh VB, Shalamzari MJ, Farajollahi A. 2017. Sediment-bound soil nutrient loss under sim-

- ulated rainfall. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 67(1):37-48. <https://doi.org/10.17099/jffiu.95610>
- Singh D, Sharma P, Kumar U, Daverey A, Arunachalam K. 2021. Effect of forest fire on soil microbial biomass and enzymatic activity in oak and pine forests of Uttarakhand Himalaya, India. *Ecological Processes*. 7: 10(29): 1-14. <https://doi.org/10.1186/s13717-021-00293-6>
- Solaimani K, Azmoudeh A. 2011. investigation of land use change effects on some physical and chemical properties, as well as the soil erodibility. *Physical Geography Research*, 42(4):111-123.
- Stevenson FJ. 1994. *Humus chemistry: genesis, composition, reactions*. John Wiley and Sons.
- Sutton OF, Price JS. 2020. Modelling the hydrologic effects of vegetation growth on the long-term trajectory of a reclamation watershed, *Science of The Total Environment*, 734: 139323. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139323>.
- Terefe T, Mariscal-Sancho I, Peregrina F, Espejo R. 2008. Influence of heating on various properties of six Mediterranean soils. A laboratory study. *Geoderma*, 143(3-4):273-280. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2007.11.018>
- Vaezi A. 2005. The effect of organic matter on reducing soil erodibility in agricultural soils. The 9th Congress of Soil Sciences of Iran. pp.1-3. (In Persian).
- Zhao B, Zhang L, Xia Zh, Xu W, Xia L, Liang Y, Xia D. 2019. Effects of rainfall intensity and Vegetation cover on erosion characteristics of a soil containing rock fragments slope, *Hindawi Advances in Civil Engineering*. pp.1-14. <https://doi.org/10.1155/2019/7043428>



Evaluation of the Role of Rainfall Characteristics and Prescribed Fire on the Runoff and Leaching of Soil Nutrients in the Chogha Sabz Park, Ilam

Tahereh Arghand¹, Noredin Rostami^{*2}, Mehdi Heydari³, Morteza Gheysouri⁴

- 1- M.Sc. Student of Combating Desertification, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Ilam University, Iran
- 2- Associate Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Ilam University, Iran
- 3- Professor, Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, Ilam University, Iran
- 4- Ph.D. of Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran

Extended Abstract

Introduction and Goal

Soil is one of the most important components of the earth and has a number of functions and ecosystem services that are essential for sustainable life on the planet. Soil loss due to erosion occurs almost all over the world and reduces the productivity of natural ecosystems such as forests, rangelands, and agricultural lands. The present study investigated the role of rainfall duration on runoff and soil nutrients under different plant species in the Chogha Sabz Park, Ilam Province.

Materials and Methods

In this study the amount of runoff was determined in afforested stands (*Cupressus sempervirens* L.), natural *Quercus brantii* Lindl. forest, and control treatment based on the representative stand principle in burned and unburned conditions. The rainfall simulator was installed in a 2 m² plot during 15 and 30 min of rainfall with a constant intensity of 80 mm/h. This study investigated the effect of species type on the amount of runoff, sediment, and nutrients. The basic characteristics, including soil texture, litter depth, and pH, were also measured and the results were analyzed using one-way variance test and comparison of means was performed using Duncan's multiple range test.

Results and Discussion

The results of the runoff study in the experimental plots of the prescribed fire treatment and the

Article Type: Research Article

*Corresponding Author E-mail: n.rostami@ilam.ac.ir

Citation: Arghand, T., Rostami, N., Heydari, M., Gheysouri, M. 2024. Evaluation of the Role of Rainfall Characteristics and Prescribed Fire on the Runoff and Leaching of Soil Nutrients in the Chogha Sabz Park, Ilam, Ilam. *Watershed Management Research*. 37(4): 99-118.

DOI: 10.22092/WMRJ.2024.364885.1575

Received: 01 February 2024, **Received in revised form:** 09 March 2024, **Accepted:** 18 March 2024

Published online: 01 January 2025

Watershed Management Research, VOL. 37, No.4, Ser. No:145, Winter 2025, pp. 99-118.

Publisher: Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center © Author(s)



comparison of the studied species in the time intervals showed that in different intervals, fire caused an increase in the amount of runoff, so that in a 30-min interval in the control plot, a runoff of 17 l was produced, which was a significant increase compared to the two stands of *Cupressus sempervirens* L. and *Quercus brantii* Lindl. Also, the highest amount of total sediment in the 30-min interval in the control plot was 108.15 g, and its lowest amount was 52.64 g in the 15-min interval in the coniferous species of *Cupressus sempervirens* L. On the other hand, in the unburned condition, it was determined that the highest amount of runoff in the studied area was in the 15- and 30-min intervals in the control plot, with amounts of 5 and 17 l, respectively. Simultaneous examination of runoff and sediment in the experimental plots showed that the trends in both were similar and that as runoff increased, sediment also increased.

Conclusion and Suggestions

According to the results of this study, it was determined that changes in the natural areas of the Zagros, such as fires, can increase the process of runoff production, causing the loss of nutrients in the soil and changing the chemical properties of the soil. It is suggested that the effect of adding organic soil amendments or cover on soil, runoff and sediment properties after fire be investigated and simulated.

Keywords: Curve Number, Fire, Rainfall Simulator, Soil Loss, Soil Nutrients