



مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی

پژوهش‌های آب‌خیزداری

شاپا: ۲۹۸۱-۲۰۳۸



مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی

مقایسه رواناب و فرسایش خاک در توده‌های طبیعی بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) و جنگل کاری‌شده با زربین (*Cupressus sempervirens* var. *horizontalis*) در بوم‌سازگان‌های جنگلی زاگرس

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

۱- کارشناس ارشد مدیریت و کنترل بیابان، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ایلام، ایران

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

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

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

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف

بررسی عامل‌های مؤثر بر رواناب و فرسایش خاک از اقدامات اصلی برای مدیریت صحیح خاک در عرصه‌های طبیعی است. منابع آب و خاک در نواحی خشک و نیمه‌خشک به‌عنوان شالوده حیات و پایداری جوامع انسانی اهمیت ویژه‌ای دارند. از سوی دیگر، محدودیت این منابع در این نواحی، بهره‌برداری ناپایدار و بدون توجه به اصول علمی مدیریت آن‌ها باعث ویرانی روز افزون و افزایش خطر بیابان‌زایی شده است. به‌طوری که فرسایش خاک در این مناطق به‌عنوان یکی از مهم‌ترین تهدیدهای زیست‌محیطی، چالش‌های جدی برای مدیریت منابع طبیعی ایجاد کرده است؛ از این‌رو، شناسایی عامل‌های مؤثر در فرسایش خاک و تدوین برنامه‌های حفاظت خاک لازم و ضروری است. به‌دلیل کمبود داده‌های آماری مناسب، شرایط سخت کار فیزیکی در آبخیزها و نیز نوسانات غیرقابل پیش‌بینی اقلیمی مانند خشک‌سالی‌های بلندمدت، جمع‌آوری اطلاعات مربوط به فرآیندهای اثرگذار بر هدررفت خاک در عرصه‌های طبیعی دشوار است. بر این اساس، در بسیاری از پژوهش‌های فرسایش و رسوب، از دستگاه شبیه‌ساز باران استفاده می‌شود. با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش اثر جنگل کاری بر تغییرات رواناب و رسوب در مقایسه با جنگل‌های طبیعی بلوط و عرصه‌های خارج از تاج‌پوشش، بررسی شد. هدف این پژوهش، بررسی حجم رواناب و فرسایش خاک در زیراشکوب توده‌های جنگلی طبیعی شاخه‌زاد بلوط (*Quercus brantii* Lindl.) و جنگل کاری‌شده با زربین (*Cupressus sempervirens* var. *horizontalis*) بعد از شبیه‌سازی بارش باران بود.

نوع مقاله: پژوهشی

*مسئول مکاتبات: n.rostami@ilam.ac.ir

استناد: حیدری، س.، رستمی، ن.، حیدری، م.، قیصوری، م. ۱۴۰۵. مقایسه رواناب و فرسایش خاک در توده‌های طبیعی بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) و جنگل کاری‌شده با زربین (*Cupressus sempervirens* var. *horizontalis*) در بوم‌سازگان‌های جنگلی زاگرس. پژوهش‌های آبخیزداری. ۳۹(۳): ۹۶-۷۹.

شناسه دیجیتال: 10.22092/wmrj.2026.372152.1658

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۱۲، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۲/۰۳، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۲۸، تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۷/۰۱

پژوهش‌های آبخیزداری، سال ۱۴۰۵، دوره ۳۹، شماره ۳، شماره پیاپی ۱۵۲، پاییز ۱۴۰۵، صفحه‌های ۷۹ تا ۹۶.

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

© نویسنده‌گان



مواد و روش‌ها

منطقه مطالعه شده پارک جنگلی چغاسبز، جزو آبخیز شهر ایلام در استان ایلام بود. ویژگی‌های اقلیمی و تنوع پوشش گیاهی، شرایط منحصر به فردی را برای بررسی روابط میان پوشش گیاهی، رواناب و فرسایش خاک در این منطقه فراهم آورده است. به منظور مقایسه اثر جنگل‌کاری گونه زربین و جنگل طبیعی شاخه‌زاد بلوط بر اندازه رواناب و رسوب، از دستگاه شبیه‌ساز باران پرتابل، استفاده شد. در این پژوهش، بارش با شدت و مدت زمان مشخص بر اساس نمودارهای شدت-مدت-فراوانی، شدت و پایه زمانی بارش تعیین شد و از رسوب و رواناب زیرآشکوب این توده‌ها با استفاده از قطعات دو مترمربعی (۱×۲ متر)، نمونه‌برداری شد. بارش در دو مدت زمان ۱۵ و ۳۰ دقیقه‌ای و با شدت بارش ۸۰ میلی‌متر بر ساعت شبیه‌سازی شد. سپس، دستگاه شبیه‌ساز باران در سه تکرار تصادفی در هر دو توده جنگل‌کاری‌شده و طبیعی و قطعه شاهد در موقعیت خارج از تاج‌پوشش و مجاور توده‌ها مستقر شد و نمونه رواناب و رسوب و خاک در هر توده و منطقه شاهد جمع‌آوری شد. سپس، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵ انجام شد. تفاوت‌ها با روش تجزیه پراکنش یک‌طرفه بررسی و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن انجام شد. افزون بر این، مقایسه میانگین داده‌ها در زمان‌های بارش ۱۵ و ۳۰ دقیقه‌ای با استفاده از آزمون T انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه پراکنش نشان داد که اثر پوشش‌های گیاهی گوناگون بر برخی از خصوصیات فیزیکی خاک معنی‌دار بود. در جنگل‌کاری زربین، هیچ رواناب و رسوبی مشاهده نشد، که ممکن است دلیل آن پوشش گیاهی متراکم و نفوذپذیری زیاد خاک باشد. بیشترین اندازه رواناب و رسوب در منطقه خارج تاج‌پوشش، مشاهده شد که نشان‌دهنده اثر مثبت پوشش‌های گیاهی در کاهش رواناب و رسوب است. تفاوت اندازه‌های رسوب در منطقه جنگل‌کاری زربین با دو منطقه دیگر معنی‌دار نبود، اما تفاوت‌های این متغیر در میان توده طبیعی بلوط و منطقه خارج تاج‌پوشش از دیدگاه آماری معنی‌دار بود. بر اساس نتایج این پژوهش، با افزایش زمان بارش، ضریب رواناب افزایش یافت. اما، نرخ افزایش ضریب رواناب در مدت بارش ۳۰ دقیقه به ۱۵ دقیقه در منطقه شاهد (۱/۸۲ برابر) در مقایسه با منطقه جنگل‌کاری بلوط (۱/۳۶ برابر) بیشتر بود. این یافته بیانگر اهمیت پوشش گیاهی است و نشان‌دهنده آن است که در شرایط تداوم بارش، اندازه رواناب و هدررفت خاک در مناطق بدون پوشش افزایش خواهد یافت. بر پایه نتایج این پژوهش، وجود تاج‌پوشش درختی دلیل کاهش سرعت تجزیه لاشبرگ، افزایش حجم و ژرفای لاشبرگ در سطح زمین بود، و به‌طور معنی‌داری سبب کاهش رواناب در زیر آشکوب این گونه درختی شد. از سوی دیگر، نفوذپذیری ضعیف خاک در مناطق بدون تاج‌پوشش به دلیل اندازه کم ماده آلی و لاشبرگ و جرم مخصوص ظاهری زیاد و فشردگی ساختار خاک، موجب افزایش رواناب در این مناطق شد. از ویژگی‌های مهم تاج‌پوشش گیاهی، به‌ویژه درختان، ایجاد بستری مناسب در سطح زمین و توسعه شبکه ریشه است که سبب بهبود دانه‌بندی خاک، حفظ ساختار خاک و پایداری خاکدانه‌ها می‌شود. در چنین شرایطی، رواناب و اندازه رسوب نیز کاهش خواهد یافت.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

یافته‌های این پژوهش بیانگر آن بود که پوشش گیاهی در تنظیم ویژگی‌های آب‌شناختی خاک، کاهش فرسایش و رسوب اهمیت زیادی دارد. بر این اساس، می‌توان نتیجه گرفت که حفظ و احیای پوشش گیاهی در توده‌های جنگلی، به‌ویژه در مناطق زاگرس، سبب بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و کاهش مشکلات ناشی از فرسایش می‌شود. از این‌رو، پیشنهاد می‌شود که برای حفاظت از منابع آب و خاک، اقدامات مدیریتی مناسب مانند کاشت درختان و درختچه‌های بومی در مناطق ویران‌شده یا با پوشش گیاهی کم، انجام شود. به‌طور کلی، این اقدامات منجر به کاهش رواناب و فرسایش خاک در آبخیزها، مدیریت پایدار منابع طبیعی و کاهش مشکلات زیست‌محیطی خواهند شد. پیشنهاد می‌شود به‌عنوان راهکاری مؤثر در کاهش فرسایش و حفظ منابع طبیعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، به توسعه جنگل‌کاری و حفظ پوشش گیاهی توجه بیشتری شود.

واژگان کلیدی

تاج‌پوشش، چغاسبز ایلام، خاک، رواناب، شبیه‌ساز باران، هدررفت خاک

مقدمه

منابع آب و خاک در نواحی خشک و نیمه‌خشک به‌عنوان زیربنای حیات و پایداری جوامع انسانی اهمیت ویژه‌ای دارند. به‌رغم محدودیت این منابع در این نواحی، بهره‌برداری ناپایدار و بدون توجه به اصول علمی مدیریت آن‌ها باعث ویرانی روز افزون و افزایش هدررفت منابع آب و خاک شده است. در نتیجه، بخش گسترده‌ای از زمین‌ها در این مناطق در معرض کاهش عملکرد و نابودی منابع طبیعی هستند. بهره‌برداری بهینه از چرخه آب در این نواحی نیازمند شناخت دقیق ویژگی‌های محیطی و سرمایه‌گذاری علمی و عملی در راستای مدیریت پایدار است (سلیمانی ۲۰۱۶). فرسایش خاک در این مناطق به‌عنوان یکی از مهم‌ترین تهدیدهای زیست‌محیطی، چالش‌های جدی برای مدیریت منابع طبیعی ایجاد کرده است. از این‌رو، برای برآورد و مهار فرسایش، شناسایی عامل‌های مؤثر و تدوین برنامه‌های حفاظت خاک و همچنین انتخاب گونه‌های مناسب و اثر آنها در کاهش اندازه رواناب و رسوب برای احیای مناطق ویران‌شده لازم و ضروری است. از این‌رو، در سال‌های پیشین پژوهش‌های بیشتری برای بررسی رابطه میان تغییرات پوشش گیاهی و رواناب و رسوب انجام شده است (آراگاو و همکاران ۲۰۲۱، دینگ و همکاران ۲۰۲۲، دینگ و همکاران ۲۰۲۴، ژانگ و همکاران ۲۰۲۵). یکی از عامل‌های مؤثر در کاهش فرسایش و هدررفت خاک، تاج‌پوشش درختان و چگونگی توزیع مکانی آن‌ها است. نقش پوشش گیاهی و جنگلی در بخشی از چرخه آب‌شناختی با گیرش هوایی بارش‌ها، توزیع زمانی و مکانی آن‌ها، کاهش سرعت برخورد قطرات باران بر سطح زمین، تبخیر و تعرق، کاهش رواناب و افزایش نفوذ آن، از دیدگاه حفاظت آب و خاک، اهمیت فوق‌العاده‌ای دارد. پوشش گیاهی، با کاهش تولید رواناب و افزایش نفوذپذیری خاک، آن را در برابر فرسایش حفظ می‌کند (وینرایت و همکاران ۲۰۰۲) و

سبب تثبیت ریشه‌ها در خاک شده و انرژی قطرات باران را به‌وسیله اندام هوایی به‌ویژه تاج‌پوشش، کاهش می‌دهد؛ از این‌رو، پوشش گیاهی می‌تواند به‌عنوان یک مانع فیزیکی در رخداد فرسایش عمل کرده و روند فرسایش و رسوب را در سطح زمین تغییر دهد (نگی و همکاران ۲۰۱۰). از سوی دیگر، پوشش گیاهی به‌وسیله تاج‌پوشش، ساختار ریشه‌ای و لایه لاشبرگی، باعث مهار فرسایش خاک می‌شود، از این‌رو، کاهش پوشش گیاهی، باعث افزایش اندازه رواناب و فرسایش خاک می‌شود (صادقی و همکاران ۲۰۱۴). جریان رواناب ایجادشده با انتقال ذرات خاک موجب هدررفت عناصر غذایی مؤثر در خاک می‌شود؛ تعیین زمان شروع و حجم رواناب در مدیریت پاسخ آبخیزها در برابر بارندگی از متغیرهای مهم در مدیریت آبخیزها است. از میان عامل‌های مختلف مؤثر بر زمان شروع و حجم رواناب، شدت بارندگی یکی از مهم‌ترین عامل‌ها است (مورنو و همکاران ۲۰۱۰). با توجه به دسترسی‌نداشتن به اطلاعات و محدودیت‌های مالی و زمانی، شرایط سخت فیزیکی کار در آبخیزها و نیز نوسانات غیرقابل پیش‌بینی اقلیمی مانند خشک‌سالی‌های بلندمدت، جمع‌آوری اطلاعات مربوط به فرآیندهای اثرگذار بر هدررفت خاک در عرصه‌های طبیعی دشوار است (بارتس و همکاران ۲۰۰۲). بر این اساس، در بسیاری از پژوهش‌های ارزیابی و برآورد فرسایش و تولید رسوب، از دستگاه شبیه‌ساز باران استفاده می‌شود (زمک و همکاران ۲۰۱۶، هسکه و همکاران ۲۰۱۹). باید توجه داشت که استفاده از شبیه‌ساز باران خود با محدودیت‌هایی همراه است، به‌طوری که دستگاه‌های شبیه‌ساز باران هرگز نمی‌توانند شرایط طبیعی را به‌طور کامل ایجاد کنند؛ اما به‌رغم چالش‌های موجود، استفاده از این دستگاه‌ها به دلیل مزایای نامبرده، در جهان رایج است (آذرتاج و همکاران ۲۰۱۹، داناکوا و همکاران ۲۰۱۷، شریدان و همکاران ۲۰۰۸). از دیدگاه نظری، استفاده از شبیه‌ساز

باران هم موجب صرفه‌جویی در وقت و هزینه می‌شود، و هم با استفاده از آن می‌توان اندازه رواناب و رسوب را به‌همراه فرآیندهای تأثیرگذار در تولید فرسایش و رسوب ارزیابی کرد (کاویان و همکاران ۲۰۱۶). با توجه به اهمیت موضوع، پژوهش‌های گوناگونی در این زمینه انجام شده است. در پژوهشی، لیلی (۲۰۱۷)، اثر شکل رویشی و درصد پوشش گیاهی را بر اندازه تولید رواناب و رسوب با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز باران بررسی کرد و دریافت که کمترین و بیشترین زمان آستانه شروع رواناب و ضریب رواناب به‌ترتیب مربوط به تیمار دیم‌زار رها شده و شکل رویشی گراس بود. آذرتاج و همکاران (۲۰۱۹)، اثر تغییر کاربری بر رواناب و فرسایش خاک با استفاده از شبیه‌سازی باران در منطقه حیران استان اردبیل بررسی کردند و گزارش کردند که با تبدیل مرتع دست‌نخورده به زمین زراعی، حجم رواناب تولیدی حدود پنج برابر افزایش یافت. معیری و همکاران (۲۰۱۸)، با استفاده از شبیه‌ساز باران، اثر تراکم پوشش گیاهی بر رواناب و هدررفت خاک حاصل از فرسایش بین‌شیاری در ترانشه خاکبرداری شده جاده جنگلی کوه‌میان آزادشهر را بررسی کردند و دریافتند تفاوت میان اندازه‌های مختلف مؤلفه‌های رواناب و هدررفت در درصد‌های مختلف پوشش گیاهی معنی‌دار بود. ژاوو و همکاران (۲۰۱۴)، با استفاده از شبیه‌ساز بارش روی قطعه‌های ۶۲۵ سانتی‌متر مربعی، اثرات پوشش گیاهی در تولید رواناب و رسوب را در فلات لِس چین بررسی کردند و گزارش کردند که رابطه میان اندازه رواناب تجمعی و رسوب بسیار خوب بود و به‌طور کلی، با افزایش تراکم پوشش گیاهی، اندازه رسوب بیشتر از اندازه رواناب کاهش یافت و در مراتع طبیعی نیز، با افزایش پوشش گیاهی اندازه رسوب به‌شدت کاهش یافت. در کشور سوئیس ویله‌هاپر و همکاران (۲۰۱۹)، با استفاده از شبیه‌ساز باران نقش پوشش گیاهی در بارش با شدت ۶۰ میلی‌متر در ساعت را روی قطعه‌های با تراکم مختلف پوشش گیاهی بررسی کردند و دریافتند که افزایش پوشش گیاهی سبب کاهش تولید رسوب و افزایش ثبات و پایداری خاک شد. رستمی و همکاران (۲۰۲۲) تغییر رواناب سطحی و فرسایش در خاک‌های

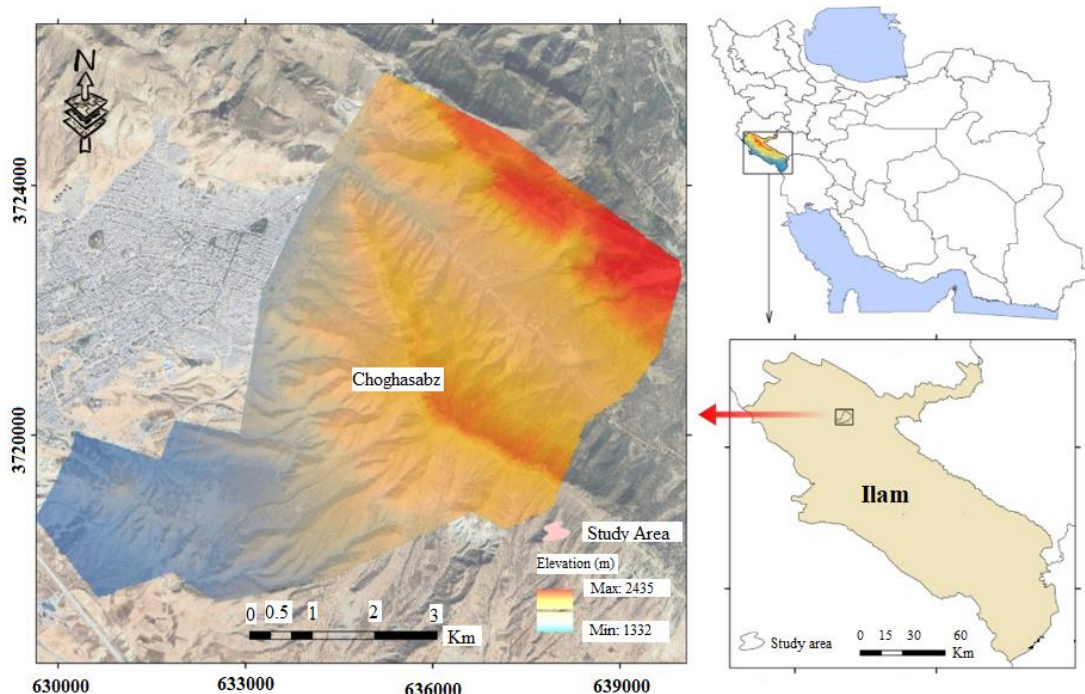
دچار آتش‌سوزی و تحت کاربری‌های مختلف (جنگل و زمین زراعی) در مقایسه با مناطق بدون آتش‌سوزی را با استفاده از شبیه‌ساز باران بررسی کردند و گزارش کردند که تفاوت نفوذ آب در میان مکان‌های سوخته و نسوخته تحت سه کاربری معنی‌دار نبود. در شماری از مهمترین پژوهش‌های انجام‌شده به‌منظور بررسی اثر پوشش گیاهی بر جلوگیری ایجاد رواناب و کاهش هدررفت خاک در نقاط مختلف دنیا، انواع گوناگون دستگاه شبیه‌ساز باران، پوشش گیاهی، سرعت و زمان‌های بارش، بررسی شده‌اند. در بیشتر این پژوهش‌ها اثرات مثبت وجود پوشش گیاهی در کاهش رواناب و جلوگیری از هدررفت مواد غذایی و عناصر خاک گزارش شده است. اما، اندازه این اثرات مثبت از دیدگاه کمی برای گونه‌های مختلف و خاک‌های با خصوصیات ساختاری متفاوت، یکسان نیست (ویل‌هاپر و همکاران ۲۰۱۹، لیو و همکاران ۲۰۱۴، معیری و همکاران ۲۰۱۸، اتحاد ابری و همکاران ۲۰۱۷، دینگ و همکاران ۲۰۲۲، دینگ و همکاران ۲۰۲۴، ژانگ و همکاران ۲۰۲۵). شایان ذکر است در اغلب این پژوهش‌ها بررسی بیشتر موضوعات نامبرده به‌دلیل ماهیت پیچیده سازوکارهای موجود توصیه شده است. اهمیت این موضوع در مناطقی که به هر دلیل پوشش گیاهی آنها ضعیف شده یا نابود شده و با گونه‌های جنگلی دیگر واکاری شده‌اند، دوچندان است. از این‌رو، این پژوهش نیز بر پایه اهمیت آب و خاک در ابعاد مختلف اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و سیاسی مناطق غرب ایران و نیز بر پایه کارکرد اساسی و محوری جنگل‌کاری در حفظ آب و خاک، نقش و جایگاه پوشش گیاهی از دیدگاه نگهداشت آب و کاهش رواناب، برنامه‌ریزی و اجرا شد. از سوی دیگر، تاکنون در استان ایلام و در مورد گونه‌های جنگل‌کاری شده و اهمیت اثر حفاظتی آنها در مهار رواناب و کاهش رسوب با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز باران، پژوهشی انجام نشده است و با توجه به اهمیت و ضرورت موضوع، این پژوهش با هدف بررسی اثر جنگل‌کاری بر تغییرات رواناب و رسوب و ضریب رواناب در مقایسه با جنگل‌های طبیعی بلوط و عرصه‌های خارج از تاج‌پوشش انجام شد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مطالعه‌شده

محدوده مطالعه‌شده، پارک جنگلی چغاسبز، در استان ایلام و شهرستان ایلام و با مختصات جغرافیایی طول شرقی $49^{\circ} 23' 46''$ تا $35^{\circ} 30' 46''$ و عرض شمالی $15^{\circ} 35' 33''$ تا $47^{\circ} 39' 33''$ بود. این منطقه در تقسیم‌بندی کلی آب‌شناسی استان، جزو آبخیز شهر ایلام به‌شمار می‌آید و از شمال به بلندی‌های شلم و دره ارغوان، از غرب به شهر ایلام، از شرق به مناطق جنگلی و از جنوب به فرودگاه ایلام، محدود شده است (شکل ۱). بررسی‌های میدانی نشان داد که در منطقه چهار گونه جنگلی اصلی شامل گونه بلوط ایرانی با تاج‌پوششی تا ۵۰٪ (QU1)، گونه بلوط ایرانی با تاج‌پوششی میان ۵ تا ۲۵٪ (QU2)، گونه بلوط-ارغوان (Cr-QU) و گونه بلوط-زالزالک (Crat-QU) است. افزون بر این، دو قطعه غیرجنگلی شامل قطعات صخره‌ای و گونه مرتعی نیز در منطقه مشاهده شد (طرح جامع مدیریت و بهره‌وری پارک جنگلی بلوط ۲۰۱۶). در سال‌های گذشته در نقاط مختلفی از این پارک جنگل کاری گونه‌های مختلف به‌ویژه

سوزنی‌برگان انجام شده است. اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن مدیترانه‌ای و بر اساس روش آمبرژه مرطوب معتدل است و دمای کمینه و بیشینه به‌ترتیب $4/6^{\circ}$ و $47/6^{\circ}$ درجه سانتی‌گراد ثبت شده است. میانگین سالانه بارندگی در این منطقه میان ۴۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر متغیر است که در مناطق کوهستانی شمالی و غربی به ۸۰۰ میلی‌متر و در دشت‌های مرکزی و جنوبی کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر است. بر اساس آمار ثبت‌شده در ایستگاه همدید شهر ایلام، میانگین سالانه بارندگی در این شهر ۵۷۸ میلی‌متر است (رستمی و همکاران ۲۰۲۳). میانگین سالانه دما نیز حدود ۱۶ تا ۱۸ درجه سانتی‌گراد است و در مناطق کوهستانی، دما در زمستان زیر صفر و در مناطق جنوبی، در تابستان بیش از ۴۰ درجه سانتی‌گراد است. این ویژگی‌های اقلیمی و تنوع پوشش گیاهی، شرایط منحصربه‌فردی را برای بررسی روابط میان پوشش گیاهی، رواناب و فرسایش خاک فراهم آورده است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعه‌شده.
Figure 1- Location of the study area.

روش پژوهش

به‌منظور مقایسه اثر جنگل‌کاری گونه زرین (*Cupressus sempervirens* var. *horizontalis*) و جنگل طبیعی شاخه‌زاد بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) بر اندازه رواناب و رسوب، از دستگاه شبیه‌ساز باران پرتابل استفاده شد. این دستگاه شامل بخش‌های مختلف سامانه جمع‌آوری آب مازاد، سامانه آب‌رسانی، صفحه بارش و برد کنترلی بود. اجزاء صفحه بارش دو نازل نوسانی از نوع ویجت ۸۰۱۰۰ با قطر روزنه ۴/۵ میلی‌متر با امکان حرکت روی یک ریل با طول دو متر بود که پایه‌های آن متحرک و با قابلیت تنظیم بلندی تا ۲۷۰ سانتی‌متر بود. نازل‌ها یک الگوی بارش بادبزی با محدوده‌ای از قطرات با اندازه‌های مختلف ایجاد کرد. فشار بهینه ۸۰ کیلو پاسکال بود، که در این فشار سرعت سقوط قطرات باران با روش

عکس‌برداری، ۷/۱ متر بر ثانیه محاسبه شد. قطرات باران شبیه‌سازی‌شده در محدوده میان ۰/۴ تا ۴/۴ میلی‌متر و بر اساس پژوهش‌های انجام‌شده محاسبه شد (ارغند و همکاران ۲۰۲۵، رستمی و همکاران ۲۰۲۳، شیخ و همکاران ۲۰۱۶، شیخ و همکاران ۲۰۱۷). در این پژوهش، بارش با شدت و مدت زمان مشخص شبیه‌سازی شد. از این‌رو، با استفاده از نمودارهای شدت-مدت-فراوانی، شدت و پایه زمانی بارش تعیین شد و از رسوب و رواناب زیرآشکوب این توده‌ها (با شیب متوسط حدود ۳۰ درصد) با استفاده از قطعات دو مترمربعی (۱×۲ متر) نمونه‌برداری شد. شبیه‌سازی بارش در سه تکرار، در دو مدت زمان بارش ۱۵ و ۳۰ دقیقه‌ای و با شدت بارش ۸۰ میلی‌متر بر ساعت (با دوره بازگشت متوسط ۵۰ ساله) انجام شد (شکل ۲).



شکل ۲- دستگاه شبیه‌ساز باران و شیوه جمع‌آوری نمونه رواناب و رسوب.

Figure 2 - Rainfall simulator and method of collecting runoff and sediment samples.

مخصوص ظاهری و بافت خاک (شن، رس و سیلت)، نیز برای این نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. پس از اجرای شبیه‌سازی، نمونه‌های رواناب و رسوب در ظروف مخصوص جمع‌آوری و برای اندازه‌گیری سنجه‌های مدنظر به آزمایشگاه انتقال یافت. پس از تعیین اندازه رواناب و رسوب در هر منطقه و در زمان‌های بارش ۱۵ و ۳۰ دقیقه، خصوصیات مختلف شامل ضریب رواناب و اندازه هدررفت خاک محاسبه شد.

در این پژوهش، در هر توده جنگل کاری‌شده با گونه سرو زربین، جنگل طبیعی بلوط و منطقه شاهد (شکل ۳)، سه تکرار برای شبیه‌سازی باران در نظر گرفته شد. افزون بر این، محدوده‌های خارج از تاج‌پوشش در مجاورت این توده‌ها به‌طور تصادفی در سه تکرار به‌عنوان شاهد تعیین و نمونه‌های رواناب و رسوب جمع‌آوری شدند. افزون بر این، از هر توده و منطقه شاهد در مجاورت قطعات آزمایشی، سه نمونه خاک برداشت شد. خصوصیات فیزیکی خاک، شامل جرم



شکل ۳- زیراشکوب جنگل کاری سرو زربین، جنگل طبیعی بلوط و منطقه شاهد.

Figure 3- Understory of the cypress (*Cupressus sempervirens* var. *horizontalis*) plantation, natural oak forest, and the control area.

مقایسه میانگین داده‌ها در زمان‌های نامبرده با استفاده از آزمون T انجام شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵ انجام شد. تفاوت‌ها با تجزیه پراکنش یک‌طرفه بررسی و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن انجام شد. افزون بر این، به‌دلیل بررسی نمونه‌ها در دو مدت زمان بارش ۱۵ و ۳۰ دقیقه‌ای،

نتایج و بحث

مقایسه میانگین خصوصیات فیزیکی خاک

نتایج تجزیه پراکنش نشان داد که اثر پوشش‌های گیاهی مختلف بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک معنی‌دار بود. به‌ویژه، اثر پوشش‌های گیاهی بر جرم مخصوص ظاهری خاک (BD)، درصد شن و درصد رس در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار بود (جدول ۱). این یافته بیانگر آن است که این شاخص‌ها تحت تأثیر نوع پوشش گیاهی هستند. اثر پوشش‌های گیاهی بر درصد سیلت معنی‌دار نبود یعنی این ویژگی خاک تحت تأثیر نوع پوشش گیاهی نیست. افزون بر این، نتایج نشان داد که تفاوت جرم مخصوص ظاهری خاک در منطقه خارج از تاج‌پوشش با دو منطقه دیگر، یعنی توده طبیعی بلوط و جنگل‌کاری زربین معنی‌دار بود. جرم مخصوص ظاهری خاک در توده طبیعی بلوط به‌طور معنی‌داری کمتر از جنگل‌کاری زربین بود.

افزون بر این، بیشترین جرم مخصوص ظاهری در جنگل‌کاری زربین مشاهده شد (شکل ۴). دلیل این یافته ممکن است تراکم بیشتر خاک در این منطقه باشد. از سوی دیگر، اندازه‌های بیشتر ماده آلی و لاشبرگ در جنگل طبیعی بلوط منجر به کاهش فشردگی خاک و کاهش جرم مخصوص ظاهری شد. به‌طور کلی، یافته‌ها نشان داد اثر پوشش‌های گیاهی بر جرم مخصوص ظاهری و ترکیب دانه‌بندی خاک (شن و رس) قابل‌توجه است، به‌طوری که اندازه‌شن و رس در توده طبیعی بلوط به‌طور معنی‌داری کمتر از جنگل‌کاری زربین و شاهد بود اما درصد سیلت خاک تحت تأثیر پوشش‌های گیاهی نبود (جدول ۱ و شکل ۴). این نتایج با یافته‌های ژو و همکاران ۲۰۲۲، اسلامی‌نژاد و همکاران ۲۰۲۰، مبنی بر اهمیت نوع پوشش گیاهی در مدیریت ویژگی‌های فیزیکی خاک هم‌راستا است.

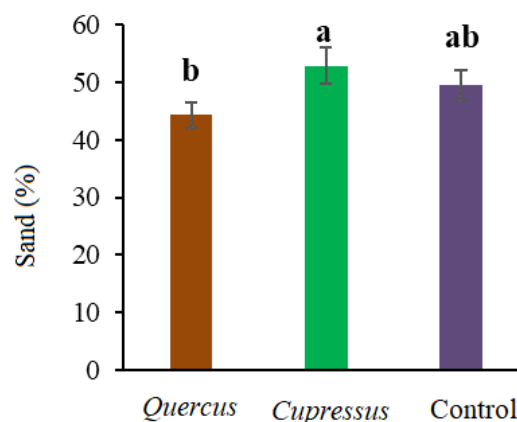
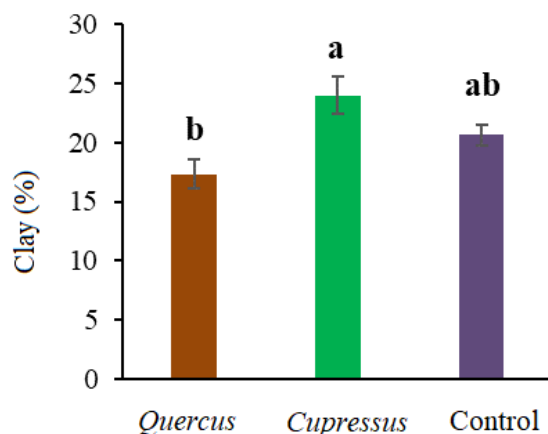
جدول ۱- تجزیه پراکنش اثر پوشش‌های گیاهی مختلف بر خصوصیات فیزیکی خاک.

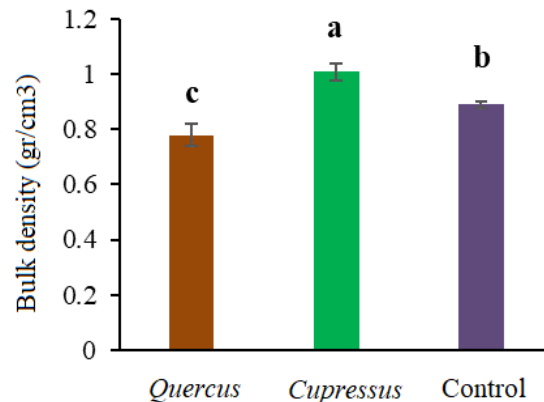
Table 1- Analysis of variance of the effect of different vegetation covers on soil physical properties.

Variable	F	Df	Sig.
BD (g/cm ³)	6.753	2	0.029*
Sand (%)	7.532	2	0.023*
Silt (%)	4.418	2	0.066
Clay (%)	9.375	2	0.014*

*: معنی‌دار در سطح ۵٪.

*: Significance at 5% level





شکل ۴- مقایسه میانگین ($\pm$ اشتباه معیار) خصوصیات فیزیکی خاک (جرم مخصوص ظاهری، شن و رس میان پوشش‌های گیاهی مختلف).

حروف مختلف روی ستون‌ها بیانگر تفاوت معنی‌دار میان میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن است.

Figure 4- Comparison of the mean ($\pm$ standard error) of soil physical properties (bulk density, sand, and clay) under different vegetation covers.

Different letters above the bars indicate significant differences among means based on Duncan's multiple range test.

لاشبرگ‌های چند ساله و کند تجزیه‌پذیر آن) باشد. بیشترین اندازه رواناب و رسوب در منطقه خارج تاج‌پوشش، مشاهده شد. این نتایج نشان‌دهنده اثر مثبت پوشش‌های گیاهی در کاهش رواناب و رسوب است، به‌ویژه در مناطق جنگل‌کاری و توده طبیعی بلوط که در مقایسه با منطقه بدون پوشش گیاهی، رواناب و رسوب کمتر بود (جدول ۲).

حجم رواناب و رسوب

در توده طبیعی بلوط، حجم رواناب ۱۸۷۵/۳ میلی‌لیتر که بیشتر از توده زربین (۰) و کمتر از شاهد (۱۲۴۳۲/۶ میلی‌لیتر) بود. بیشترین اندازه رسوب مربوط به شاهد (۱۴/۷ گرم) بود. در توده طبیعی بلوط اندازه رسوب ناچیز (۰/۴۹ گرم) و جنگل‌کاری زربین هیچ رسوبی مشاهده نشد، که ممکن است دلیل آن پوشش گیاهی متراکم و نفوذپذیری زیاد خاک (تجمع

جدول ۲- اندازه رواناب و رسوب در مناطق مطالعه‌شده.

Table 2- Amount of runoff and sediment in various study areas.

Variable	Location	Mean
Runoff	<i>Cupressus sempervirens</i>	0 c
	<i>Quercus brantii</i> Lindl	1875.3 b
	Control	12432.6 a
	Sig.	0.01
	<i>Cupressus sempervirens</i>	0 b
Sediment	<i>Quercus brantii</i> Lindl	0.49 b
	Control	14.7 a
	Sig.	0.03

حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت‌های معنی‌دار میان میانگین‌ها است ($p < 0.05$).

Different letters indicate significant differences among the means ($p < 0.05$).

مقایسه میانگین حجم رواناب بر اساس مدت زمان بارش در توده طبیعی بلوط، میانگین حجم رواناب در مدت زمان ۳۰ دقیقه (۲۶۸۸/۶۷ میلی‌لیتر) به‌طور معنی‌داری بیشتر از زمان ۱۵ دقیقه (۹۹۵/۳۳ میلی‌لیتر) بود. در جنگل‌کاری زربین، هیچ‌گونه روانابی مشاهده نشد و به این دلیل، میانگین حجم رواناب برای هر دو مدت زمان بارش و انحراف معیار نیز صفر

بود. این یافته نشان‌دهنده بی اثر بودن بارش بر رواناب در این منطقه در این بازه‌های زمانی و شرایط رطوبتی خاک است. در منطقه خارج تاج‌پوشش، میانگین حجم رواناب در مدت زمان ۳۰ دقیقه (۱۹۵۰۶ میلی‌لیتر) به‌طور معنی‌داری بیشتر از زمان ۱۵ دقیقه (۵۳۶۳/۵۰ میلی‌لیتر) بود (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین حجم رواناب بر اساس مدت زمان بارش.

Table 3- Comparison of average runoff volume based on rainfall duration.

Location	30 min.		15 min.		t Parameter	Significant Level (P)
	Std. Deviation	Mean	Std. Deviation	Mean		
<i>Quercus brantii</i> Lindl	990.407	2688.67 a	227.740	995.33 b	-2.886	0.045
<i>Cupressus sempervirens</i>	0	0	0	0	-	-
Control	1846.963	19506 a	1133.492	5363.50 b	-0.229	0.012

حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت‌های معنی‌دار میان میانگین‌ها است ($p < 0.05$)
Different letters indicate significant differences among the means.

مقایسه میانگین اندازه رسوب بر اساس مدت زمان بارش تجزیه و تحلیل مقایسه میانگین اندازه رسوب بر اساس مدت زمان بارش در مناطق مختلف در جدول ۴ ارائه شده است. برای منطقه توده طبیعی بلوط، میانگین اندازه رسوب در مدت زمان ۱۵ دقیقه برابر با ۰/۵۴ گرم با انحراف معیار ۰/۶۰۶۸ و در مدت زمان ۳۰ دقیقه برابر با ۱/۰۷۵ گرم با انحراف معیار ۰/۳۹ بود. آماره t برای این مقایسه برابر با ۱/۲۶۹- و سطح معنی‌داری ۰/۳۲۳ بود که نشان‌دهنده نبودن تفاوت معنی‌دار میان اندازه رسوب در این دو مدت زمان بارش است. این یافته بیانگر آن است که تغییر مدت زمان بارش تحت این شرایط بر اندازه رسوب در این

منطقه بی اثر بود. در منطقه جنگل‌کاری زربین، هیچ‌گونه رسوبی مشاهده نشد. از این‌رو، میانگین اندازه رسوب برای هر دو مدت زمان بارش و انحراف معیار نیز صفر بود. این یافته نشان‌دهنده بی اثر بودن بارش بر اندازه رسوب در این منطقه است. در منطقه خارج تاج‌پوشش، میانگین اندازه رسوب در مدت زمان ۳۰ دقیقه (۱۵/۶۰۴ گرم) به‌طور معنی‌داری در مقایسه با زمان ۱۵ دقیقه (۷/۰۲۸ گرم) بیشتر بود. این نتایج بیانگر آن است که با افزایش مدت زمان بارش، اندازه رسوب در این منطقه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین اندازه رسوب بر اساس مدت زمان بارش

Table 4- Comparison of average sediment amount based on rainfall duration

Location	30 min.		15 min.		t Parameter	Significant Level (P)
	Std. Deviation	Mean	Std. Deviation	Mean		
<i>Quercus brantii</i> Lindl	0.3961	1.075	0.6068	0.5444	-1.269	0.323
<i>Cupressus sempervirens</i>	0	0	0	0	-	-
Control	1.477	15.604 a	2.964	7.028 b	-3.662	0.000

حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت‌های معنی‌دار میان میانگین‌ها است ($p < 0.05$)
Different letters indicate significant differences among the means.

تغییرات ضریب رواناب در مناطق مختلف

ضریب رواناب درصدی از بارندگی است که به رواناب تبدیل می‌شود. زمانی که ضریب رواناب برابر صفر باشد یعنی هیچ روانابی نیست و همه بارش به وسیله خاک و پوشش گیاهی جذب شده و یا تبدیل به بخار شده و یا به شکل‌های دیگری هدررفته است. زمانی که ضریب رواناب برابر ۱۰۰ باشد یعنی تمام بارندگی به

رواناب تبدیل شده است (مهدوی ۲۰۱۳). برای بررسی دقیق اثر پوشش گیاهی بر تغییرات اندازه رواناب در هر منطقه، اندازه رواناب در مدت زمان‌های ۱۵ و ۳۰ دقیقه اندازه‌گیری و بر اندازه بارش در آن بازه زمانی تقسیم و عدد به دست آمده در ۱۰۰ ضرب شد تا ضریب رواناب محاسبه شود (جدول ۵).

جدول ۵- اندازه ضریب رواناب به تفکیک مناطق مطالعه شده.

Table 5- Amount of runoff coefficient in various study areas.

Variable	Location	15 min.	30 min.
Runoff Coefficient	<i>Cupressus sempervirens</i>	0	0
	<i>Quercus brantii</i> Lindl	2.5	3.4
	Control	13.4	24.4

بررسی اثر نوع پوشش گیاهی بر ضریب رواناب بیانگر آن است که بودن یا نبودن پوشش گیاهی و نوع آن و همچنین مدت زمان بارش بر اندازه و ضریب رواناب به طور مستقیم اثرگذار است. به طوری که با افزایش زمان بارش، ضریب رواناب افزایش یافت. اما، نرخ افزایش ضریب رواناب که از تقسیم ضریب رواناب در مدت بارش ۳۰ دقیقه به ضریب رواناب در مدت بارش ۱۵ دقیقه به دست آمد در منطقه شاهد که خاک بدون پوشش بود (۱/۸۲ برابر) در مقایسه با منطقه جنگل کاری بلوط (۱/۳۶ برابر) بیشتر بود و این موضوع مؤید اهمیت پوشش گیاهی است. افزون بر این، با تداوم بارش، اندازه رواناب و هدررفت خاک در مناطق بدون پوشش نیز افزایش یافت. وجود پوشش گیاهی در این مناطق به وسیله ریشه‌ها باعث تثبیت خاک و به وسیله تاج‌پوشش درختان سبب کاهش انرژی قطرات باران می‌شود. این ویژگی‌ها به عنوان یک مانع فیزیکی در برابر فرسایش عمل می‌کنند (سانگ و همکاران ۲۰۱۹). در زمین‌هایی که خاک پوشیده از گیاهان متراکم است (مانند منطقه جنگل کاری زرین)، بیشترین مقاومت در برابر جریان آبی وجود دارد و حتی در بارندگی‌های شدید و شیب‌های زیاد، تولید رسوب و رواناب به حداقل می‌رسد (رفاهی ۲۰۱۸). پوشش گیاهی در خاک به دلیل داشتن مواد

آلی زیاد و ساختار مناسب و پایدار، سبب افزایش نفوذپذیری خاک و کاهش رواناب و رسوب می‌شوند (ساپوترا و همکاران ۲۰۲۲). پوشش گیاهی جنگلی به دلیل داشتن تاج‌پوشش و ساختار ریشه‌ای توسعه یافته، ظرفیت زیادی برای افزایش قابلیت نفوذ آب در خاک زیر اشکوب دارد. زیرا، جریان رواناب با انتقال ذرات خاک باعث هدررفت عناصر غذایی مؤثر در خاک می‌شود. با حفظ پوشش گیاهی و توسعه جنگل کاری، افزون بر انباشت کربن و حفظ خاکدانه‌ها، با مهار شدت باران به وسیله تاج‌پوشش و ساقاب، می‌توان رواناب و رسوب را کاهش داد (بارتز و همکاران ۲۰۰۲، کاو و همکاران ۲۰۰۸). بر پایه نتایج این پژوهش، می‌توان گفت وجود تاج‌پوشش درختی، به ویژه در گونه زرین، دلیل کاهش سرعت تجزیه لاشبرگ، افزایش حجم و ژرفای لاشبرگ در سطح زمین بود، و به طور معنی‌داری سبب کاهش رواناب در زیر اشکوب این گونه درختی شد. هرچند نتایج این پژوهش اثر مثبت گونه سرو زرین را در کاهش رواناب و رسوب نشان داد ولی نتایج دیگر پژوهش‌ها بیانگر اثرات منفی گونه زرین بر زیراشکوب خود به وسیله آللوپاتی و سمی کردن خاک است. برای مثال می‌توان به اثر گونه سوزنی برگ در تأخیر جوانه‌زنی در پژوهش امبارک (۲۰۱۶) اشاره کرد. از این رو، در استفاده از این

همکاران ۲۰۱۴، سلیمانی و همکاران ۲۰۱۶، ۲۰۱۸، لیلی ۲۰۱۷، اتحاد ابری و همکاران ۲۰۱۷)، همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این پژوهش با هدف بررسی اثر جنگل‌کاری و توده طبیعی بلوط بر اندازه رواناب و رسوب با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز باران در منطقه چغاسبز ایلام انجام شد. بر اساس نتایج این پژوهش می‌توان با جنگل‌کاری و ایجاد پوشش گیاهی طبیعی به‌ویژه درختان بلوط می‌توان به‌طور قابل توجهی اندازه رواناب و رسوب را کاهش داد. افزون بر این، این اقدام نقش بسیار مهمی بر بهبود کیفیت منابع آب و خاک دارد. از این‌رو، پیشنهاد می‌شود برای حفاظت از منابع آب و خاک، اقدامات مدیریتی مناسب مانند کاشت انواع گیاهان بومی و سازگار در مناطق بدون پوشش گیاهی انجام شود. به‌طور کلی، این اقدامات منجر به کاهش رواناب و فرسایش خاک در آبخیزها، مدیریت پایدار منابع طبیعی و کاهش مشکلات زیست‌محیطی خواهند شد. افزون بر این، پیشنهاد می‌شود به‌عنوان راهکاری مؤثر در کاهش فرسایش و حفظ منابع طبیعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، به توسعه جنگل‌کاری و حفظ پوشش گیاهی توجه بیشتری شود.

تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافی در راستای نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

دسترسی به داده‌ها

داده‌ها و نتایج استفاده‌شده در این پژوهش، با مکاتبه با نویسنده مسئول در اختیار مخاطب قرار خواهد گرفت.

سپاسگزاری

از دانشگاه ایلام به‌دلیل فراهم آوردن شرایط انجام این پایان‌نامه تقدیر و تشکر می‌شود.

گونه درختی باید تمام جنبه‌های مثبت و منفی آن را در نظر گرفت. از سوی دیگر، نفوذپذیری ضعیف خاک در مناطق بدون تاج‌پوشش به‌دلیل اندازه کم ماده آلی و لاشبرگ و جرم مخصوص ظاهری زیاد و فشردگی ساختار خاک، موجب افزایش رواناب در این مناطق شد افزون بر این، یافته‌های این پژوهش نشان داد حجم رواناب با افزایش مدت زمان بارش از ۱۵ به ۳۰ دقیقه در مناطق مطالعه‌شده افزایش یافت. در منطقه جنگل‌کاری زرین، هیچ‌گونه روانابی مشاهده نشد. این یافته با نتایج رستگار و همکاران (۲۰۱۴) مبنی بر اهمیت اثر تراکم پوشش گیاهی بر اندازه تولید رواناب، هم‌راستا است. افزون بر این نتایج این پژوهش با یافته‌های پرشماری (لیلی ۲۰۱۷، آذرتاج و همکاران ۲۰۱۹، اتحاد ابری و همکاران ۲۰۱۷، معیری و همکاران ۲۰۱۸، ژانگ و همکاران ۲۰۱۱، پینگ پینگ و همکاران ۲۰۱۳، ویلدهایر و همکاران ۲۰۱۹، نیگوسی و همکاران ۲۰۲۵) همخوانی دارد. در اتیوی، نتایج پژوهش گدل و همکاران (۲۰۲۵) مؤید اثر مستقیم پوشش گیاهی و شدت بارش بر اندازه رواناب و رسوب بود. در پژوهشی دیگر در اتیوی نیز نتایج پژوهش انگدی و همکاران (۲۰۲۵) مؤید نقش پوشش گیاهی بود و دریافتند تغییر کاربری و افزایش مناطق مسکونی به‌شدت اندازه رواناب و فرسایش را افزایش داد و نتایج تجزیه پراکنش بیانگر تفاوت معنی‌دار اندازه رسوب در مناطق مختلف بود.

از ویژگی‌های مهم تاج‌پوشش گیاهی، به‌ویژه درختان، ایجاد بستری مناسب در سطح زمین و توسعه شبکه ریشه است که سبب بهبود دانه‌بندی خاک، حفظ ساختار خاک و پایداری خاکدانه‌ها می‌شود (ژو و همکاران ۲۰۲۳، لی و همکاران ۲۰۲۳). در چنین شرایطی، رواناب و اندازه رسوب نیز کاهش خواهد یافت. بر اساس نتایج آزمون مقایسه میانگین‌ها، با افزایش مدت زمان بارش از ۱۵ به ۳۰ دقیقه، اندازه رسوب نیز به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. این یافته‌ها با نتایج پژوهش‌های پرشماری (پینگ پینگ و همکاران ۲۰۱۳، ژاوو و همکاران ۲۰۱۴، لین و همکاران ۲۰۱۸، ویلدهایر و همکاران ۲۰۱۹، آقابیکی و

نویسنده سوم: انجام تحلیل‌های نرم‌افزاری/آماري، مشاوره، بازبینی متن مقاله، تحلیل‌های آماري نویسنده چهارم: مشاوره، بازبینی متن مقاله

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول: انجام کارهای میدانی و آزمایشگاهی، نگارش نسخه اولیه مقاله
نویسنده دوم: مفهوم‌سازی، راهنمایی، ویرایش و بازبینی مقاله، بازبینی نتایج

فهرست منابع

- Aghabeigi Amin S, Moradi HR, Fattahi B, Fattahi B. 2014. Sediment and runoff measurement in different rangeland vegetation types using rainfall simulator. *Ecopersia*. 2(2):525-538.
- Aragaw HM, Goel MK, Mishra SK. 2021. Hydrological responses to human-induced land use/land cover changes in the Gidabo River Basin, Ethiopia. *Hydrological Sciences Journal*. 66:640-655.
<https://doi.org/10.1080/02626667.2021.1890328>
- Arghand T, Rostami N, Heydari M, Gheysouri M. 2025. Evaluation of the role of rainfall characteristics and prescribed fire on the runoff and leaching of soil nutrients in the Chogha Sabz Park, Ilam. *Watershed Management Research*. 37(4):99-118. (In Persian).
<https://doi.org/10.22092/wmrj.2024.364885.1575>
- Azartaj E, Rasoulzadeh A, Asghari A. 2019. Investigating the effect of land use change on runoff and soil erosion using rainfall simulation in Heiran Region of Ardabil. *Watershed Engineering and Management*. 10(1):1-13. (In Persian).
<https://doi.org/10.22092/ijwmse.2018.115656>
- Barthes B, Roos E. 2002. Aggregate stability as an indicator of soil susceptibility to runoff and erosion; validation at several level. *Catena*. 47:133-149. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(01\)00180-1](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(01)00180-1)
- Cao Y, Ouyang ZY, Zheng H, Huang ZG, Wang XK, Miao H. 2008. Effects of forest plantations on rainfall redistribution and erosion in the red soil region of southern China. *Land Degradation and Development*. 19(3):321-330. <https://doi.org/10.1002/ldr.812>
- Danáčová M, Valent P, Výleta R, Hlavčová K. 2017. The effects of rainfall on surface runoff and soil erosion from forest areas. In *SGEM 2017. 17th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference*. vol. 17, Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems: Conference proceedings. Vienna, Austria. pp. 641-648.
- Ding N, Li YB, Tao FL. 2024. Effects of climate change and land use change on runoff, sediment, nitrogen and phosphorus losses in the Haihe River Basin. *Natural Resources Journal*. 39:1720-1734.
<https://doi.org/10.31497/zrzyxb.20240713>
- Ding Y, Feng H, Zou B. 2022. Remote Sensing-Based Estimation on Hydrological Response to Land Use and Cover Change. *Forests*. 13(11):1749.
<https://doi.org/10.3390/f13111749>
- Engdaye M, Sileshi D, Mekuria A, Wondimagegn M. 2025. Spatiotemporal modeling of soil loss and sediment yield due to land use and land cover changes: implications for watershed management. *Journal of Water and Climate Change*. 16(4):1310-1335. <https://doi.org/10.2166/wcc.2025.467>
- Eslaminejad P, Heydari M, Kakhki FV, Mirab-balou M, Omidipour R, Muñoz-Rojas M, Lucas-Borja ME. 2020. Plant species and season influence soil physicochemical properties and microbial function in a semi-arid woodland ecosystem. *Plant and Soil*. 456: 43-59. <https://doi.org/10.1007/s11104-020-04691-1>
- Ethad Abri M, Majnonian B, Malekian A, Jaugholami M. 2017. Hydrological effects of forest selective harvesting on runoff and sediment yields (Case study: Kheyroud Forest). *Journal of Natural Environment*. 70(3):481-491. (In Persian).
<https://doi.org/10.22059/jne.2017.218576.1264>
- Gedle A, Rientjes T, Tamiru Haile A, Mekuria W, Hallett P, Smith J. 2025. Responses of surface runoff and soil water-erosion to changes in seasonal land cover and rainfall intensity; the case of Shilansha Watershed, Rift Valley Basin of Ethiopia. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. 58:102289. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2025.102289>
- Integrated Management and Productivity Plan for Oak Forest Park. 2016. General directorate of natural resources and watershed management of Ilam Province. *Natural Resources and Watershed Management Organization of Iran*. 180 p. (In Persian).

Kavian A, Mohammadi M, Fallah M, Gholami L. 2016. Effect of wheat straw on changing time to runoff and runoff coefficient in laboratory plots under rainfall simulation. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*. 5(2):73-82. (In Persian).

Lee K, Song Y, Koo H, Kim H, Kweon H, Koo N. 2023. Evaluation of soil loss tolerance and tree growth features based on planting ground methods in the Alpine Center, degraded forestland in the Republic of Korea. *Forests*. 14(2):200. <https://doi.org/10.3390/f14020200>

Leili S. 2017. The effect of vegetation form and percentage of vegetation cover on runoff and sediment. Master's thesis. University of Kurdistan. 130 p. (In Persian).

Lin j, Zhu G, Wei J, Jiang F, Wang MK, Huang Y. 2018. Mulching effects on erosion from steep slopes and sediment particle size distributions of gully colluvial deposits. *Catena*. 160: 57-67. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.09.003>

Liu YJ, Wang TW, Cai ChF, Li ZhX, Cheng DB. 2014. Effects of vegetation on runoff generation, sediment yield and soil shear strength on road-side slopes under a simulation rainfall test in the Three Gorges Reservoir Area, China. *Science of the Total Environment*. 485-486:93-102.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.03.053>

M'barek K. 2016. Chemical composition and phytotoxicity of cupressus sempervirens leaves against crops. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*. 19(7):1582-1599. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2016.1226964>

Mahdavi M. 2013. *Applied hydrology*. Volume 2, University of Tehran Press. 437 p.

Mhaske SN, Pathak K, Basak A. 2019. A comprehensive design of rainfall simulator for the assessment of soil erosion in the laboratory. *Catena*. 172:408-420. <https://doi.org/10.1016/J.CATENA.2018.08.039>

Moayeri MH, Moghadamirad M, Abdi E, Ghorbani Vagheie H. 2018. Effect of vegetation cover percentage on runoff and soil loss of interrill erosion in forest road cutslope (Case study: Kohmian Forest, Azadshahr). *Journal of Water and Soil Conservation*. 25(2):219-233. (In Persian). <https://doi.org/10.22069/jwsc.2018.12464.2719>

Moreno M, Heras L, Nicolau J, Martin LM, Wilcox BP. 2010. Plot-scale effects on runoff and erosion along a slope degradation gradient. *Water Resources Research*. 46:1-12. <https://doi.org/10.1029/2009WR007875>

Negi GCS, Joshi V, Kumar K. 2010. Spring sanctuary development to meet household water

demand in the mountains: A call for action. In: *Research for mountain development: Some initiatives and accomplishments*. Gyanodya Prakashan, Nainital, India. pp. 25-48.

Nigussie W, Al-Najjar H, Kalantar B, Nega W, Bizelk T, Suryabhagavan KV, Adane N. 2025. Evaluating the impact of land use/land cover and rainfall changes on regional soil erosion. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*. 16(1):1-35.

<https://doi.org/10.1080/19475705.2025.2520374>

Pingping H, Xue Sh, Li P, Zhanbin L. 2013. Effect of vegetation cover types on soil infiltration under simulating rainfall. *Nature Environment and Pollution Technology*. 12(2):193-198.

Rastegar Sh, Barani H, Darijani A, Sheikh VB, Ghorbani J, Ghorbani M. 2014. Comparison of soil loss and sediment rate of some geological formations in vegetation gradients using rain simulator (Case study: Baladeh Noor Summer Rangelands of Mazandaran Province). *Journal of Range and Watershed Management*. 67(1):31-44. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/jrwm.2014.50826>

Refahi HGh. 2018. *Water erosion and its control*. University of Tehran Press. 672 p. (In Persian).

Rostami N, Heydari M, Uddin SMM, Esteban Lucas-Borja M, Zema DA. 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.

<https://doi.org/10.3390/f13020246>

Rostami N, Omidipour R, Heydari M, Mohammadi M, Rabbani M, Moradi A, Mehraban I, Sadatzadeh M, Ghobadian Z, Rostami F, Moradnezhad M, Abdoli Sh, Bagheri Z, Armon Z, Jamshidi R, Foladvand S, Rasouli M, Rahmani S. 2023. Design and implementation of an erosion and sedimentation research station for investigating rainfall-runoff events in Western Iran: A case study of Ilam University's erosion and sediment research station. *Hydrophysics*. 9(1):109-118. (In Persian).

Sadeghi SHR, Sharifi Moghadam E, Gholami L. 2014. Effect of rice straw on surface runoff and soil loss in small plots. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*. 3(4):73-83. (In Persian).

Saputra DD, Sari RR, Hairiah K, Suprayogo D, van Noordwijk M. 2022. Recovery after volcanic ash deposition: vegetation effects on soil organic carbon, soil structure and

infiltration rates. *Plant and Soil*. 474(1-2):163-179. <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05322-7>

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. <https://doi.org/10.18869/modares.Ecopersia.4.2.1395>

Sheikh VB, Shalamzari MJ, Farajollahi A. 2017. Sediment-bound soil nutrient loss under simulated rainfall. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*. 67(1):37-48. <https://doi.org/10.17099/jffiu.95610>

Sheridan GJ, Noske PJ, Lane PN, Sherwin CB. 2008. Using rainfall simulation and site measurements to predict annual interrill erodibility and phosphorus generation rates from unsealed forest roads: Validation against in-situ erosion measurements. *Catena*. 73(1):49-62. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2007.08.006>

Soleimani F, Kavian A, Soleimani K, Sharifi F, Shahidi K. 2018. The effect of multi-additive application on runoff time and runoff coefficient under different conditions and rainfall simulation. *Watershed Engineering and Management*. 10(2):214-230. (In Persian). <https://doi.org/10.22092/ijwmse.2018.116467>

Soleimani F. 2016. Simulating the effect of water and soil conservation operations on the threshold of runoff initiation and sediment production using a rain simulator. Master's thesis, University of Sari. 145 p. (In Persian).

Song Z, Seitz S, Li J, Goebes P, Schmidt K, Kühn P, Shi X, Scholten T. 2019. Tree diversity reduced soil erosion by affecting tree canopy and biological soil crust development in a subtropical forest experiment. *Forest Ecology and Management*. 444 :69-77. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.04.015>

Wainwright I, Parsons AJ, Schlesinger WH. 2002. Hydrology-vegetation interactions in areas of discontinuous flow on a semi-arid bajada, Southern New Mexico. *Arid*

Environment. 51:319-338. <https://doi.org/10.1006/jare.2002.0970>

Wildhaber YS, Banninger D, Burri K, Alewell C. 2019. Evaluation and application of a portable rainfall simulator on subalpine grassland. *Catena*. 91:56-62. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.03.004>

Xu C, Lin TC, Yang Z, Liu X, Xiong D, Chen S, Wu F, Yang Y. 2022. Forest conversion effects on soil organic carbon are regulated by soil aggregate stability and not by recalcitrance: Evidence from a reforestation experiment. *Catena*, 219:106613. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106613>

Zemke JJ. 2016. Runoff and soil erosion assessment on forest roads using a small scale rainfall simulator. *Hydrology*. 3(3):1-21. <https://doi.org/10.3390/hydrology3030025>

Zhang GH, Liu GB, Wang GL, Wang YX. 2011. Effects of vegetation cover and rainfall intensity on sediment bound nutrient loss, size composition and volume fractal dimension of sediment particles. *Pedosphere*. 21(5): 676-684. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(11\)60170-7](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(11)60170-7)

Zhang L, Li W, Chen Z, Hu R, Yin Z, Qin C, Li X. 2025. Impacts and prediction of land use/cover change on runoff in the Jinghe River Basin, China. *Land*. 14(3):626. <https://doi.org/10.3390/land14030626>

Zhao X, Chen X, Huang J, Wu P, Helmers M. 2014. Effects of vegetation cover of natural grassland on runoff and sediment yield in loess hilly region of China. *Science of Food and Agriculture*. 94(3):497-503. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6275>

Zhu X, Yuan X, Lu E, Yang B, Wang H, Du Y, Singh AK, Liu W. 2023. Soil splash erosion: An overlooked issue for sustainable rubber plantation in the tropical region of China. *International Soil and Water Conservation Research*. 11(1):30-42. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2022.05.005>



Comparison of Runoff and Soil Erosion in Natural Stands of Iranian Oak (*Quercus brantii* Lindl.) and Afforested with Cupressus (*Cupressus sempervirens* var. *horizontalis*) in the Zagros Forest Ecosystems

Somayeh Heydari¹, Noredin Rostami², Mehdi Heydari³, Morteza Gheysouri⁴

1- M.Sc. student of Combating Desertification, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ilam University, Iran

2- Associate Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ilam University, Iran

3- Professor, Department of Forest Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ilam University, Iran

4- Ph.D. of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran

Extended Abstract

Introduction and Goal

Investigating the factors affecting runoff and soil erosion is one of the main measures for proper soil management in natural areas. Water and soil resources in arid and semi-arid areas are of particular importance as the foundation of life and sustainability of human societies. On the other hand, the limitation of these resources in these areas, unsustainable exploitation, and lack of attention to the scientific principles of their management have caused increasing destruction and increased the risk of desertification. Soil erosion in these areas, as one of the most important environmental threats, has created serious challenges for natural resource management; therefore, identifying the factors affecting soil erosion and developing soil conservation programs is essential. Given the lack of appropriate statistical data, the difficult physical working conditions in watersheds, and unpredictable climatic fluctuations such as long-term droughts, it is difficult to collect information related to the processes affecting soil loss in natural areas. Accordingly, in many erosion and sediment studies, a rainfall simulator is used. Given the importance of the subject, in the present study, the effect of afforestation on changes in runoff and sediment was investigated in comparison with natural oak forests and areas outside the canopy cover. This study aimed to investigate the volume of runoff and soil erosion in the understory of natural coppice oak (*Quercus brantii* Lindl.) and planted cupressus (*Cupressus sempervirens* var. *horizontalis*) forests after rainfall simulation.

Materials and Methods

The study area, Choghasabz Forest Park, is part of the Ilam city watershed in Ilam province.

Article Type: Research Article

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

Citation: Heydari, S., Rostami, N., Heydari, M., Gheysouri, M. 2026. Comparison of Runoff and Soil Erosion in Natural Stands of Iranian Oak (*Quercus brantii* Lindl.) and Afforested with Cupressus (*Cupressus sempervirens* var. *horizontalis*) in the Zagros Forest Ecosystems. Watershed Management Research. 39(3): 79-96.

DOI: 10.22092/wmrj.2026.372152.1658

Received: 01 February 2026, **Received in revised form:** 22 February 2026, **Accepted:** 19 March 2026,

Published online: 23 September 2026

Watershed Management Research, Vol. 39, No. 3, Ser. No, 152, Autumn 2026, pp. 79-96.

Publisher: Fars Agricultural and Natural Resources and Education Center

©Author(s)



The climatic characteristics and diversity of vegetation cover provide unique conditions for investigating the relationships between vegetation, runoff, and soil erosion in this area. In order to compare the effects of afforestation of the cypress species and natural oak coppice forest on runoff and sediment, a portable rainfall simulator was used. In this study, rainfall was simulated with a specific intensity and duration based on intensity-duration-frequency (IDF) diagrams, and sampling of sediment and runoff under the trees of these stands was carried out using 2 m² plots (1×2 m). Rainfall simulation was carried out for two periods of 15 and 30 minutes and with a rainfall intensity of 80 mm/h. Then, the rainfall simulator was installed in three random replicates in both the afforested and natural stands and the control plot in a position outside the canopy and adjacent to the stands, and runoff, sediment, and soil samples were collected in each stand and control area. Then, statistical analysis of the data was performed using SPSS version 25 software. The differences among treatments were evaluated using one-way, and mean comparisons were performed using Duncan's test. In addition, the mean values obtained at the 15- and 30-min rainfall durations were compared using the independent samples T-test.

Results and Discussion

The results of scatter analysis showed that the effect of different vegetation covers on some physical properties of soil was significant. In the cypress afforestation, no runoff and sediment were observed, which may be due to the dense vegetation cover and high soil permeability. In the area outside the canopy, the highest amount of runoff and sediment was observed, indicating the positive effect of vegetation covers on reducing runoff and sediment. For the sediment variable, the differences in sediment rates in the cypress afforestation area with the other two areas were not significant, but the differences between the natural oak stand and the area outside the canopy were statistically significant. According to the results of this study, the runoff coefficient increased with increasing rainfall duration. However, the rate of increase in the runoff coefficient from 30 min to 15 min of rainfall was higher in the control area (1.82 times) than in the oak afforestation area (1.36 times). This finding indicates the importance of vegetation cover and show that under conditions of continued rainfall, the amount of runoff and soil loss will in areas without vegetation cover. Based on the results of this study, the presence of tree canopy, the presence of tree canopy was the reason for the decrease in the rate of litter decomposition, the increase in the volume and depth of litter on the ground surface, and significantly decrease runoff under the canopy of this tree species. On the other hand, poor soil permeability in areas without canopy cover due to low organic matter and litter content, high bulk density, and compact soil structure led to increased runoff in these areas. An important feature of the vegetation canopy, especially trees, is the creation of a suitable substrate on the ground surface and the development of a root network that helps improve soil gradation, maintain soil structure, and stabilize soil aggregates. In such conditions, runoff is so-called filtered and sedimentation is reduced.

Conclusion and Suggestions

The findings of this study indicate that vegetation is of great importance in regulating soil hydrological characteristics and reducing erosion and sedimentation. Accordingly, it can be concluded that maintaining and restoring vegetation in forest stands, especially in the Zagros regions, improves soil physical properties and reducing problems caused by erosion. Therefore, it is suggested that appropriate management measures such as planting native trees and shrubs in degraded and sparsely vegetated areas should be taken to conservation soil and water resources. Overall, these measures can help reduce runoff and soil erosion in watersheds, sustainable management of natural resources and reducing environmental problems. It is suggested that greater attention be paid to the development of afforestation and preservation of vegetation cover as an effective solution to reduce erosion and preserve natural resources in arid and semi-arid regions.

Keywords: Canopy cover, Choghasabz, Ilam, rainfall simulator, runoff, soil erosion

Article Type: Research Article

Acknowledgement

We thank Ilam University for providing the conditions to carry out this thesis.

Conflicts of Interest

The authors of this article declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

Data Availability Statement

The datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author.

Authors' Contribution

First Author: Conducting field and laboratory work, writing the initial draft of the article

Second Author: Conceptualization, guidance, editing and reviewing the article, reviewing the results

Third Author: Performing software/statistical analyses, consulting, reviewing the article text, statistical analyses

Fourth Author: Consulting, reviewing the article text