Archive of SID

جنگل و فرآورده‌های چوب، مجلهٔ منابع طبیعی ایران
دورهٔ ۷۱، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۷
ص ۱۰۵-۱۱۵

DOI: 10.22059/jfwp.2018.221783.799

تأثیر شیب دامنهٔ بالادست جادهٔ جنگلی بر مقدار رواناب و هدررفت خاک (مطالعهٔ موردی: جنگل کوهمیان- آزادشهر)

مصطفی مقدمی راد[۱]، احسان عبدی[۲*]، محمدهادی معیری[۳]، حجت قربانی واقعی[۴]

۱. دانش‌آموختهٔ دکتری، دانشکدهٔ منابع‌طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲. دانشیار، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج
۳. دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۴. استادیار، گروه منابع طبیعی، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۱۳، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۱/۲۵

چکیده

اجزای مختلف جاده‌های جنگلی و نیز دامنه‌ها از مهم‌ترین منابع تولید رواناب سطحی، رسوب و گل‌آلودگی رودخانه‌های جنگلی و هدررفت خاک به‌شمار می‌روند. امروزه فرسایش خاک و پیامدهای آن، به یکی از مهم‌ترین معضلات محیط زیستی تبدیل شده است. پژوهش حاضر به‌منظور بررسی تأثیر شیب دامنهٔ بالادست جادهٔ جنگلی بر مقدار رواناب و هدررفت خاک با استفاده از باران‌ساز در قالب طرح کامل تصادفی در چهار طبقهٔ شیب کمتر از ۲۰ درصد (طبقهٔ ۱)، ۴۰-۲۰ درصد (طبقهٔ ۲)، ۶۰-۴۰ درصد (طبقهٔ ۳) و ۸۰- ۶۰ درصد (طبقهٔ ۴) با چهار تکرار در جنگل کوهمیان آزادشهر انجام گرفت. دیگر ویژگی‌های نمونه‌ها همچون رطوبت خاک، مقاومت به نفوذ، درصد پوشش گیاهی و شدت بارش، ثابت در نظر گرفته شد و فقط به تأثیر شیب بر مقدار رواناب و هدررفت خاک پرداخته شد. سپس در هر یک از طبقات شیب، مقدار رواناب و هدررفت خاک طی شبیه‌سازی باران با شدت ثابت ۸۰ میلی‌متر بر ساعت به‌مدت ۱۵ دقیقه اندازه‌گیری شد و رواناب نظیر هر سه دقیقه یک‌بار جمع‌آوری شد. براساس نتایج، رواناب تولیدی کل در طبقات ۱، ۲، ۳ و ۴ به‌ترتیب ۵/۹۷، ۱۰/۱۴، ۱۴/۲۷ و ۱۸/۶۰ لیتر در متر مربع، متوسط غلظت رسوب ایجادشده به‌ترتیب ۴/۱۵، ۵/۸۷، ۷/۸۴، ۱۰/۶۸ گرم در لیتر، ضریب رواناب به‌ترتیب ۱۲/۰۱، ۲۰/۲۵، ۲۸/۵۱ و ۳۷/۲۰ درصد و هدررفت خاک به‌ترتیب ۲۱/۶۵، ۵۴/۶۷، ۱۰۸/۱۳ و ۱۹۱/۵۱ گرم در متر مربع برآورد شد. نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین مقدار رواناب و هدررفت خاک طبقات مختلف شیب دامنهٔ جاده وجود دارد و نتایج آزمون دانکن نیز نشان داد که با افزایش شیب، مقدار رواناب و رسوب به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: جاده‌های جنگلی، جنگل کوهمیان، رواناب، شبیه‌ساز باران، شیب دامنه، هدررفت خاک.

مقدمه

امروزه فرسایش‌خاک و کنترل آن از مسائل مهم در مدیریت کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست، منابع آبی و طبعاً مدیریت جامع حوضه‌های آبخیز به‌شمار می‌رود، به‌طوری که یکی از نگرانی‌های بحث‌برانگیز سالیان اخیر در بیشتر کشورها و به‌ویژه کشورهای در حال توسعه از جمله ایران است [۱]. فرسایش‌خاک، فرایندی طبیعی و همیشگی است که شدت آن توسط انسان و به‌علت دخالت‌های غیراصولی،

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۲۶۳۲۲۳۰۴۴
Email: abdie@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

از حد طبیعی بیشتر می‌شود و یکی از معضلات اصلی در بیشتر حوضه‌های آبخیز کشور است که تولید رسوب ناشی از آن در حوضه‌ها از محدودیت‌های اساسی در دستیابی به توسعهٔ پایدار است [۲]. مقدار هدررفت خاک (خاک شسته‌شده و جداشده از بستر اصلی) در مناطق جنگلی به‌دلیل نوع و تراکم پوشش گیاهی، بسیار کمتر از عرصه‌های کشاورزی و مراتع است. البته چنانچه تعادل اکولوژیکی و هیدرولوژیکی مناطق جنگلی به هر علت به هم بخورد، مقدار هدررفت خاک بسیار زیاد خواهد شد و پیامد آن وقوع سیلاب‌ها و طغیان رودخانه‌های پایین‌دست خواهد بود. بنابراین مطالعهٔ برآورد مقدار هدررفت خاک در مناطق جنگلی دست‌اندازی‌شده و راه‌های جلوگیری از گسترش فرایند تخریبی فرسایش در مناطق جنگلی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از دلایل اصلی فرسایش خاک در حوضه‌های آبخیز جنگلی جاده‌ها، مسیرهای چوب‌کشی[1]، لکه‌های برداشت چوب و لکه‌های آتش‌سوزی هستند [۳]. شبکهٔ جادهٔ جنگلی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در مدیریت جنگل‌هاست و همواره مسائل فنی، اقتصادی و محیط زیستی آن، کانون بحث و بررسی کارشناسان منابع طبیعی و محیط زیست بوده است. از سوی دیگر، مطالعات پیشین نشان داده است که جاده‌های جنگلی و مناطق اطراف آن بیشترین مقدار رواناب و رسوبات را به‌دلیل شیب، دست‌خوردگی خاک و پوشش گیاهی کم تولید کرده و آنها را وارد رودخانه‌ها می‌کنند [۳–۷] و حساسیت زیادی از نظر اقتصادی، محیط زیستی و افکار عمومی دارند؛ ولی با توجه به گسترش فرسایش در دو دههٔ گذشته، نقش آن به‌عنوان منابع تولید رواناب و رسوب در مناطق جنگلی ایران به اندازهٔ کافی مطالعه نشده است. با افزایش نگرانی‌های عمومی تأثیرات کوتاه‌مدت و بلندمدت جاده‌های جنگلی و محیط اطراف آن بر محیط زیست مانند آلودگی رودخانه‌ها [۳]، به خطر افتادن حیات اکوسیستم‌های آبی [۴]، پر شدن مخازن سدها و کاهش ظرفیت آنها [۸]، لزوم اجرای تحقیقات گسترده و به‌کارگیری شیوه‌های آسان و دقیق برای برآورد صدمات محیط زیستی به‌ویژه در زمینهٔ فرسایش خاک بیش از پیش احساس می‌شود. روش‌های مختلفی برای تعیین تولید رسوب و با هدف کمّی کردن مقدار فرسایش به‌کار برده شده است که براساس هدف و دقت اندازه‌گیری متفاوت‌اند. این مطالعات مقدار رسوب ایجادشده را در خروجی حوضهٔ آبخیز بررسی کردند و قادر به تفکیک رسوب تولیدی سطح جاده و دیگر منابع تولید رسوب همچون دامنه‌ها، ترانشه‌های خاک‌برداری و خاک‌ریزی نبودند. مطالعه و اندازه‌گیری فرسایش خاک باید به تولید داده‌هایی با کمیت و کیفیت مناسب منجر شود تا بتوان تجزیه‌وتحلیل و تفسیر اطمینان‌بخشی در مسائل و مشکلات پژوهشی و اجرایی ارائه کرد و ازآنجا که درک و جمع‌آوری اطلاعات جنبه‌های مختلف فرایند فرسایش‌خاک در طبیعت به‌واسطهٔ محدودیت‌های زیاد میسر نیست، شبیه‌سازی و مدلسازی‌های فیزیکی در شرایط تحت کنترل، از بهترین گزینه‌های جایگزین به‌حساب می‌آید [۱]. هرچند تفاوت‌های مهمی بین ویژگی‌های بارش طبیعی و شبیه‌سازی‌شده وجود دارد، استفاده از باران‌ساز به‌منظور شبیه‌سازی بارش، روشی مفید برای اهداف مقایسه‌ای و کمّی کردن فرایندهای فرسایش و رسوب به‌شمار می‌آید [۹، ۱۰]. باران‌ساز ابزار مؤثری برای درک فرسایش خاک و رواناب تولیدی تحت شرایط کنترل‌شده است و قابلیت تکرار زیاد آزمایش‌های شبیه‌سازی بارش را دارد. عوامل مؤثر بر فرسایش خاک تحت تأثیر شرایط زمانی و مکانی متنوع‌اند، اما مهم‌ترین آنها اقلیم، فرسایش‌پذیری خاک، توپوگرافی، پوشش گیاهی و نحوهٔ مدیریت اراضی است [۱۱]. تاکنون پژوهشگران زیادی با استفاده از شبیه‌ساز باران به بررسی فرسایش خاک در مناطق جنگلی پرداخته‌اند. برای نمونه، مقدار رسوب دامنه‌های بدون پوشش گیاهی حدود ۳۰ برابر دامنه‌های دارای پوشش گیاهی

1. Skid trails

www.SID.ir

Archive of SID

[۱۲]، در ترانشهٔ خاک‌برداری ۳ و ۱۸ برابر [۱۳] سطح جاده و ترانشهٔ خاک‌ریزی، و در جاده‌های جنگلی پرتردد بیشتر از کم‌تردد است [۱۴]. در ایران نیز تحقیق در جاده‌های جنگلی شمال کشور نشان داد که اثر خصوصیات خاک و پوشش گیاهی بر مؤلفه‌های رواناب و تولید رسوب اثرگذار است [۶] و مقدار رسوب با درصد شیب رابطهٔ مستقیم و معنی‌داری دارد [۱۵].

با توجه به اینکه دامنه‌های بالادست جاده‌های جنگلی شمال به‌طور معمول پرشیب، دارای خاک ضعیف و معدنی و استقرار پوشش گیاهی در آن زمان‌بر است، تحقیق حاضر بر روی بالادست جاده (سمت ترانشهٔ خاکبرداری) به‌عنوان قسمت بحرانی انجام گرفت. از طرف دیگر با توجه به اهمیت شیب دامنه بر مقدار رواناب و هدررفت خاک، و همچنین بی‌توجهی به مطالعات رواناب و رسوب در جاده‌های جنگلی ایران، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر شیب دامنهٔ بالادست جادهٔجنگلی برمقدار رواناب و رسوب در طرح جنگلداری کوهمیان آزادشهر در استان گلستان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقهٔ تحقیق

جنگل کوهمیان با مساحتی بالغ بر ۳۶۷۱ هکتار در حوضهٔ آبخیز ۸۹ از طرح جامع جنگل‌های شمال کشور قرار دارد [۱۶]. این سری از نظر تقسیمات اداری در حوزهٔ استحفاظی ادارهٔ کل منابع طبیعی استان گلستان- گرگان و ادارهٔ منابع طبیعی آزادشهر قرار دارد. این جنگل در ۳ کیلومتری شرق شهرستان آزادشهر واقع شده است. جنگل‌های این منطقه تقریباً از جلگه شروع می‌شود و تا ارتفاع ۱۶۰۰ متر امتداد دارد. میانگین بارش در این منطقه ۷۰۰ میلی‌متر در سال است. اقلیم منطقهٔ مورد نظر در طبقه‌بندی آمبرژه، از نوع نیمه‌مرطوب و معتدل تا مرطوب معتدل و دمای متوسط حداقل ۱۰/۶۸، دمای متوسط حداکثر ۲۲/۹۸ و متوسط دما ۱۶/۸۳ درجهٔ سانتی‌گراد است. گونه‌های درختی غالب در منطقه، انجیلی، ممرز و بلوط است. جاده‌های جنگلی منطقه، سطح رویه شنی و عرض حدود ۵/۵ متر دارند. این سری از سنگ‌های رسوبی متعلق به دوران مزوزوئیک و اغلب از لایه‌های سخت شکافدار، دارای خاک قهوه‌ای جنگلی با بافت سیلتی لومی تا سیلتی رسی لومی و pH اسیدی است. گونه‌های گیاهی موجود بر روی دامنه‌های جادهٔ جنگلی شامل تمشک، گرامینه، کارکس، اویارسلام، سرخس، فرفیون و آقطی است [۱۶].

روش پژوهش

در این مطالعه با استفاده از باران‌ساز قابل حمل با پلات ۱ متر مربعی و ارتفاع بارش در حالت عمودی ۳ متر (ارتفاع نازل تا سطح پلات شیبدار با توجه به مایل شدن پایه‌های تلسکوپی حدود ۲ متر) که برگرفته از نمونهٔ فرانسوی آن (Deltalab Eid330) است، اندازه‌گیری و مقایسهٔ مقدار رواناب و هدررفت خاک در شیب‌های مختلف دامنهٔ بالادست جادهٔ جنگلی با چهار تکرار انجام گرفت. به‌منظور دستیابی به ویژگی‌های بارندگی منطقهٔ جنگلی مورد نظر با استفاده از باران‌ساز، از داده‌های ایستگاه هواشناسی رامیان واقع در ۳ کیلومتری منطقه استفاده شد. آن دسته از تداوم‌هایی که از نظر تولید رواناب و ایجاد فرسایش و رسوب مهم‌اند و کاربرد بیشتری دارند، در نظر گرفته شد [۱۷]. با توجه به این داده‌ها، بیشینهٔ شدت بارندگی ۱۵ دقیقه‌ای با دورهٔ بازگشت ۲۵ سال (۸۰ میلی‌متر بر ساعت) با توجه به توزیع غالب (توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳) استخراج شد [۱۸]. براساس بررسی‌های میدانی و نظر به اینکه کمینه و بیشینهٔ شیب دامنه کمتر از ۲۰ و ۸۰ درصد بود، چهار طبقهٔ شیب کمتر از۲۰، ۴۰-۲۰، ۶۰-۴۰ و ۸۰-۶۰ درصد با استفاده از شیب‌سنج سونتو در روی دامنه دسته‌بندی شد. به‌منظور اینکه فقط متغیر شیب دامنه بر مقدار رواناب و هدررفت خاک دخالت داده شود، مدت و

www.SID.ir

Archive of SID

شدت بارش، پوشش‌گیاهی، رطوبت پیشین خاک و مقاومت به نفوذ خاک در همهٔ آزمایش‌های شبیه‌سازی، ثابت و یکسان در نظر گرفته شد. رطوبت خاک و مقاومت به نفوذ خاک به‌ترتیب با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج صحرایی مدل HB-2 و پنترومتر مدل Agratronix اندازه‌گیری شد. مقادیر متوسط رطوبت خاک و مقاومت به نفوذ در دامنه به‌ترتیب ۲۴ درصد و ۱۷۰ کیلو پاسکال اندازه‌گیری شد. در هر شبیه‌سازی بارش، زمان شروع رواناب (فاصلهٔ زمانی آغاز بارش تا آغاز رواناب) با استفاده از کرونومتر و حجم رواناب تولیدی از طریق خروجی پلات و با استفاده از بشر هر ۳ دقیقه یک‌بار طی زمان ۱۵ دقیقه (پنج بار نمونه‌گیری در هر بار شبیه‌سازی) اندازه‌گیری شد (شکل ۱). غلظت رسوب در آزمایشگاه به روش فیلتراسیون نمونهٔ بار معلق و عبور نمونه‌های رواناب از کاغذ صافی واتمن ۴۲ به‌دست آمد. سپس نمونه‌های رسوب در دستگاه اون و دمای ۱۰۵ درجهٔ سانتی‌گراد [۱۴] به‌مدت یک شبانه‌روز قرار گرفتند. پس از این مدت نمونه‌ها پس از سرد شدن در دسی‌کاتور، با ترازوی دیجیتالی با دقت یک‌هزارم توزین شدند. هدررفت خاک در هر آزمایش از مجموع وزن رسوب در طی آزمایش شبیه‌سازی بارش، غلظت رسوب از تقسیم مقدار رسوب کل به رواناب کل در هر آزمایش و ضریب رواناب از تقسیم مقدار رواناب جمع‌آوری‌شده به مقدار آب ورودی به پلات محاسبه شد. به‌منظور بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف–اسمیرنوف استفاده شد. برای بررسی وجود تفاوت معنی‌دار در تحلیل‌های آماری از برنامهٔ SPSS 18 در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

جدول ۱ نشان می‌دهد که بین طبقات مختلف شیب دامنه در تولید رواناب اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد وجود دارد.

شکل ۱. استقرار شبیه‌ساز بارش بر روی دامنهٔ بالادست جادهٔ جنگلی

جدول ۱. تجزیهٔ واریانس یکطرفهٔ حجم رواناب

منبع تغییرات	مجموع‌مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	F	Sig.
تیمار	۳۴۵/۶۲۷	۳	۱۱۵/۲۰۹	۵۵/۳۹۲	۰/۰۰
خطا	۲۴/۹۵۹	۱۲	۲/۰۸۰		
کل	۳۷۰/۵۸۵	۱۵			

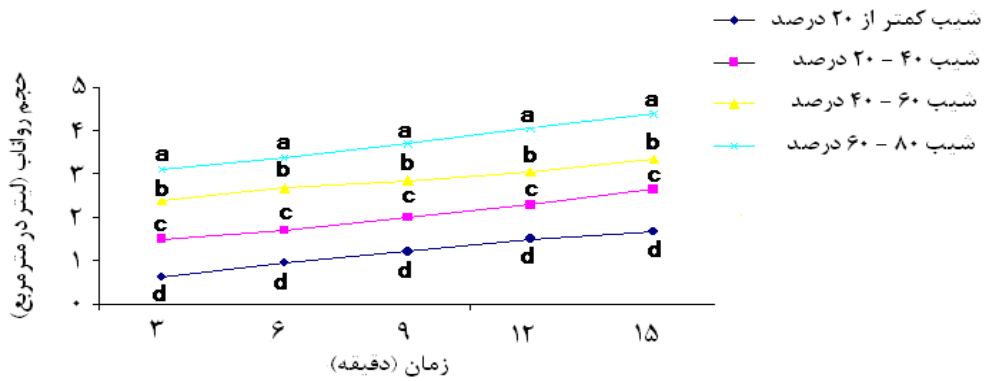
میانگین حجم رواناب (برحسب لیتر در متر مربع) در دوره‌های زمانی و طبقات مختلف شیب دامنه در شکل ۲ در سطح احتمال ۵ درصد نمایش داده شده است. با توجه به شکل مشاهده می‌شود که تغییرات حجم رواناب با گذشت زمان افزایش می‌یابد، به‌طوری که در طبقهٔ شیب کمتر از ۲۰ درصد کمترین حجم رواناب و در طبقهٔ شیب ۸۰– ۶۰ درصد بیشترین حجم رواناب وجود دارد.

همچنین مطابق شکل ۳ آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری را در مقادیر رواناب کل (برحسب لیتر در متر مربع) بین طبقات مختلف شیب دامنه نشان داد.

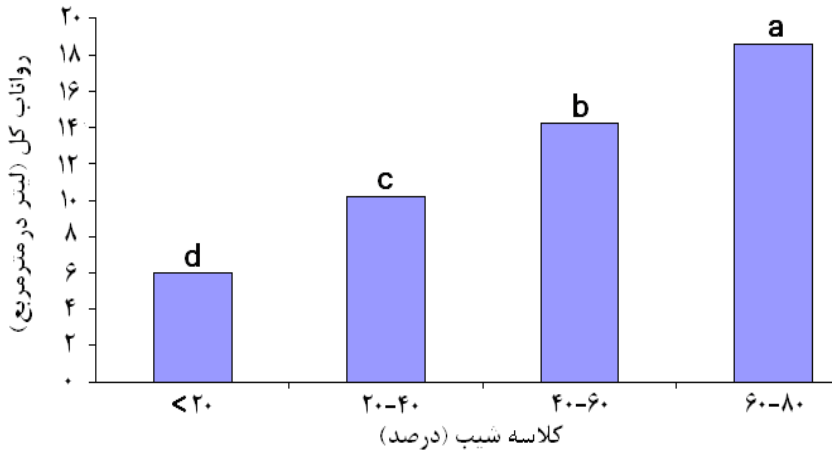
اثر معنی‌دار شیب بر حجم رواناب در این مطالعه با نتایج دیگر مطالعات همسوست [۵، ۷، ۱۳] که دلیل آن کاهش فرصت نفوذپذیری آب در خاک و تشدید جریان‌های سطحی است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲. روند تغییرات میانگین حجم رواناب (حروف مختلف نشان‌دهندهٔ تفاوت میانگین بین مناطق مختلف در هر زمان است).



شکل۳. مقایسهٔ میانگین مقادیر رواناب کل (حروف انگلیسی نامتشابه نشان‌دهندهٔ معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد است)

نتایج تجزیهٔ واریانس غلظت رسوب (برحسب گرم در لیتر) در سطح احتمال ۵ درصد در جدول ۲ ارائه شده است که تفاوت معنی‌داری را در بین طبقات مختلف شیب دامنه نشان می‌دهد.

جدول ۲. تجزیهٔ واریانس یکطرفهٔ غلظت رسوب

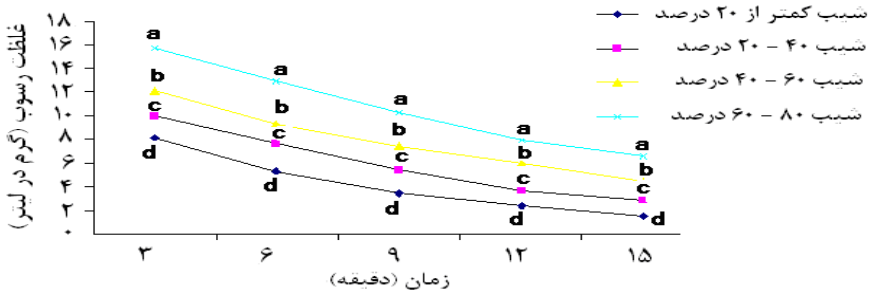
منبع تغییرات	مجموع‌مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	F	Sig.
تیمار	۳۹۲/۰۷۸	۳	۱۳۰/۶۹۳	۲۵/۹۲۱	۰/۰۰
خطا	۶۰/۵۰۳	۱۲	۵/۰۴۲		
کل	۴۵۲/۵۸۱	۱۵			

همچنین تغییرات غلظت رسوب در دوره‌های زمانی و شیب‌های مختلف دامنه در سطح احتمال ۵ درصد در شکل ۴ ارائه شده که روند نزولی را نشان می‌دهد. کمترین غلظت رسوب مربوط به طبقهٔ شیب کمتر از ۲۰ درصد و بیشترین غلظت رسوب مربوط به طبقهٔ شیب ۸۰-۶۰ درصد است.

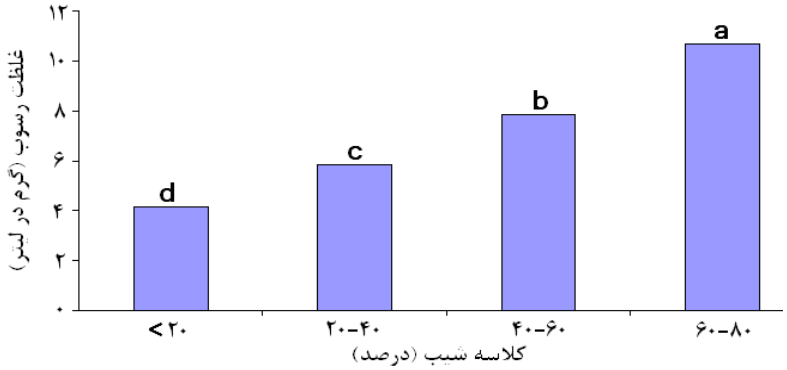
مقایسهٔ میانگین غلظت رسوب کل (برحسب گرم در لیتر) در هر طبقهٔ شیب با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد در شکل ۵ ارائه شده که حاکی از اختلاف معنی‌دار در بین طبقات مختلف شیب است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴. روند تغییرات میانگین غلظت‌رسوب (حروف مختلف نشان‌دهندهٔ تفاوت میانگین بین مناطق مختلف در هر زمان است).



شکل ۵. مقایسهٔ میانگین مقادیر غلظت رسوب (حروف انگلیسی نامتشابه نشان‌دهندهٔ معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد است)

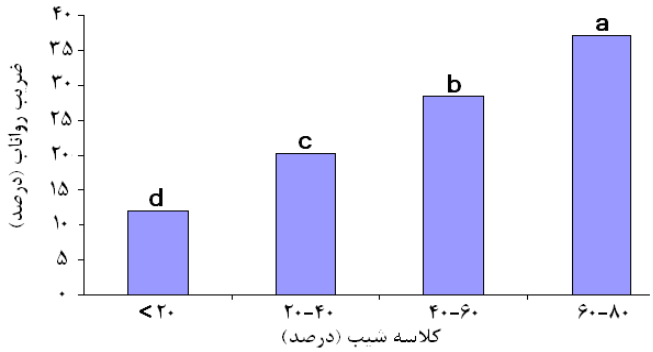
اثر معنی‌دار شیب بر غلظت رسوب تولیدی با نتایج مطالعات دیگر همسوست [۶، ۱۵،۱۹] که دلیل آن افزایش سرعت حرکت رواناب و شست‌وشوی بیشتر خاک است.

نتایج تجزیهٔ واریانس ضریب رواناب در سطح احتمال ۵ درصد در جدول ۳ ارائه شده که تفاوت معنی‌داری را دربین طبقات مختلف شیب دامنه نشان می‌دهد.

مقایسهٔ میانگین ضریب رواناب (برحسب درصد) در طبقات مختلف شیب با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد در شکل ۶ نشان داده شده که حاکی از اختلاف معنی‌دار در بین طبقات مختلف شیب دامنه است.

جدول ۳. نتایج تجزیهٔ واریانس یکطرفهٔ ضریب رواناب

منبع تغییرات	مجموع‌مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	F	Sig.
تیمار	۱۳۸۲/۵۰۷	۳	۴۶۰/۸۳۶	۵۵/۳۹۲	۰/۰۰
خطا	۹۹/۸۳۵	۱۲	۸/۳۲۰		
کل	۱۴۸۲/۳۴۲	۱۵			



شکل ۶. مقایسهٔ میانگین مقادیر ضریب رواناب (حروف انگلیسی نامتشابه نشان‌دهندهٔ معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد است)

www.SID.ir

Archive of SID

اثر معنی‌دار شیب بر ضریب رواناب همسو با دیگر مطالعات است [۵، ۷، ۱۳، ۱۵، ۱۹]. دلیل این امر کاهش فرصت نفوذ آب به داخل خاک و جاری شدن رواناب و افزایش سرعت حرکت آن در جهت شیب دامنه و ورود آن به جادهٔ جنگلی است.

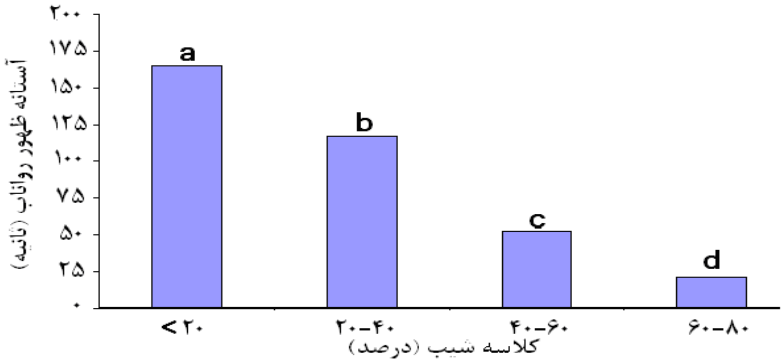
نتایج تجزیهٔ واریانس آستانه ظهور رواناب در سطح احتمال ۵ درصد در جدول ۴ ارائه شده که تفاوت معنی‌داری را دربین طبقات مختلف شیب دامنه نشان می‌دهد.

میانگین آستانهٔ ظهور رواناب در طبقات مختلف شیب و از کم به زیاد به‌ترتیب ۱۷۰/۴۱، ۱۱۵/۰۵، ۵۰/۷۲ و ۲۰/۰۴ ثانیه است که شروع رواناب در پایین‌ترین طبقهٔ شیب ۸/۵۰ برابر زودتر از بالاترین طبقهٔ شیب اتفاق می‌افتد.

مقایسه مقادیر آستانهٔ ظهور رواناب (برحسب ثانیه) در طبقات مختلف شیب با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد در شکل ۷ نشان داده شده که براساس آن، تفاوت میانگین‌ها معنی‌دار است. کمترین آستانهٔ ظهور رواناب مربوط به طبقهٔ شیب ۸۰-۶۰ درصد و بیشترین آن مربوط به طبقهٔ شیب کمتر از ۲۰ درصد است.

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس یکطرفهٔ آستانهٔ ظهور رواناب

منبع تغییرات	مجموع‌مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	F	Sig.
تیمار	۵۴۰۷۵/۰۰۰	۳	۱۸۰۲۵/۰۰۰	۱۵/۸۰۲	۰/۰۰
خطا	۱۳۶۸۸/۰۰۰	۱۲	۱۱۴۰/۶۶۷		
کل	۶۷۷۶۳/۰۰۰	۱۵			



شکل ۷. مقایسهٔ میانگین مقادیر آستانهٔ ظهور رواناب (حروف انگلیسی نامتشابه نشان‌دهندهٔ معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد است)

اثر شیب بر مقادیر آستانهٔ ظهور رواناب معنی‌دار است که با مطالعات دیگر همخوانی دارد [۵، ۷، ۱۳، ۱۵،۱۹]. دلیل آن نیز همانند مؤلفه‌های قبل، کاهش فرصت نفوذپذیری آب در خاک و حرکت رواناب در جهت شیب دامنه است.

نتایج تجزیهٔ واریانس هدررفت خاک در سطح احتمال ۵ درصد در جدول ۵ ارائه شده که نشان‌دهندهٔ تفاوت معنی‌دار در بین طبقات مختلف شیب دامنه است.

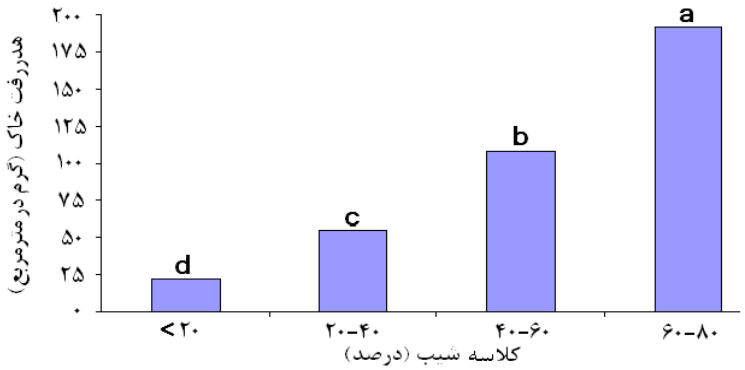
همچنین مقادیر هدررفت خاک در طبقات مختلف شیب و از کم به زیاد به‌ترتیب ۲۱/۶۵، ۵۴/۶۷، ۱۰۸/۱۳ و ۱۹۱/۵۱ گرم در متر مربع برآورد شده است که آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد، اختلاف معنی‌داری را در بین طبقات شیب دامنه نشان می‌دهد (شکل ۸).

جدول ۵. نتایج تجزیهٔ واریانس یکطرفهٔ هدررفت خاک

منبع تغییرات	مجموع‌مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	F	Sig.
تیمار	۲۶۰۸۹۱/۸۲۹	۳	۸۶۹۶۳/۹۴۳	۴۳/۵۱۰	۰/۰۰
خطا	۲۳۹۸۴/۴۴۹	۱۲	۱۹۹۸/۷۰۴		
کل	۲۸۴۸۷۶/۲۷۷	۱۵			

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸. مقایسهٔ میانگین مقادیر هدررفت خاک (حروف انگلیسی نامتشابه نشان‌دهندهٔ معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد است)

نتایج نشان داد که مقدار هدررفت خاک در طبقات شیب ۴۰-۲۰، ۶۰-۴۰ و ۸۰-۶۰ نسبت به طبقهٔ شیب کمتر از ۲۰ درصد، به‌ترتیب ۲/۵۲، ۴/۹۹ و ۸/۸۴ برابر است که با توجه به تأثیر شیب در افزایش معنی‌دار هدررفت خاک در جاده‌های جنگلی، با نتایج مطالعات دیگر پژوهشگران همخوانی دارد [۴، ۶، ۱۵].

در این مطالعه با افزایش شیب دامنهٔ بالادست جادهٔ جنگلی، رواناب تولیدی، غلظت رسوب، ضریب رواناب، آستانهٔ ظهور رواناب و هدررفت خاک به‌طور معنی‌دار افزایش یافت که این افزایش در هدررفت خاک بیشتر خود را نشان می‌دهد. تأثیر مثبت شیب بر رواناب و رسوب تولیدی با نتایج دیگر پژوهشگران همخوانی دارد [۴، ۵، ۱۵، ۱۹]. افزایش شیب دامنه سبب افزایش سرعت حرکت رواناب و کاهش قدرت نفوذپذیری آب در خاک، شست‌وشوی خاک و تبدیل آنها به ذرات ریز قابل حمل و در نهایت موجب افزایش غلظت رسوب و هدررفت خاک می‌شود. با توجه به این نکته، محققان در بررسی‌های خود به تأثیر زیاد شیب اشاره داشته‌اند. بنابراین، با توجه به اینکه بیشتر جاده‌های جنگلی در مناطق کوهستانی احداث می‌شوند [۷]، رواناب تولیدی دامنه‌ها با ورود به جاده و پس از تجمع از سطح‌جاده به‌سمت خاکریز، پایین‌دست جنگل و در نهایت به رودخانه‌های جنگلی منتقل می‌شوند. مقدار تأثیر شیب بر هدررفت خاک بیش از مقدار تأثیر دیگر عوامل مربوط به جاده، از قبیل پوشش گیاهی است [۴]. نتایج مربوط به اثر متقابل شیب و زمان بر مقادیر حجم رواناب و هدررفت خاک در جدول ۶ ارائه شده است که نتایج حاصل، رابطهٔ معنی‌داری را در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد.

جدول ۶. نتایج مربوط به حجم رواناب و هدررفت خاک با دو عامل شیب و زمان

منابع تغییرات		جمع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	F	معنی‌داری
شیب	رواناب	۷۰/۵۸۴	۳	۲۳/۵۲۸	۲۶۵/۴۹۵	۰/۰۰
زمان		۱۲/۱۳۴	۴	۳/۰۳۴	۳۴/۲۳۱	۰/۰۰
اثر متقابل		۰/۲۶۲	۱۲	۰/۲۲	۰/۲۴۷	۰/۰۰
شیب	هدررفت خاک	۱۳۲۷۲/۳۱۰	۳	۴۴۲۴/۱۰۳	۲۲۷/۸۸۳	۰/۰۰
زمان		۱۳۲۲/۶۶۴	۴	۳۳۰/۶۶۶	۱۷/۰۳۲	۰/۰۰
اثر متقابل		۴۴۶/۵۸۷	۱۲	۳۷/۲۱۶	۱/۹۱۷	۰/۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به نتایج مشاهده می‌شود، شیب و زمان به‌طور متقابل در افزایش رواناب تولیدی و هدررفت خاک تأثیر دارند که منطبق بر نتایج دیگر مطالعات است [۴، ۷، ۱۳، ۱۵]. افزایش شیب سبب کاهش نفوذپذیری آب در خاک و افزایش رواناب‌های سطحی می‌شود که با گذشت زمان و اشباع شدن خاک، مقدار رواناب افزایش می‌یابد و سبب آسیب به جادهٔ جنگلی و محیط اطراف آن می‌شود و به همین دلیل مطالعات فرسایش خاک در جاده‌های جنگلی و محیط اطراف آن کمک زیادی به مدیریت شبکهٔ جاده در جهت کاهش رواناب و هدررفت خاک بعد از طراحی و ساخت، از طریق پیش‌بینی عملیات تعمیر، نگهداری و احیا خواهد کرد. ازآنجا که در سال‌های اولیهٔ ساخت جاده، مقدار رواناب و هدررفت خاک به‌علت استقرار نیافتن پوشش‌گیاهی اطراف جاده، ایجاد شیب‌های مصنوعی و ریزش خاک در اثر ناپایداری و به‌هم‌خوردگی بیشتر است و همچنین ورود رواناب از دامنه‌های بالادست جاده به سطح جاده موجبات مسدود شدن جوی کناری و هدایت جریان‌های آبی به‌سمت جاده و خاکریز خواهد شد، خسارات جبران‌ناپذیری به شبکهٔ جاده وارد خواهد آمد و سبب افزایش هزینه‌های تعمیر و نگهداری جاده خواهد شد. با توجه به حجم زیاد رواناب و هدررفت خاک در منطقه پیشنهاد می‌شود که احیای پوشش‌گیاهی دامنه‌ها با توجه به مطالعات میدانی و آزمایشی با توجه به گونه‌های علفی، بوته‌ای و درختچه‌ای بومی منطقه صورت گیرد.

نتیجه‌گیری

این مطالعه با توجه به ناآگاهی از مقدار تفاوت معنی‌دار یا غیر معنی‌دار در بین شیب‌های مختلف دامنهٔ بالادست جادهٔ جنگلی انجام گرفت. در این مطالعه، با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز باران در پلات‌هایی با سطح یک متر مربع و شدت غالب ۸۰ میلی‌متر بر ساعت به‌مدت ۱۵ دقیقه، چهار طبقهٔ شیب کمتر از ۲۰، ۴۰-۲۰، ۶۰-۴۰ و ۸۰- ۶۰ درصد به اندازه‌گیری رواناب، غلظت رسوب، هدررفت خاک و پارامترهای وابسته با چهار تکرار در جاده‌های‌جنگلی طرح جنگلداری کوهمیان شهرستان آزادشهر- گلستان پرداخته شد. یافته‌های این تحقیق نشان داد که افزایش شیب دامنه به‌طور معنی‌داری بر همهٔ مقادیر مؤلفه‌های رواناب تولیدی و هدررفت خاک تأثیر دارد. همچنین از بین طبقات شیب مورد بررسی، طبقهٔ ۸۰-۶۰ درصد و کمتر از ۲۰ درصد به‌ترتیب بیشترین و کمترین اثر را در میزان این مؤلفه‌ها دارند. آنالیز واریانس نشان داد که بین طبقات مختلف شیب ارتباط معنی‌داری وجود دارد. مقایسهٔ میانگین با استفاده از آزمون دانکن نیز اختلاف معنی‌داری را در بین طبقات مختلف شیب نشان داد. افزایش شیب سبب افزایش حجم رواناب تولیدی از طریق کاهش قدرت نفوذ آب در خاک و افزایش سرعت حرکت رواناب و شست‌وشوی بیشتر خاک و در نتیجه افزایش غلظت رسوب تولیدی و هدررفت خاک می‌شود که این وضعیت به فرسایش بیشتر بخش‌های دیگر جاده‌های جنگلی از طریق ورود جریان‌های آبی دامنه و رسوبات خواهد انجامید که خود، هزینهٔ نگهداری جاده‌های جنگلی را افزایش می‌دهد. با توجه به کمّی کردن مؤلفه‌های مختلف رواناب و هدررفت خاک در این مطالعه که حاکی از تفاوت معنی‌دار در بین طبقات شیب مختلف دامنه است، رعایت اصول تعمیر و نگهداری جاده‌های جنگلی پس از ساخت ضرورت دارد.

References

[1]. Sadeghi, S.H. (2010). Study and measurement of water erosion. Tarbiat Modares University Press (1st edition), Tehran.

[2]. Sadeghi, S.H., and Yasrebi, B. (2008). Soil and water conservation in forest watersheds. Iranian National commission on soil Erosion and Sediment Yield, Rahe Sobhan Press, Tehran.

www.SID.ir

Archive of SID

[3]. Elliot, W. J., Foltz, R.B. and Robichaud, P.R. (2009). Recent findings related to measuring and modeling forest road erosion. In Proc. 18th World IMAC/MODSIM Congress, July.13-17, Cairns, Australia, pp. 4078-4084.

[4]. Akay, A. E., Erdas, O., Reis, M., and Yuksel, A. (2008). Estimating sediment yield from a forest road network by using a sediment predication model and GIS techniques. Building and Environment, 43(5): 678-695.

[5]. Jordan, A., and Martınez-Zavala, L. (2008). Soil loss and runoff rates on unpaved forest roads in southern Spain after simulated rainfall. Forest Ecology and Management, 255(3-4): 913-919.

[6]. Parsakhoo, A., Lotfalian, M., and Jalilvand, H. (2014). The effects of soil properties and vegetation cover on the sedimentation of forest roads. Journal of Soil Science and Environmental Management, 5(2): 20-27.

[7]. Arnaez, J., Larrea, V. and Ortigosa, L. (2004). Surface runoff and soil erosion on unpaved forest roads from rainfall simulation tests in northeastern Spain. Catena, 57(1): 1-14.

[8]. Refahi, H. Gh. (2006). Water erosion and conservation. University of Tehran Press (5 edittion), Tehran.

[9]. Mingguo, Z., Qiangguo, C., and Hao, C. (2007). Effect of vegetation on runoff-sediment yield relationship at different spatial scales in hilly areas of the Loess Plateau, North China. Acta Ecologica Sinica, 27(9): 3572-3581.

[10]. Foster, I. D. L., Fullen, M. A., Brandsma, R. T., and Chapman, A.S. (2000). Drip-screen rainfall simulators for hydro- and pedo-geomorphological research: The Coventry experience. Earth Surface Process, Landform, 25(7): 691-707.

[11]. Chaplot, V. A. M., and Bissonnais, Y. L. (2003). Runoff Features for interrill erosion at different rainfall intensities, slope lengths and gradient in an agricultural Loessial hillslope. Soil Science Society of America Journal, 67(3): 844-851.

[12]. Cerda, A. (2007). Soil water erosion on road embankments in eastern Spain. Science of the total environment, 378(1-2):151-155.

[13]. Jordan-Lopez, A., Martinez-Zavala, L., and Bellinfante, N. (2009). Impact of different parts of unpaved forest roads on runoff and sediment yield in a Mediterranean area. Science of the Total Environment, 407(2): 937-944.

[14]. Foltz, R. B., Copeland, N. S., and Elliot, W. J. (2009). Reopening abandoned forest roads in Northern Idaho, USA: Quantification of runoff, sediment concentration, infiltration, and interrill erosion parameters. Journal of Environmental Management, 90(8): 2542-2550.

[15]. Kavian, A., Safari, A., Parsakhoo, A. (2016). Comparison of soil loss from experimental plots established in different parts of a forest road. Journal of water and Soil Conservation, 23(3): 25-45.

[16]. Kouhmian's Forest management Plan Booklet. (1995). 250p. (In Persian).

[17]. Sheykh Rabiee, M. R., Feiz Nia, S., Peyrovan, H.R. (2011). Study runoff and soil lose in map units of Hiv watershed, measurements and comparison at the rainfall simulator scale. Geosciences, 20(80): 57-62.

[18]. Moghadamirad, M., Abdi, E., M. Mohseni Saravi, M., Rouhani, H and B. Majnounian, B. (2013). The effect of traffic on forest road surface erosion (Case study: Kohmian forest- Azadshahr). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 20(4): 634-644.

[19]. Sheridan, G.J., Noske, P.J., Lane, P.N., and Sherwin, C.B. (2008). Using rainfall simulation and site measurements to predict annual inter rill erodibility and phosphorus generation rates from unsealed forest roads: Validation against in-situ erosion measurements. Catena, 73(1): 49-62.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of uphill gradient on runoff and soil loss in forest road (A case study: Kohmiyan forest, Azadshahr)

M. Moghadamirad; Ph.D. Graduate, Faculty of Natural Resources, University of Gorgan, I.R. Iran.

E. Abdi*; Associated prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran.

M.H. Moayeri; Associated prof., Faculty of Natural Resources, University of Gorgan, I.R. Iran

H. Gorbani Vaghei; Assistant Prof., Faculty of Agricultural and Natural Resources, University of Gonbad Kavoos, I.R. Iran

(Received: 03December 2016 , Accepted: 17 April 2017)

ABSTRACT

Different parts of forest roads and uphill are usually the main sources of surface runoff, sediment, water resources pollution in forest streams and soil loss. Today, soil erosion and its consequences is a global matter of concern. This study was conducted in Kohmiyan forest near-Azadshahr in order to assess the effect of forest road uphill gradient in controlling the runoff production and soil loss by a rainfall simulator. Treatments include four levels of gradients (>20%, 20-40%, 40-60% and 60-80%). Other parameters such as soil moisture content, resistance to penetration, vegetation cover and precipitation were considered constant. Then, the amount of runoff and soil loss in each level were collected at an intensity of 80 mm/h with 15 min duration and sampled at three minute intervals. The results indicated that the average amount of total runoff in level 1 (gradient >20) to level 4 (60-80%) were 5.97, 10.14, 14.27 and 18.60, respectively. Sediment concentration were 4.15, 5.87, 7.84 and 10.68 g/l^{-1}; runoff coefficient were 12.01, 20.25, 28.51 and 37.20 percent and total soil loss were 21.65, 54.67, 108.13 and 191.51 gr, respectively for each one square meter. The results of ANOVA showed there is significant difference between the amount of runoff and soil loss due to road gradient. The results of Duncan test also indicated that with increasing uphill gradient, the amount of runoff and sediment increased significantly.

Keywords: Forest roads, Runoff, Soil loss, Rainfall simulator, uphill gradient, Kohmiyan forest.

* Corresponding Author, Email: abdie@ut.ac.ir, Tel: +98263223044

www.SID.ir