مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۲، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸

ص ۶۸۱-۶۶۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۰۹
تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۰۸/۱۹

ارزیابی اثرات برداشت چوب بر مقدار رسوب در حوزه‌های آبخیز جنگلی (مطالعهٔ موردی: حوزهٔ آبخیز خیرودکنار نوشهر)

❖ **سعیده جوریز؛** دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی جنگل، دانشکدهٔ منابع‌طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

❖ **مقداد جورغلامی*؛** دانشیار دانشکدهٔ منابع‌طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

❖ **آرش ملکیان؛** دانشیار دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

❖ **مریم اتحادی ابری؛** دانشجوی دکتری علوم جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

چکیده

تغییر کاربری زمین، به‌طور قابل‌توجهی می‌تواند بر هیدرولوژی یک حوزهٔ آبخیز جنگلی تأثیر بگذارد. پوشش گیاهی نقش مهمی در جلوگیری از فرسایش خاک دارد. برداشت چوب، تاج پوشش را تغییر می‌دهد و خاک را در معرض آب و باد قرار می‌دهد. فشردگی خاک و حذف پوشش کف جنگل در مسیرهای چوبکشی باعث کاهش ظرفیت گنجایش آب در خاک و در نتیجه کاهش سرعت نفوذ آب و افزایش رواناب شده که سبب هدررفت خاک می‌شود. به‌منظور اندازه‌گیری نرخ هدررفت خاک در دو طبقه شیب مسیر و بررسی اثر مسیرهای چوبکشی بر مقدار هدررفت خاک، این تحقیق در بخش گرازبن جنگل خیرود در دو منطقهٔ شاهد و مسیرچوبکشی بعد از عملیات چوبکشی در سطح قطعه‌نمونه به مدت یک سال (پاییز ۱۳۹۳ تا پاییز ۱۳۹۴) انجام شد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان رسوب با مقدار ۱/۹۳۸ گرم در لیتر مربوط به فصل پاییز در مسیر چوبکشی با شیب ۲۰-۴۰ درصد و کمترین میزان رسوب با مقدار ۰/۱ گرم در لیتر مربوط به فصل پاییز در منطقهٔ شاهد با شیب ۲۰-۴۰ درصد است. نوع پوشش (مسیر چوبکشی و منطقهٔ شاهد)، فصل و اثرات متقابل پوشش و فصل، از نظر آماری بر میزان رسوب اثر معنی‌دار دارد، ولی شیب و اثرات متقابل پوشش و شیب و همچنین شیب و فصل از نظر آماری بر میزان رسوب معنی‌دار نیست. آزمون گروه‌بندی میانگین‌ها (دانکن) نشان داد که بین مقدار رسوب تولیدی در فصول مختلف از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود دارد و فصل پاییز دارای بیشترین مقدار رسوب و فصل بهار و تابستان دارای کمترین مقدار رسوب تولیدی است. هرچند بین مقدار رسوب تولیدی در فصول بهار و تابستان از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

کلید واژگان: بهره‌برداری جنگل، چوبکشی، رسوب، مسیر چوبکشی، جنگل خیرود.

* نویسنده مسئول: شماره تماس: ۹۸۲۶۳۲۲۴۹۳۱۲+
Email: mjgholami@ut.ac.ir

۱. مقدمه

بهره‌برداری غیر اصولی از جنگل‌ها در طی سالیان گذشته به ویژه در قرن بیستم موجب نابودی بسیاری از جنگل‌های دنیا شده است که این امر تبعاتی چون افزایش سیل، فرسایش و از دست رفتن خاک را در بر داشته است و روز به روز آشکارتر می شود. وقتی‌که وزن مخصوص ظاهری خاک افزایش می‌یابد (و فضاهای خالی به دنبال آن کاهش می‌یابد) ضریب نفوذ بارندگی و آب‌های سطحی کاهش می‌یابد. نفوذ آهستهٔ آب منجر به کمبود آب خاک، رواناب سطحی، فرسایش ورقه‌ای و ایجاد گالی می شود. اثر بسیار مهم منتج از نفوذپذیری پایین خاک‌های کوبیده‌شده، ایجاد رواناب است که نفوذ آب در خاک را کاهش داده و اغلب منجر به فرسایش خاک و شست‌شوی سریع مواد معدنی خاک می‌شود [۳، ۸، ۱۷].

هیدرولوژی جنگل شامل اثرات پوشش گیاهی جنگل در چرخهٔ آب، فرسایش خاک و کیفیت آبی است که در شرایط عادی، وارد یک حوزهٔ آبخیز جنگلی می‌شود یا با پوشش گیاهی جذب شده و یا در پروفیل خاک ذخیره شده تا توسط پوشش گیاهی گرفته شده و یا به عنوان جریان پایه وارد نهرها شود [۱۳]. تغییر کاربری زمین، به‌طور قابل‌توجهی می‌تواند بر هیدرولوژی یک حوزهٔ آبخیز جنگلی تأثیر بگذارد. مطالعهٔ مدل سازی شده نشان داد که جنگل‌زدایی اثر قابل توجهی بر تعادل آب و انرژی و همچنین پویایی آب و هوای نزدیک به سطح دارد [۲۳]. اثرات هیدرولوژیکی با توجه به تغییر نوع پوشش اراضی بسیار متنوع هستند، زیرا آن‌ها می‌توانند بر بسیاری از مؤلفه‌های چرخهٔ هیدرولوژیکی تأثیر بگذارد. بسیاری از پژوهش‌ها به این نتیجه رسیدند که بهره‌برداری جنگل می تواند به افزایش در حجم کل رواناب در اثر تغییر در الگوهای رواناب منجر شود [۹، ۱۰، ۱۶، ۲۸]. جنگل‌زدایی در ابتدا باعث افزایش حجم رواناب می‌شود و وقتی رشد مجدد آغاز می‌شود، رواناب به آرامی کاهش می‌یابد [۲۵]. در یک حوزهٔ جنگلی، بهره‌برداری جنگل با کاهش تبخیر و تعرق و باران‌ربایی بر توازن آب تأثیر می‌گذارد [۵].

جنگل‌ها حداکثر میزان حفاظت خاک را ارائه می‌کنند، با این حال، پوشش جنگلی از تمام فرسایش سطحی جلوگیری نمی‌کند [۷، ۱۳]. مطالعه‌ای میزان هدررفت خاک را سالانه برابر ۰/۱۴ تن در یک ایکر از قطعه نمونه کنترل جنگلی در آپالاچیا اندازه‌گیری کردند [۱۲]. به‌طور گسترده‌ای پذیرفته شده است که برداشت چوب می‌تواند با شتاب دادن به شدت فرسایش از عرصه، سبب افزایش ورود رسوب به آب‌های سطحی شود [۲۱].

منبع آلوده‌کنندهٔ غیر نقطه‌ای، به‌عنوان یک منبع اصلی مشکلات کیفیت آب‌های سطحی شناخته می‌شود و با رسوب حمل‌شده از عرصهٔ جنگل منبع اصلی این آلودگی است [۲۷]. رسوبات ریز معلق که در کانال‌های آب ته‌نشین نمی شود، سبب می شود که آب نهرها، قهوه ای و تیره به نظر برسد و همچنین میزان نور خورشید رسیده به پایین نهرها را کاهش می‌دهد، که منجر به محدودکردن فتوسنتز و اکسیژن تولید شده در نهرها می شود [۲۲]. رسوبات درشت دانه و بزرگ در نهرها می‌تواند باعث تخریب کانال شود که باعث کاهش ظرفیت نهرها شده و ممکن است خطر جاری شدن سیل و بی ثباتی کانال را افزایش دهد [۲۲].

حذف پوشش گیاهی، باران‌ربایی قطرات باران و انسجام ریشه‌ها را کاهش می‌دهد و خاک را در معرض افزایش خطر جدا شدن قرار می‌دهد. بهره‌برداری دامنه‌ها می‌تواند نرخ فرسایش را یک تا پنج برابر بیش از نرخ مشاهده شده در دامنهٔ دست‌نخورده افزایش دهد [۲۰]. این مطالعه سهم فرسایش خاک حاصل از سیستم جاده‌ها و مناطق بهره برداری‌شده و بهره‌برداری‌نشده را در حوزهٔ آبخیز پس از برداشت ۶ درصد از منطقه در یک الگوی درهم آمیخته جدا نموده است و مشخص شد که مناطق بهره‌برداری‌شده ۱۵-۵ درصد از رسوب کل منطقه را ایجاد می‌کند [۲۰]. درجهٔ شیب عرصه نیز ممکن است، پیش‌بینی‌کننده خوبی از تلفات رسوب در حوضه باشد. در تحقیق دیگری، نرخ فرسایش طبیعی با دامنه‌های مختلف از ۵۵-۹ درصد شیب را در سه قطعه نمونه اندازه‌گیری رواناب بررسی شد [۱۸] و نتایج نشان داد نرخ فرسایش به صورت خطی با توجه به

سینوس زاویهٔ شیب، افزایش می‌یابد که نشان‌دهندهٔ هدر رفت خاک بیشتر در شیب‌های تندتر است. علاوه‌براین، شیب باعث دست دادن بیشتر خاک در دامنه‌های طولانی تر در مقایسه با دامنه‌های کوتاه‌تر است، زیرا شیب‌های طولانی‌تر، فرصت بیشتری برای توسعهٔ شیارهای فرسایشی فراهم می‌کند [۱۸].

حذف تاج پوشش جنگل در سراسر منطقه سبب کاهش مقاومت آیرودینامیکی شده، که سرعت باد بر روی سطح خاک را افزایش می‌دهد. آزمایشی در مقیاس قطعه‌نمونه به‌منظور بررسی اثر باد و باران در فرسایش دامنه انجام شد [۱۴] و نتایج نشان داد هنگامی که پوشش گیاهی در حوضه حذف می‌شود، خاک در معرض خطر تأثیر از قطرات باران ناشی از باد بر روی سطح خاک قرار می‌گیرد که سبب افزایش رسوب در دسترس برای انتقال می شود. این آزمایش نشان داد که ترکیبی از باد و باران به‌طور قابل‌توجهی میزان فرسایش را افزایش می‌دهد و نشان می‌دهد که از دست دادن پوشش گیاهی ممکن است نرخ انتقال رسوب را در طول یک رویداد باران به دلیل افزایش شتاب باد سرعت ببخشد. باران منتقل‌شده با باد منجر به افزایش ۱۱۳ به ۱۱۰۸ برابر در فرسایش خاک نسبت به قطعه‌نمونه‌ای که در معرض باد نیست، شده است [۱۴].

پوشش گیاهی نه تنها باران را قبل از رسیدن آن به خاک باران‌ربایی می‌کند، بلکه با تثبیت خاک، فرسایش سطحی را کاهش می‌دهد. اثر کاهش چسبندگی ریشه در بار رسوب را در حوضه‌ای در آیداهو مدل‌سازی شد [۱۵] و نتایج نشان داد که انتقال رسوب در درازمدت در حوضه با وقایع باران‌های شدید غلبه دارد که در آن خاک آسیب پذیر جدا می‌شود و آستانهٔ این وقایع توسط چسبندگی و تراکم ریشه گیاهی دیکته می شود. این یافته‌ها نشان می دهد که حوادث فرسایشی پس از کاهش پوشش گیاهی بیشتر تکرار می‌شوند، به‌دلیل اینکه بارش کمتری برای فرسایش دامنه مورد نیاز است [۱۵].

فشردگی خاک و حذف پوشش کف جنگل در مسیرهای چوبکشی باعث کاهش ظرفیت گنجایش آب در خاک و در نتیجه کاهش سرعت نفوذ آب و افزایش رواناب می‌شود. پس تراکم باعث افزایش رواناب سطحی می‌شود. با این‌حال، به‌دلیل فشردگی خاک و افزایش نیروی وارده بین ذرات، ممکن است خاک فشرده‌شده، فرسایش‌پذیری کمتری داشته باشد، ولی به همان میزان هم مقدار رواناب افزایش می یابد [۴، ۱۱]. اهداف این تحقیق عبارتند از اندازه‌گیری نرخ هدررفت خاک در دو طبقه شیب مسیرهای چوبکشی، بررسی اثر مسیرهای چوبکشی بر مقدار هدررفت خاک. فرضیه‌های تحقیق عبارتند از:

- عملیات چوبکشی اثر معنی‌داری بر کمیت رسوب تولیدی دارد.
- شیب دارای اثر معنی‌داری بر کمیت رسوب تولید شده در مسیرهای چوبکشی است.

۲. روش شناسی

۲,۱. معرفی منطقهٔ مورد مطالعه

منطقهٔ مورد پژوهش بخش گرازبن جنگل آموزشی و پژوهشی دانشکدهٔ منابع‌طبیعی دانشگاه تهران (جنگل خیرود) است. بخش گرازبن به وسعت ۱۰۰۱/۵ هکتار، سومین بخش از نظر شروع طرح جنگلداری (از سال ۱۳۸۹) در جنگل خیرود محسوب می شود. قطعات نمونه مورد پژوهش مربوط به منطقهٔ شاهد و بهره‌برداری‌نشده در پارسل ۳۱۸ و قطعات نمونه مربوط به قسمت بهره‌برداری شده (مسیر چوبکشی) به شیوهٔ تک‌گزینی در پارسل ۳۱۷ این بخش مستقر شدند. سنگ مادر بخش گرازبن، آهکی و متعلق به دوران ژوراسیک بالایی بوده و در بعضی نقاط طبقات سخت شکافدار و طبقات نرم به طور متناوب روی‌هم قرار گرفتند.

پارسل ۳۱۷ دارای ۳۵/۳ هکتار مساحت، با ارتفاع از سطح دریا ۱۲۳۰-۱۱۶۰ متر و متوسط ارتفاع از سطح دریا ۱۱۴۰ متر است. جهت عمومی قطعهٔ جنوبی و شمالی بوده و تیپ خاک آلفی‌سول است. نوع هوا و اقلیم مرطوب و تیپ فعلی جنگل راش- ممرز به همراه سایر گونه‌ها است. پارسل

۳۱۸ دارای ۳۶/۹ هکتار مساحت، با ارتفاع از سطح دریا ۱۲۴۰ - ۱۱۵۰ متر و متوسط ارتفاع از سطح دریا ۱۲۰۰ متر است. جهت عمومی قطعه شمالی و جنوبی بوده و تیپ خاک آلفی‌سول است. نوع هوا و اقلیم در این پارسل مرطوب و تیپ فعلی جنگل نیز راش- ممرز است.

۲،۲. روش تحقیق

به‌منظور انجام مطالعهٔ حاضر، براساس اهداف پژوهش بعد از انجام بازدید میدانی، منطقه‌ای با دارا بودن ویژگی های هدف تحقیق (منطقهٔ جنگلی با دسترسی آسان، امکانات موجود در منطقه، وجود اطلاعات پایه و وجود امنیت لازم برای تجهیزات مورد استفاده و شرایط تا حد ممکن یکسان از نظر خاکشناسی)، مشخص شد. همچنین سایر عوامل مؤثر بر مؤلفه‌های هیدرولوژیک مورد مطالعه (رواناب و رسوب) از جمله جهت و ارتفاع محل پلات‌ها نیز تا حد امکان یکسان در نظر گرفته شد. در تحقیق پیش‌رو برای تعیین میزان رواناب و رسوب تولیدشده در اثر بهره برداری از جنگل در مسیرهای چوبکشی و منطقهٔ شاهد، از بارش‌های طبیعی منطقه، به دلیل ایجاد تکرارهای بیشتر و به‌دست آوردن اطلاعات استفاده شد. به‌منظور تعیین محل نمونه‌برداری، با بازدید میدانی از جنگل، منطقه‌ای که از لحاظ توپوگرافی و ویژگی‌های خاک یکسان بود، انتخاب شد. سپس تعیین محل نصب پلات‌ها به‌صورت منظم- تصادفی انجام شد. بدین صورت که بعد از مشخص شدن موقعیت‌های شیب، محل اولین تکرار به صورت انتخابی مشخص شد، سپس تکرارهای بعدی به‌صورت منظم به فاصلهٔ معین تعیین شد. بعد از تعیین محل نمونه‌برداری، پلات‌ها مستقر و نمونه‌برداری با پلات‌های دو مترمربعی (۲*۱متر) در دو طبقه شیب ۰-۲۰ و ۲۰ -۴۰ درصد (به‌دلیل وجود دو کلاسه عمده شیب در منطقهٔ مورد مطالعه)، با چهار تکرار در هر دو کلاسه شیب در منطقهٔ شاهد و مسیر چوبکشی انجام شد. در انتهای پلات‌ها لوله‌ای تعبیه شده است تا رواناب جاری شده در سطح پلات را به مخزن جمع‌آوری هدایت کند. پس از هر بار وقوع بارندگی، نمونه های رواناب که توسط خروجی پلات به ظروف جمع‌آوری هدایت شده، جمع‌آوری و اندازه‌گیری می‌شد (شکل ۱). باران‌سنج مورد استفاده در این پژوهش، باران‌سنج معمولی (روزانه) است.

شکل ۱. پلات مستقر در منطقهٔ شاهد و مسیر چوبکشی

۲،۳. تعیین میزان رسوب تولید شده

بعد از نمونه‌برداری رواناب تولیدی در اثر بارش، ظروف حاوی آب و رسوب به آزمایشگاه منتقل می‌شوند. برای اندازه‌گیری غلظت رسوب از روش تخلیّه [۲۶] آب استفاده شد. در این روش ابتدا یک لیتر نمونه آب و رسوب را درون بشر ریخته، آن را به مدّت ۴۸ ساعت به حالت سکون نگه داشته و سپس به‌آرامی آب بالای رسوبات تخلیّه شد. بعد از خالی کردن آب اضافی، رسوبات موجود در کف ظرف را شسته و درون ظرف‌های (پلیت) از قبل تهیّه و توزین شده ریخته و در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدّت ۲۴ ساعت قرار داده و بدین صورت عمل خشک کردن

صـورت گرفت. با توزین نمونه‌های ظرف‌ها (پلیت‌ها) همراه رسوب و کسر نمودن وزن ظرف‌های (پلیت‌های) اولیّه، وزن رسـوب نمونه برحسـب گرم در لیتر محاسـبه شـد. در این تحقیق ۲۰ رخداد بارندگی با متوسط روزانه ۲۲/۹ میلی‌متر از پاییز ۱۳۹۳ تا پاییز ۱۳۹۴ اندازه‌گیری شـــد. حداکثر بارندگی اندازه‌گیری شـــده ۶۶ میلی‌متر و حداقل بارندگی ۲/۸ میلی‌متر است.

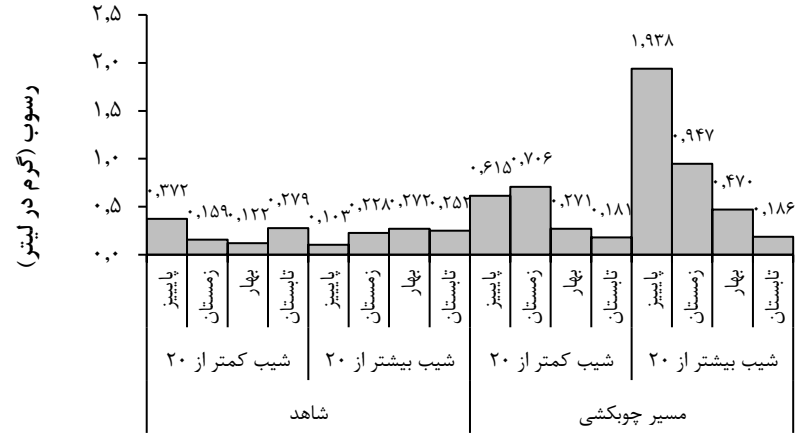
۴.۲. آزمون‌های آماری

در پژوهش پیش‌رو پس از بررســـی پراکنش داده ها (نر مال بودن توزیع) با اســـتفاده از آزمون کلموگروف-اســـمیرنوف در نرم‌افزار SPSS ۱۷ تجزیه و تحلیل آماری صـــورت گرفت. با توجه به نرمال بودن رواناب و رســـوب تولیدی به‌وســـیلهٔ آزمون‌های پارامتری مقایســـهٔ میانگین بین آن‌ها صـورت گرفت، سـپس با توجه به سـطح معنی داری تیمارها در آزمون تجزیه واریانس، آزمون مقایســـهٔ میانگین‌ها (دانکن) در ســـطح احتمالی ۵ درصـــد مورد اســـتفاده قرار گرفت. علاوه بر موارد ذکر شـــده روابط رگرسیونی بین مقدار بارش و میزان رواناب خروجی در دو منطقه، مقدار بارش و میزان رسوب خروجی در دو منطقه به‌دست آمده است.

۳. نتایج

۱.۳. بررسی رسوب تولیدی در طول یک سال بارندگی

شـــکل (۲) میزان رســـوب تولیدی در دو منطقهٔ بهره برداری‌شـــده (مســـیر چوبکشـــی) و منطقهٔ شـــاهد (بهره برداری نشـــده) در دو شـــیب مختلف (۰-۲۰ و ۲۰-۴۰ در صد) برای چهار فصل بارندگی را بررسی کرده است. نتایج نشان داد که بیشترین میزان رسوب با مقدار ۱/۹۳۸ گرم در لیتر مربوط به فصـل پاییز در مسـیر چوبکشـی با شیب ۲۰-۴۰ درصد و کمترین میزان رسوب با مقدار ۰/۱ گرم در لیتر مربوط به فصل پاییز در منطقهٔ شاهد با شیب ۲۰-۴۰ درصد است.



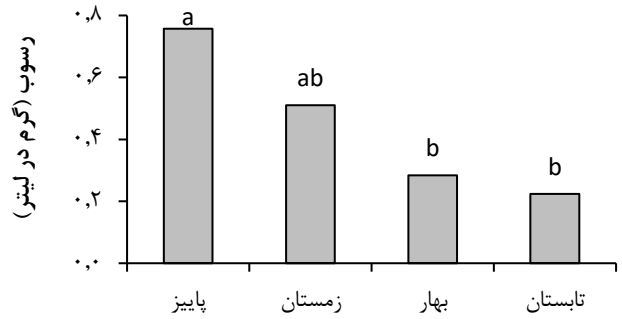
شکل ۲. بررسی تأثیر نوع پوشش، شیب، فصل بر مقدار رسوب تولیدی در طول یک سال

نتایج حاصـل از تجزیه واریانس در جدول (۱)، بیان‌گر این موضوع است که نوع پوشش (مسیر چوبکشی و منطقهٔ شاهد)، فصل و اثرات متقابل پوشش و فصل از نظر آماری بر میزان رســـوب اثر معنی‌دار دارد، ولی شـــیب و اثرات متقابل پوشش و شیب و همچنین شیب و فصل از نظر آماری بر میزان رسوب معنی‌دار نیست.

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس تأثیر نوع پوشش، شیب، فصل و اثرات متقابل آن‌ها بر میزان رسوب خروجی

منابع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	P
پوشش	۳/۱۲	۱	۳/۱۲	۱۰/۱۶	۰/۰۰۳
شیب	۰/۷۱	۱	۰/۷۱	۲/۳۳	۰/۱۳۳
فصل	۲۲۴/۸	۳	۰/۹۴	۳/۰۷	۰/۰۳۶
پوشش و شیب	۰/۸۵	۱	۰/۸۵	۲/۷۸	۰/۱۰۲
پوشش و فصل	۲/۹۵	۳	۰/۹۸	۳/۲۲	۰/۰۳۱
شیب و فصل	۰/۶۱	۳	۰/۲۰	۰/۶۶	۰/۵۷۵
پوشش، شیب و فصل	۱/۷۱	۳	۰/۵۷	۱/۷۸	۰/۱۴۷
خطا	۱۴/۶۹	۴۸	۰/۳۱		
مجموع	۴۰/۰۹	۶۴			

شکل (۳) نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین رسوب تولیدی در طول یک سال بارندگی را به صورت فصلی نشان می‌دهد. آزمون گروه‌بندی میانگین‌ها (دانکن) نشان داد که بین مقدار رسوب تولیدی در فصول مختلف از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود دارد و فصل پاییز دارای بیشترین مقدار رسوب و فصل بهار و تابستان دارای کمترین مقدار رسوب تولیدی است. هرچند بین مقدار رسوب تولیدی در فصول بهار و تابستان از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.



شکل ۳. مقایسهٔ میانگین رسوب تولیدی در واحد سطح در طول یک سال

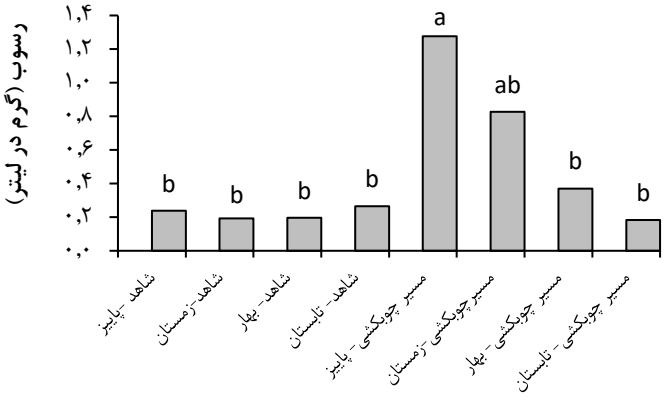
جدول (۲)، نتایج حاصل از تجزیه واریانس نوع پوشش و فصل را بر میزان رسوب تولیدی مورد بررسی قرار داده است. نتایج نشان می‌دهد که اثرات متقابل پوشش و فصل از نظر آماری بر میزان رسوب تأثیر معنی‌دار دارد.

جدول ۲. تأثیر نوع پوشش و فصل بر میزان رسوب

منابع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	P
پوشش و فصل	۸/۸۹	۷	۱/۲۷	۳/۸۲	۰/۰۰۲
خطا	۱۸/۵۹	۵۶	۰/۳۳		
مجوع	۴۰/۰۹	۶۴			

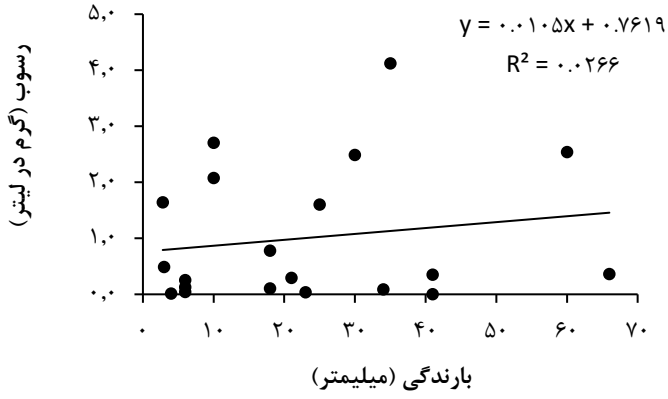
شکل (۴)، نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین رسوب تولیدی در طول یک سال بارندگی را به صورت فصلی و

در دو منطقهٔ شاهد و مسیر چوبکشی نشان می‌دهد. آزمون گروه‌بندی میانگین‌ها (دانکن) نشان داد که بین مقدار رواناب خروجی در فصول مختلف از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود دارد و بیشترین مقدار رسوب تولیدی در مسیر چوبکشی در فصل پاییز بوده است. همچنین نتایج نشان داده که کمترین میزان رسوب تولیدی در منطقهٔ شاهد به صورت چهار فصل و در مسیر چوبکشی در فصل بهار و تابستان است.



شکل ۴. مقایسهٔ میانگین رسوب تولیدی در واحد سطح در طول یک سال با آزمون دانکن.
حروف لاتین نامتشابه نشانگر معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد است.

در شکل (۵)، نمودار پراکنش ابر نقاط رابطهٔ بین میزان رسوب (متغیر وابسته) و میزان بارش (متغیر مستقل) را در مسیر چوبکشی با شیب ۲۰-۴۰ در صد نشان داده است. جدول ۳، نتایج تجزیه واریانس رگرسیونی برای ارتباط بین بارش و میزان رسوب را در مسیر چوبکشی (شیب ۲۰-۴۰ درصد) نشان می‌دهد. با توجه به این‌که مقدار سطح معنی‌داری بزرگتر از ۰/۰۵ است می‌توان بیان کرد که بین مقادیر مختلف بارش در سطح معنی‌داری پنج درصد (با اطمینان ۹۵٪) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

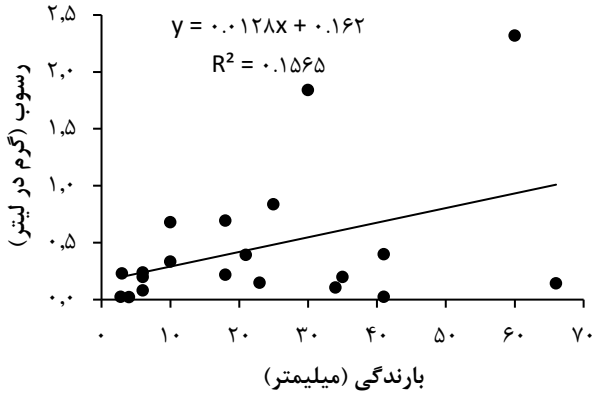


شکل ۵. پراکنش ابر نقاط رابطهٔ بین بارندگی و رسوب در مسیر چوبکشی (با شیب ۲۰-۴۰ درصد)

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس رگرسیونی بین بارندگی و رسوب در مسیر چوبکشی (با شیب ۲۰-۴۰ درصد)

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	R^2	r	P
مدل	۰/۷۸	۱	۰/۷۷	۰/۵۲	۰/۰۲	۰/۱۶	۰/۴۸
خطا	۲۶/۷۷	۱۸	۱/۴۸				
مجموع	۲۷/۵۵	۱۹					

در شـــکل (۶)، نمودار پراکنش ابر نقاط رابطهٔ بین میزان رســـوب (متغیر وابســـته) و میزان بارش (متغیر مســتقل) را در مســیر چوبکشــی با شــیب ۰-۲۰ درصــد نمایش داده شــده اســت. جدول ۴، نتایج تجزیه واریانس رگرســیونی برای ارتباط بین بارش و میزان رســوب را در مسیر چوبکشی (شیب ۰-۲۰ درصد) نشان می‌دهد. با توجه به این‌که مقدار ســـطح معنی‌داری بزرگتر از ۰/۰۵ اســـت می‌توان بیان کرد که بین مقادیر بارش در ســـطح معنی‌داری پنج درصـــد (با اطمینان ۹۵٪) اختلاف معنی داری وجود ندارد.

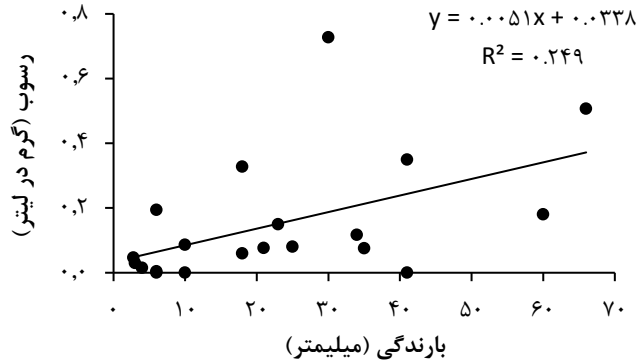


شکل ۶. پراکنش ابر نقاط رابطهٔ بین بارندگی و رسوب در مسیر چوبکشی (با شیب ۰-۲۰ درصد)

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس رگرسیونی بین بارندگی و رسوب در مسیر چوبکشی (با شیب ۰-۲۰ درصد)

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	R^2	r	P
مدل	۱/۱۰	۱	۰/۱۰	۳/۳۷	۰/۱۵	۰/۳۹	۰/۰۸
خطا	۵/۸۶	۱۸	۰/۳۲				
مجموع	۶/۹۶	۱۹					

در شـــکل (۷)، نمودار پراکنش ابر نقاط رابطهٔ بین میزان رســـوب (متغیر وابســـته) و میزان بارش (متغیر مستقل) را در منطقهٔ شاهد با شیب ۲۰-۴۰ درصد نشان داده است. جدول ۵، نتایج تجزیه واریانس رگرسیونی برای ارتباط بین بارش و میزان رواناب را در منطقهٔ شـــاهد (با شـــیب ۲۰-۴۰ درصـــد) نشـــان می‌دهد. با توجه به این‌که مقدار سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ است می‌توان بیان کرد که بین مقادیر مختلف بارش در ســـطح معنی‌داری پنج درصـــد (با اطمینان ۹۵٪) اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

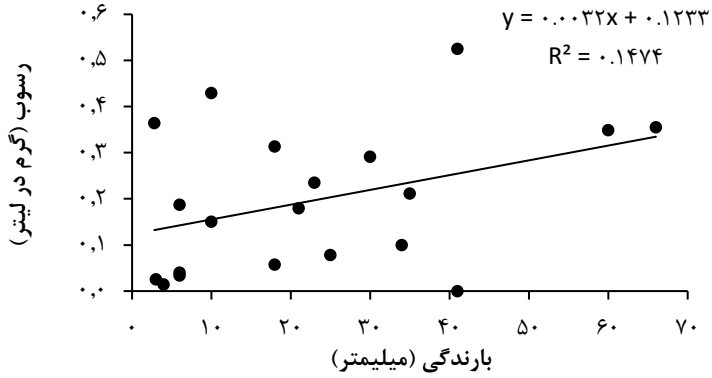


شکل ۷. پراکنش ابر نقاط رابطهٔ بین بارندگی و رسوب در منطقهٔ شاهد (با شیب ۲۰-۴۰ درصد)

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس رگرسیونی بین بارندگی و رسوب در منطقهٔ شاهد (با شیب ۲۰-۴۰ درصد)

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	R^2	r	P
مدل	۰/۱۷	۱	۰/۱۷	۵/۹۲	۰/۲۴	۰/۴۹	۰/۰۲
خطا	۰/۵۲	۱۸	۰/۲۹				
مجموع	۰/۶۹	۱۹					

در شـــکل (۸)، نمودار پراکنش ابر نقاط رابطهٔ بین میزان رســـوب (متغیر وابســـته) و میزان بارش (متغیر مستقل) را در منطقهٔ شاهد با شیب ۰-۲۰ درصد نمایش داده شـــده اســـت. جدول (۶)، نتایج تجزیه واریانس رگرســـیونی برای ارتباط بین بارش و میزان رســـوب را در منطقهٔ شاهد (شیب ۰-۲۰ درصد) نشان می‌دهد. با توجه به این‌که مقدار ســـطح معنی‌داری بزرگتر از ۰/۰۵ اســـت می‌توان بیان کرد که بین مقادیر بارش در ســـطح معنی داری پنج درصـــد (با اطمینان ۹۵٪) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.



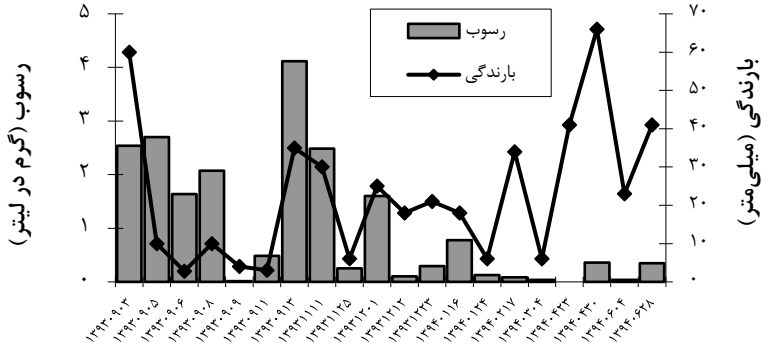
شکل ۸. پراکنش ابر نقاط رابطهٔ بین بارندگی و رسوب در منطقهٔ شاهد (با شیب ۰-۲۰ درصد)

جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس رگرسیونی بین بارندگی و رسوب در منطقهٔ شاهد با شیب ۰-۲۰ درصد

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	R^2	r	P
مدل	۰/۰۷	۱	۰/۰۷	۳/۲۱	۰/۱۴	۰/۳۸	۰/۰۹
خطا	۰/۳۹	۱۸	۰/۰۲				
مجموع	۰/۴۶	۱۹					

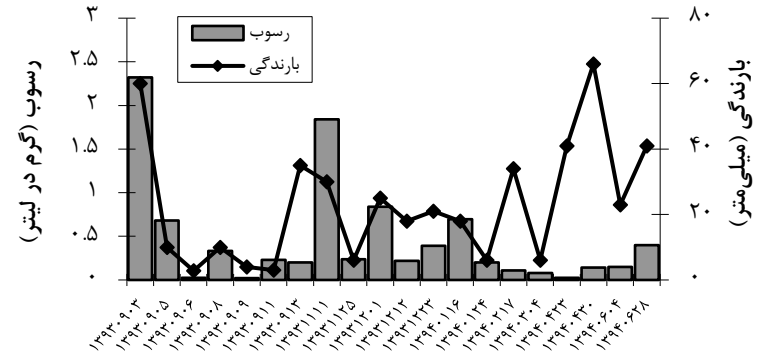
۳،۲. ارتباط بین بارندگی و رسوب تولیدی

شکل (۹) ارتباط بین بارندگی و میانگین رسوب را در مسیر چوبکشی با شیب ۲۰-۴۰ درصد نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان بارندگی برابر با ۶۶ میلی‌متر بوده که منجر به تولید رسوبی با ۰/۳۶ گرم در لیتر در تاریخ ۱۳۹۴/۰۴/۳۰ شده است و همچنین کمترین میزان بارندگی برابر با ۲/۸ میلی‌متر بوده که ۱/۶۳ گرم در لیتر رسوب را در تاریخ ۱۳۹۳/۰۹/۰۶ تولید کرده است.



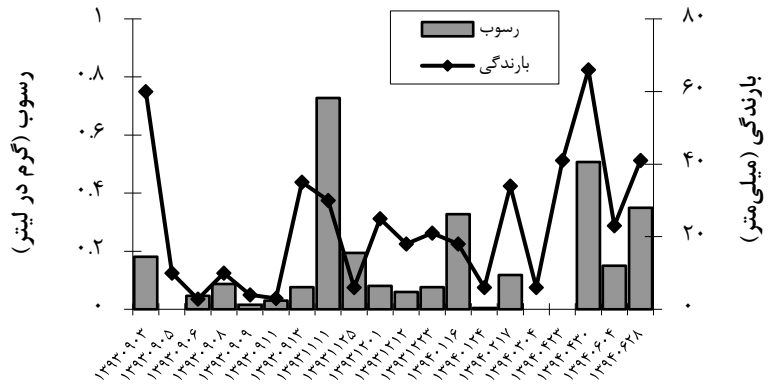
شکل ۹. ارتباط بین رسوب و بارندگی در مسیر چوبکشی (با شیب ۲۰-۴۰ درصد)

شکل (۱۰) ارتباط بین بارندگی و میانگین رسوب را در پلات‌های مسیر چوبکشی با شیب ۰-۲۰ درصد نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان بارندگی روزانه برابر با ۶۶ میلی‌متر بوده که منجر به تولید رسوبی با ۰/۱۴ گرم در لیتر، در تاریخ ۱۳۹۴/۰۴/۳۰ شده است. همچنین نتایج نشان داد که کمترین میزان بارندگی روزانه ۲/۸ میلی‌متر بوده و رسوب اندازه‌گیری شده برابر با ۰/۰۲۵ گرم در لیتر در تاریخ ۱۳۹۳/۰۹/۰۶ بوده است.



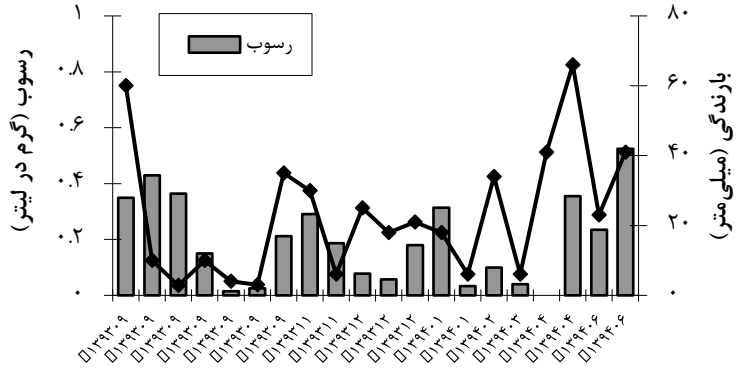
شکل ۱۰. ارتباط بین رسوب و بارندگی در مسیر چوبکشی (با شیب ۰-۲۰ درصد)

شکل (۱۱) ارتباط بین بارندگی و میانگین رسوب را در منطقهٔ شاهد با شیب ۲۰-۴۰ درصد نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان بارندگی برابر با ۶۶ میلی‌متر بوده که منجر به تولید ۰/۵۰ گرم در لیتر رسوب در تاریخ ۱۳۹۴/۰۴/۳۰ شده است. همچنین کمترین میزان بارندگی برابر با ۲/۸ میلی‌متر بوده که ۰/۰۴ گرم در لیتر رسوب را در تاریخ ۱۳۹۳/۰۹/۰۶ تولید کرده است.



شکل ۱۱. ارتباط بین رسوب و بارندگی در منطقهٔ شاهد (با شیب ۲۰-۴۰ درصد)

شکل (۱۲) ارتباط بین بارندگی و میانگین رسوب را در منطقهٔ شاهد با شیب ۰-۲۰ در صد نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان بارندگی برابر با ۶۶ میلی‌متر بوده که منجر به تولید ۰/۳۵ گرم در لیتر رسوب در تاریخ ۱۳۹۴/۰۴/۳۰ شده است. همچنین، کمترین میزان بارندگی برابر با ۲/۸ میلی‌متر بوده که ۰/۳۶ گرم در لیتر رسوب را در تاریخ ۱۳۹۳/۰۹/۰۶ تولید کرده است.

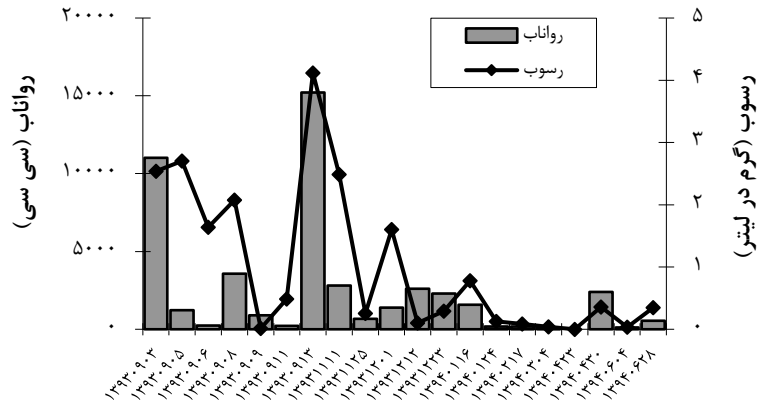


شکل ۱۲. ارتباط بین رسوب و بارندگی در منطقهٔ شاهد (با شیب ۰-۲۰ درصد)

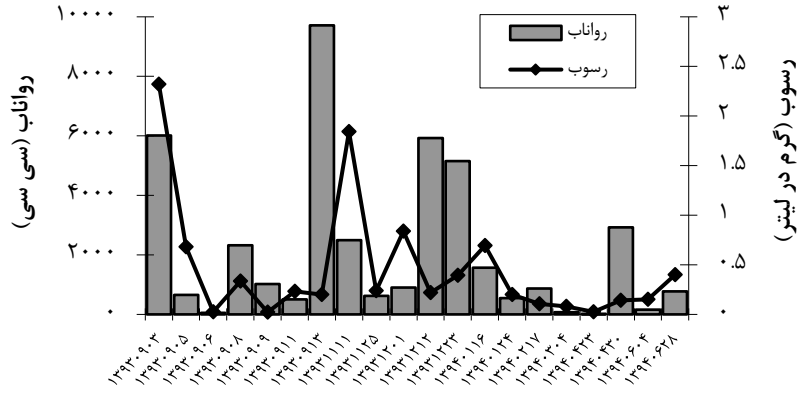
۳،۳. ارتباط بین رواناب و رسوب تولیدی

شکل (۱۳) ارتباط بین میانگین رواناب و رسوب تولیدی را در مسیر چوبکشی با شیب ۲۰-۴۰ درصد نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان رواناب و رسوب، به ترتیب برابر با ۱۵۲۱۲/۵ سی سی و ۱ گرم در لیتر مربوط به تاریخ ۱۳۹۳/۰۹/۱۳ (فصل پاییز) است. همچنین کمترین میزان رواناب و رسوب به ترتیب برابر صفر سی‌سی و صفر گرم در لیتر مربوط به تاریخ ۱۳۹۴/۰۴/۲۳ (فصل تابستان) است.

شکل (۱۴) ارتباط بین میانگین رواناب و رسوب تولیدی را در پلات‌های مسیر چوبکشی با شیب ۲۰-۴۰ درصد نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان رواناب اندازه گیری شده ۹۷۱۲/۵ سی‌سی بوده که منجر به تولید ۰/۲ گرم در لیتر رسوب در تاریخ ۱۳۹۳/۰۹/۱۳ شده و بیشترین میزان رسوب ۲/۳ گرم در لیتر در روانابی به میزان ۶۰۱۰ سی‌سی در تاریخ ۱۳۹۳/۰۹/۰۳ تولید شده است.

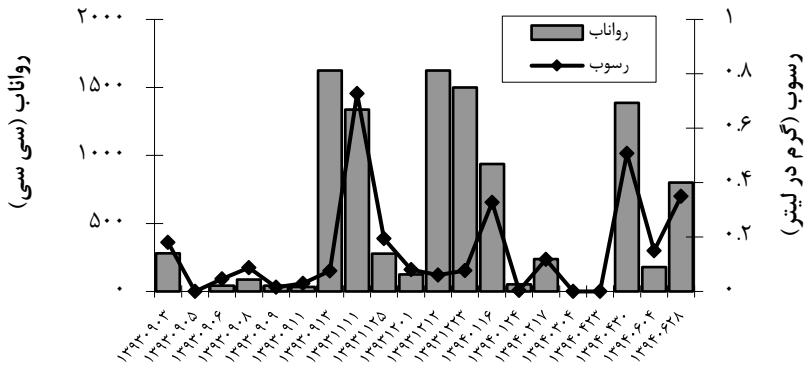


شکل ۱۳. ارتباط بین رواناب و رسوب در مسیر چوبکشی (با شیب ۲۰-۴۰ درصد)



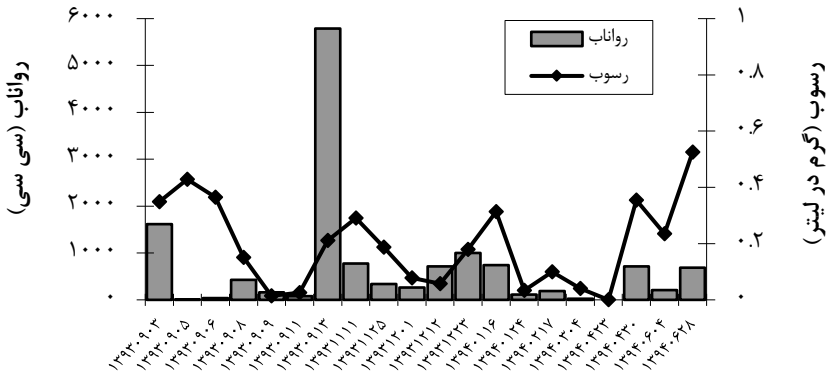
شکل ۱۴. ارتباط بین رواناب و رسوب در مسیر چوبکشی (با شیب ۰-۲۰ درصد)

شـــکل (۱۵) ارتباط بین میانگین رواناب و رســـوب تولیدی را در منطقهٔ شاهد با شیب ۲۰-۴۰ درصد نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان رواناب ۱۶۲۵ سی سی بوده که منجر به تولید ر سوبی به میزان ۰/۰۷ گرم در لیتر در تاریخ ۱۳۹۳/۰۹/۱۳و ۰/۰۶ گرم در لیتر در تاریخ ۱۳۹۳/۱۲/۱۲ شده ا ست و نیز بیشترین میزان رســـوب ۰/۷۲ گرم در لیتر با رواناب تولیدی به میزان ۱۳۳۷/۵ سی‌سی مربوط به تاریخ ۱۳۹۳/۱۱/۱۱ است.



شکل ۱۵. ارتباط بین رواناب و رسوب در منطقهٔ شاهد (با شیب ۲۰-۴۰ درصد)

شـــکل (۱۶) ارتباط بین میانگین رواناب و رســـوب تولیدی را در منطقهٔ شاهد با شیب ۰-۲۰ در صد نشان می‌دهد. نتایج نشـــان داد که بیشـــترین میزان رواناب ۵۷۸۷/۵ سی سی با رسوبی به میزان ۰/۲۱ گرم در لیتر مربوط به تاریخ ۱۳۹۳/۰۹/۱۳ بوده و بیشـــترین میزان رسوب ۰/۵۲ گرم در لیتر با رواناب به میزان ۶۸۷/۵ سی سی در تاریخ ۱۳۹۴/۰۶/۲۸ اندازه‌گیری شـــده اســـت. همچنین کمترین میزان رواناب و رســوب به ترتیب صـفر سی‌سی و صفر گرم در لیتر مربوط به تاریخ ۱۳۹۴/۰۴/۲۳ است.



شکل ۱۶. ارتباط بین رواناب و رسوب در منطقهٔ شاهد (با شیب ۰-۲۰ درصد)

۳،۴. ارتباط بین بارندگی و رســـوب تولیدی بر حسب زمان در هر فصل

نتایج نشـــان داد که بیشـــترین میزان بارندگی ۴۲/۷۵ میلی‌متر با ۰/۱۸ گرم در لیتر رســـوب تولیدی، در فصـــل تابســـتان و کمترین میزان بارندگی ۱۶ میلی‌متر با ۰/۲۵ گرم در لیتر رسـوب تولیدی در فصـل بهار بوده اسـت. در حالی‌که بیشـــترین میزان رســـوب ۱/۹۴ گرم در لیتر با ۱۷/۸ میلی‌متر بارندگی در فصـــل پاییز و کمترین میزان رســـوب ۰/۱۸ گرم در لیتر با ۴۲/۷۵ میلی‌متر بارندگی در فصـل تابسـتان اسـت. بیشـترین میزان بارندگی ۴۲/۷۵ میلی‌متر با ۰/۱۷ گرم در لیتر رســـوب تولیدی، در فصـــل تابســـتان و کمترین میزان بارندگی ۱۶ میلی‌متر با ۰/۲۷ گرم در لیتر رسـوب تولیدی در فصـل بهار بوده اسـت. در حالی‌که بیشترین میزان رسوب ۰/۷۰ گرم در لیتر با ۲۰ میلی‌متر بارندگی در فصـــل زمســـتان و کمترین میزان رســـوب ۰/۱۷ گرم در لیتر با ۴۲/۷۵ میلی‌متر بارندگی در فصل تابستان است.

نتایج نشـان داد که بیشـترین میزان بارندگی ۴۲/۷۵ میلی‌متر با ۰/۲۵ گرم در لیتر رســـوب تولیدی، در فصـــل تابســـتان و کمترین میزان بارندگی ۱۶ میلی‌متر با ۰/۱۱ گرم در لیتر رسـوب تولیدی در فصـل بهار بوده اسـت. در حالی که بیشـــترین میزان رســـوب ۰/۲۵ گرم در لیتر با ۴۲/۷۵ میلی‌متر بارندگی در فصـــل تابســـتان و کمترین میزان رسوب ۰/۰۶ گرم در لیتر با ۱۷/۸ میلی‌متر بارندگی در فصـل پاییز اسـت. همچنین، بیشـترین میزان بارندگی ۴۲/۷۵ میلی‌متر با ۰/۲۷ گرم در لیتر رسـوب تولیدی، در فصـــل تابســـتان و کمترین میزان بارندگی ۱۶ میلی‌متر با ۰/۱۲ گرم در لیتر رسوب تولیدی در فصل بهار بوده است. در حالی‌که بیشـترین میزان رسـوب ۰/۲۷ گرم در لیتر با ۴۲/۷۵ میلی‌متر بارندگی در فصـــل تابســـتان و کمترین میزان رســـوب ۰/۱۲ گرم در لیتر با ۱۶ میلی‌متر بارندگی در فصل بهار است.

۳،۵. ارتباط بین رواناب و رسوب تولیدی بر حسب زمان در هر فصل

نتایج نشان داد که بیشترین میزان رواناب و رسوب به ترتیب ۴۶۲۶/۰۷ سی سی و ۱/۹۴ گرم در لیتر، در فصل پاییز بوده و کمترین میزان رواناب و رسوب به ترتیب ۵۰۶/۲۵ سی‌سی و ۰/۲۵ گرم در لیتر در فصل بهار است. همچنین، بیشترین میزان رواناب و رسوب به ترتیب ۳۰۱۹/۵ سی سی و ۰/۷۰ گرم در لیتر، در فصل زمستان بوده و کمترین میزان رواناب و رسوب به ترتیب ۶۶۸/۱۲ سی‌سی در فصل بهار و ۰/۱۷ گرم در لیتر در فصل تابستان است.

نتایج نشان داد که بیشترین میزان رواناب و رسوب به ترتیب ۱۰۰۴/۶ سی‌سی در فصل زمستان و ۰/۲۷ گرم در لیتر، در فصل بهار بوده و کمترین میزان رواناب و رسوب به‌ترتیب ۳۰۱/۴ سی‌سی و ۰/۰۶ گرم در لیتر در فصل پاییز است. همچنین، بیشترین میزان رواناب و رسوب به ترتیب ۱۱۵۹/۶۴ سی سی در فصل پاییز و ۰/۲۷ گرم در لیتر، در فصل تابستان بوده و کمترین میزان رواناب و رسوب به‌ترتیب ۲۶۵ سی‌سی و ۰/۱۲ گرم در لیتر در فصل پاییز است.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

۱.۴. بررسی رسوب تولیدی در طول یک سال بارندگی

بیشترین میزان رسوب تولیدی با مقدار ۱/۹۳ گرم در لیتر مربوط به فصل پاییز در مسیر چوبکشی با شیب ۲۰-۴۰ درصد و کمترین میزان رسوب با مقدار ۰/۱ گرم در لیتر مربوط به فصل پاییز در منطقهٔ شاهد با شیب ۲۰-۴۰ درصد است. پوشش گیاهی سطح خاک نیز نقش مؤثری در کنترل فرسایش دارد. یک زمین حتی در شیب تند و با بارندگی‌های شدید اگر پوشش خوبی داشته باشد، در برابر فرسایش مقاومت می‌کند. تحقیقی در شرق تگزاس نشان داد که در صورت برابری سایر شرایط، کاهش سطح جنگل حوزهٔ آبخیز به میزان ۱۰ درصد، میزان رواناب سالانه ۲۰ میلی‌متر افزایش می‌یابد که به دنبال آن رسوب تولیدی هم به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد [۶].

بررسی میزان رسوب تولیدی مسیرهای چوبکشی و یک جنگل طبیعی را (دست‌نخورده) در جزیرهٔ ویرجین ایالت متحده نشان داد که مسیرهای چوبکشی اثر قابل توجهی در میزان رسوب تولیدی نسبت به یک جنگل طبیعی دارد و می‌توان نتیجه گرفت که با نتایج این پژوهش نیز هم‌خوانی دارد [۲۴]. بررسی اثر استقرار پوشش جنگلی در تولید رسوب مسیرهای چوبکشی رها شده نسبت به مسیرهای در حال استفاده، نشان داد که رسوب تولیدی در مسیرهای چوبکشی که پس از رها شدن، پوشش گیاهی در آن‌ها مستقر شده است، بسیار کمتر از مسیرهایی است که در حال استفاده هستند [۸]. این نتایج با پژوهش حاضر که نشان داد میزان رسوب در مسیر چوبکشی بیشتر از منطقهٔ شاهد است، هم‌خوانی دارد. همچنین نتایج پژوهش در شمال ایران [۱] نشان داد که بیشترین فرسایش در مناطق جنگلی از مسیرهای چوبکشی در واحدهای بهره‌برداری به سبب کاهش نرخ نفوذ و افزایش رواناب نشأت می‌گیرد.

۲،۴. ارتباط بین بارندگی و رسوب تولیدی

طبق نتایج به‌دست آمده، همان‌طور که در قسمت قبل بیان شد فصل تابستان با میانگین ۴۲/۷۵ میلی‌متر دارای بیشترین بارندگی و فصل بهار با میانگین ۱۶ میلی‌متر دارای کمترین مقدار بارندگی سالانه بوده است. بهره‌برداری در فصل زمستان و استفاده بیشتر از مسیر چوبکشی در این فصل، می‌تواند دلیل تولید بیشتر رسوب در این فصل باشد. در فصل تابستان به‌دلیل وجود لایه‌های تاج‌پوشش درختان و پوشش‌های گیاهی انرژی جنبشی باران بسیار کاهش می‌یابد و حتی به صفر می‌رسد [۶] که این خود می‌تواند توجیه‌کنندهٔ فرسایش پاشمانی باران و در نتیجه کاهش رسوب تولیدی در فصل تابستان باشد. در تحقیقی که طی

سال‌های ۱۹۵۶-۱۹۵۳ در ایستگاه تحقیقاتی هندر سون[1] در زیمباوه، به‌منظور بررسی اهمیت پوشش گیاهی در کاهش فرسایش صورت گرفت نشان داد که میزان فرسایش در زمین‌های لخت و عاری از پوشش گیاهی ۹۹/۱۴ درصد بیشتر از مناطقی بود که دارای پوشش گیاهی بوده است [۱۹] که این خود نشان‌دهندهٔ نقش بسیار مهم پوشش گیاهی و جنگل در کاهش فرسایش و تولید رسوب است. اما در منطقهٔ شاهد با شیب‌های ۰-۲۰ و ۲۰-۴۰ درصد بیشترین میزان رسوب به‌ترتیب برابر با ۰/۲۵ و ۰/۲۷ گرم در لیتر مربوط به فصل تابستان به‌علت بارندگی‌های فراوان است و کمترین میزان رسوب در منطقهٔ شاهد با شیب ۰-۲۰ و ۲۰-۴۰ درصد، به‌ترتیب برابر با ۰/۰۶ گرم در لیتر مربوط به فصل پاییز و ۰/۱۲ گرم در لیتر مربوط به فصل بهار می‌باشد، که دلیل این موضوع فراوانی پوشش گیاهی، لایهٔ لاشبرگ در فصل خزان و بقایای آلی گیاهان بر روی خاک است [۷، ۱۱].

۳.۴. ارتباط بین رواناب و رسوب تولیدی

در فرسایش آبی، نیروهای عمده‌ای که باعث جدا شدن ذرات خاک از تودهٔ خاک می‌شوند، نیروی ذربه‌ای قطرات باران و جریان‌های سطحی است [۳، ۱۷]. در مسیرهای چوبکشی حذف پوشش تاجی درختان باعث برخورد مستقیم قطرات باران با ذرات خاک می‌شوند. انرژی جنبشی قطرات باران که عامل مهمی در جداسازی ذرات خاک محسوب می‌شود با حذف تاج‌پوشش درختان به حداکثر خود می‌رسد [۶]. بنابراین اهمیت پوشش گیاهی در آن است که تاج‌پوشش متراکم گیاهان از برخورد مستقیم قطرات باران به سطح خاک جلوگیری می‌کند. همچنین خاک زیر پوشش گیاهی، دارای نیروی چسبندگی سطحی بالایی است که توسط مواد آلی تجزیه‌نشده، شبکهٔ متراکم ریشه‌های فرعی و مویین به وجود می‌آید. این نیرو باعث کاهش نرخ فرسایش پاشمانی خاک و در نتیجه تولید کمتر رسوب می‌شود [۲۹].

کمترین میزان رواناب تولیدی در منطقهٔ شاهد با شیب ۲۰-۴۰ و ۰-۲۰ درصد به‌ترتیب برابر با ۳۰۱/۴۲ سی‌سی و ۲۶۵ سی سی و کمترین میزان رسوب تولیدی نیز برابر با ۰/۰۶ گرم در لیتر و ۰/۱۲ گرم در لیتر مربوط به فصل پاییز است. در نتیجه با افزایش مقدار لاشبرگ، حجم رواناب و نرخ هدررفت خاک جنگل کاهش می‌یابد. بنابراین در این پژوهش ثابت شده است که حجم رواناب و رسوب با افزایش درصد پوشش گیاهی و لاشبرگ کاهش می‌یابد. این یافته‌ها با نتایج تحقیق دیگری در این زمینه [۲] هم خوانی دارد. آن‌ها دریافتند که در برخی گونه‌ها، درصد پوشش گیاهی نمایندهٔ تراکم ریشه‌ها بود و متوسط نرخ فرسایش با تراکم ریشه‌های سطحی گیاهان همبستگی خطی معنی‌دار دارد و با افزایش پوشش گیاهی حجم رسوب تولیدی کاهش می‌یابد.

با توجه به نتایج حاصل از تحقیق حاضر می‌توان بیان کرد که مسیرهای چوبکشی و کاهش پوشش گیاهی عامل اصلی افزایش رواناب و تولید رسوب در جنگل‌های طبیعی هستند و نوع پوشش، تغییر فصل و اثرات متقابل آن‌ها بر میزان رواناب تأثیر معنی‌دار دارند که این نتیجه تأییدکنندهٔ فرضیه اول پژوهش است. پس میزان بارش و تغییر فصل بر میزان رواناب و رسوب تولیدی نقش دارند، به‌گونه‌ای که در فصل پاییز و زمستان به دلیل کاهش پوشش گیاهی و همچنین کاهش باران‌ربایی توسط تاج پوشش درختان رواناب و رسوب تولیدی افزایش می‌یابد و در فصل تابستان و بهار کمترین رواناب و رسوب اندازه‌گیری شده است. همچنین با افزایش حجم رواناب، میزان رسوب تولیدی در سطح جنگل به‌طور معنی‌داری افزایش می یابد که این موضوع نشان‌دهندهٔ وجود همبستگی مثبت بین میزان رواناب و رسوب تولیدی در جنگل است. در تحقیق حاضر شیب و اثرات متقابل آن‌ها اثر معنی‌داری بر میزان رواناب و رسوب تولیدی نداشته است. همچنین، بررسی رواناب باید شدت بارش اندازه گیری شده و با سایر پارامتر ها مورد مقایسه قرار گیرد که

[1] Henderson

در این‌صـــورت احتـمالا ارتـباط معنی‌داری بین ســـایر پارامترها نیز به‌دست می‌آمد.

References

[1] Akbarimehr, M. and Naghdi, R. (2012). Assessing the relationship of slope and runoff volume on skid trails (Case study: Nav 3 district). Journal of Forest Science, 58(8), 357–362.

[2] Arnaez, J., Larrea, V. and Ortigosa, L. (2004). Surface runoff and Soil erosion on unpaved forests road from rainfall simulation tests in northeastern Spain. Catena, 57, 1–14.

[3] Ayed, M. and Adam, A. (2010). The impact of vegetative cover type on runoff and soil erosion under different land uses. Catena, 81, 97–103.

[4] Baharudin, K., Mokhtarudin, AM. and NIK Muhamad, M. (1995). Surface runoff and soil Loss from a skid trail and a logging road in a tropical forest. Journal Trop Forest Science, 7, 558–569.

[5] Bosch, JM. and Hewlett, JD. (1982). A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. Journal of Hydrology, 55, 3–23.

[6] Chang, M. (2003). Forest hydrology: An introduction to water and forests. CRC Press LLC, Florida.1, 373 p.

[7] Dong, B., Zhang, k. and Guo, Z. (2012). Runoff and soil erosion from highway construction soil deposits: (A rainfall simulation study). Transportation Research Part D: Transport and Environment, 17(1), 8–14.

[8] Etehadi Abari, M., Majnounian, B., Malekian, A., and Jourgholami, M. (2017). Effects of forest harvesting on runoff and sediment characteristics in the Hyrcanian forests, northern Iran. European Journal of Forest Research, 136, 375–386.

[9] Harr, R., Harper, W., Krygier, J. and Hsieh, F. (1975). Changes in storm hydrographs after road building and clear-cutting in Oregon coast range. Water Resources Research, 11(3), 436–444.

[10] Harris, DD. (1977). Hydrologic changes after logging in two small Oregon coastal watersheds. U.S. Geological Survey Water Supply Paper, 2037, 31.

[11] Hartanto, H., Prabhu, R., Widayat, A. and Asdak, C. (2003). Factors affecting runoff and soil erosion. (plot-level soil loss monitoring for assessing sustainability of forest management). Forest ecology and management, 180, 361–374.

[12] Hood, S., Zedaker, S., Aust, W. and Smith, D. (2002). Universal soil loss equation (USLE)-predicted soil loss for harvesting regimes in Appalachian hardwoods. Northern Journal of Applied Forestry, 19(2), 53–58.

[13] Idl, J., Finer, L., Lauren, A., Piirainen, S. and Launiainen, S. (2013). Effects of clear-cutting on annual and seasonal runoff from a boreal forest catchment in eastern Finland. Forest ecology and Management, 304, 482–491.

[14] Iserloh, T., Fister, W., Marzen, M., Seeger, M., Kuhn, N. and Ries, J. (2013). The role of wind-driven rain for soil erosion - an experimental approach. Zeitschrift Fur Geomorphologie, 57, 193–201.

[15] Istanbulluoglu, E., Tarboton, D., Pack, R. and Luce, C. (2004). Modeling of the interactions between forest vegetation, disturbances, and sediment yields. Journal of Geophysical Research-Earth Surface, 109.

[16] Jourgholami, M., and Etehadi Abari, M. (2017). Effectiveness of sawdust and straw mulching on postharvest runoff and soil erosion of a skid trail in a mixed forest. Ecological Engineering, 109, 1–9.

[17] Jourgholami, M., Fathi, K., and Labelle, E.R. (2018). Effects of foliage and traffic intensity on runoff and sediment in skid trails after trafficking in a deciduous forest. European Journal of Forest Research, 137, 223–235.

[18] Liu, B., Nearing, M. and Risse, L. (1994). Slope gradient effects on soil loss for steep slopes. Transactions of the ASAE, 37(6), 1835–1840.

[19] Morgan, R. (2005). A simple approach to soil loss prediction: a revised Morgan–Morgan–Finney model. Catena, 44, 305–22.

[20] Motha, JA., Wallbrink, PJ., Hairsine, PB. and Grayson, RB. (2003). Determining the sources of suspended sediment in a forested catchment in southeastern Australia. Water Resources Research, 39, 1–14.

[21] Nelson, E. and Booth, D. (2002). Sediment sources in an urbanizing, mixed land-use watershed. Journal of Hydrology, 264(1-4), 51–68.

[22] Novotny, V. and Olem, H. (1994). Water Quality: prevention, identification and management of diffuse pollution Van Nostrand Reinhold. New York.

[23] Pielke, R., Marland, G., Betts, R., Chase, T., Eastman, J. and Niles, J. (2002). The influence of land-use change and landscape dynamics on the climate system: relevance to climate-change policy beyond the radiative effect of greenhouse gases. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series a-Mathematical Physical and Engineering Sciences, 360, 170–1719.

[24] Ramos-Scharrón, CE. and MacDonald, LH. (2005). Measurement and prediction of sediment production from unpaved roads, St John, US Virgin Islands. Earth Surface Processes and Landforms, 30(10), 1283–1304.

[25] Swank, WT., Swift Jr, LW. and Douglass, JE. (1988). Streamflow changes associated with forest cutting, species conversions, and natural disturbances. Forest Hydrology and Ecology at Coweeta, 297–312.

[26] Walling, DE., Collins, AL., Sichingabula, HA. and Leek, GJL. (2001). Integrated Assessment of Catchment Suspended Sediment Budgets: A Zambian Example, Land Degradation and Development, 12, 387–415.

[27] Wood, PJ. and Armitage, PD. (1997). Biological effects of fine sediment in the lotic environment. Environmental Management, 21(2), 203–217.

[28] Wright, K., Sendek, K., Rice, R. and Thomas, R. (1990). Logging effects of streamflow-Strom runoff at Caspar Creek in northwestern California. Water Resources Research, 26(7): 1657–1667.

[29] Zhou, ZC. and Shangguan, Z. (2007). The effects of ryegrass roots and shoots on loess erosion under simulated rainfall. Catena, 70: 350–355.