نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۷، شماره ۱، بهار ۱۳۹۲
ص ۳۱-۴۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۰/۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۸/۱۶

مقایسهٔ میزان هدررفت خاک و رسوب برخی سازندهای زمین‌شناسی در گرادیان‌های پوشش گیاهی با استفاده از شبیه‌ساز باران (مطالعهٔ موردی: مراتع ییلاقی بلده نور ـ استان مازندران)

❖ **شفق رستگار*؛** استادیار دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
❖ **حسین بارانی؛** دانشیار دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
❖ **علی دریجانی؛** استادیار دانشکدهٔ اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
❖ **واحد بردی شیخ؛** دانشیار دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
❖ **جمشید قربانی؛** دانشیار دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
❖ **محمد قربانی؛** استاد دانشکدهٔ اقتصاد کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

پوشش گیاهی، یکی از مهم‌ترین عوامل کنترل‌کنندهٔ فرسایش است و نقش مهمی در جلوگیری از هدررفت خاک دارد. از این رو، در این تحقیق، برای شناخت بهتر نقش پوشش گیاهی در برآورد میزان هدررفت خاک و رسوب در برخی واحدهای سنگی مراتع ییلاقی حوضهٔ نوررود در استان مازندران از یک باران‌ساز قابل حمل در صحرا استفاده شد. با این هدف، از بین واحدهای سنگی منطقه، سنگ آهک دولومیتی سازند لار، ترکیبات ماسه‌سنگ میکایی، ماسه‌سنگ رسی، و شیل همراه با رگه‌های زغال سنگ سازند شمشک و ترکیبات توف سبز، شیل توفی، و شیل خاکستری تیره تا سبز همراه با سنگ‌های آتشفشانی سازند کرج به ترتیب با مقاومت‌های بالا، کم، و متوسط نسبت به فرسایش انتخاب گردیدند. در هر واحد سنگی نیز سه تراکم پوششی ضعیف، متوسط، و خوب شناسایی شد. در هر کدام از تراکم‌های پوششی، ۳ تکرار با فواصل یک متر از هم مستقر گردید. در هر بار ایجاد بارندگی مصنوعی، ویژگی‌های سطحی پلات‌ها از نظر پوشش حفاظتی سطح خاک و مقادیر رواناب و رسوب اندازه‌گیری شد. با استناد به نتایج به‌دست‌آمده، حجم و وزن رسوب در تراکم پوششی ضعیف واحدهای سنگی با ترکیبات ماسه‌سنگی سازند شمشک بیش از واحد سنگی با ترکیبات توف، شیل همراه با سنگ‌های آتشفشانی سازند کرج و سنگ آهک دولومیتی لار مشاهده شد. همچنین، رابطهٔ عکس و قوی بین افزایش تراکم پوشش گیاهی و حجم رواناب و رسوب وجود داشت که نشان‌دهندهٔ تأثیر متقابل تراکم پوشش گیاهی و مقادیر تولید رواناب و رسوب است.

واژگان کلیدی: پوشش گیاهی، سازند زمین‌شناسی، شبیه‌ساز باران، نوررود، واحد سنگی.

* نویسندهٔ مسئول تلفن: ۳۸۲۲۵۷۴-۰۱۵۱ فاکس: ۳۸۲۲۵۷۸-۰۱۵۱
Email: sh.rastgar@sanru.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

با توجه به ارزش فراوان خاک و مشکلات بعدی ناشی از جابه‌جایی اجزای تشکیل‌دهندهٔ آن، فرسایش معضلی است که باید ریشه‌یابی و مهار شود. بدین منظور، لازم است که نقش تغییرات تراکم پوشش گیاهی، مهم‌ترین عامل کنترل‌کنندهٔ فرسایش، در تولید رواناب و رسوب مشخص شود تا بتوان به وسیلهٔ آن میزان هدررفت خاک را مشخص کرد. یکی از راه‌های بررسی میزان رسوب‌دهی و برآورد هدررفت خاک و رسوب استفاده از باران‌سازهای مصنوعی است. شبیه‌سازی باران روشی است برای ایجاد بارندگی مصنوعی بر روی پلات‌ها به شیوه‌ای که برخی ویژگی‌های بارندگی طبیعی را ایجاد نماید [۷]. استفاده از این وسیله ــ در کنار فوایدی چون صرفه‌جویی در وقت و هزینه و پایش مقدار رواناب و رسوب ــ با محدودیت‌هایی همراه است، به طوری که دستگاه‌های باران‌ساز هرگز نمی‌توانند شرایط طبیعی را به طور کامل ایجاد کنند. به دلیل اینکه اندازهٔ کوچک پلات و شیوهٔ طراحی شبیه‌ساز بسط اطلاعات به‌دست‌آمده از تولید رسوب به مقیاس بزرگ‌تر را مشکل می‌سازد. با وجود این، از نتایج شبیه‌سازها می‌توان برای موارد مقایسه‌ای استفاده کرد [۲]. اما، به‌رغم چالش‌های موجود، استفاده از باران‌سازها، به دلیل مزایای فوق، برای پژوهش در جنبه‌های مختلف فرسایش و تولید رسوب، در سطح جهان رایج است [۱۲].

در زمینهٔ بررسی آثار سازند زمین‌شناسی و میزان پوشش گیاهی در ایجاد رواناب و رسوب و شناخت عوامل مؤثر در وقوع آن مطالعات مختلفی انجام شده است. در تحقیقی، به منظور ارزیابی تأثیر تراکم پوشش گیاهی بر هدررفت خاک در مراتع تخریب‌یافتهٔ بارینگوی کنیا، ارتباط بین تراکم پوشش و هدررفت خاک برای رگبارهای ۳۰ و ۶۰ دقیقه و شدت ۳۳ میلی‌متر در ساعت بررسی شد. در این بررسی در تراکم پوشش ۵۵–۹۵ درصد، هدررفت خاک بین ۰–۷/۳ گرم بر متر مربع متغیر بود و برای پوشش ۲۵ درصد و کمتر در زمان بارش ۶۰ دقیقه ۱۴۰ گرم در متر مربع و در ۳۰ دقیقه، به ۸۰ گرم بر متر مربع رسید که نشان از تأثیر افزایش هدررفت خاک همراه با کاهش درصد پوشش گیاهی بوده است [۱۶]. در مطالعهٔ دیگری در مراتع سوئیس، شبیه‌سازی باران بر فرسایش خاک انجام شد. نتایج تحقیق حاکی از آن بود که هدررفت خاک با افزایش درصد پوشش گیاهی کاهش یافته است. همچنین، پوشش گیاهی، به عنوان یک عامل کنترل هیدرولوژیکی، با افزایش ظرفیت نفوذپذیری خاک، بر روی زمان و مدّت نفوذپذیری رواناب تأثیر داشته است [۹]. تحقیق دیگری در حوزهٔ آبخیز گل‌آباد اردستان به منظور مقایسهٔ رواناب، رسوب و گل‌آلودگی و شناسایی مواد مادری حساس و مقاوم به فرسایش با استفاده از باران‌ساز انجام شد. نتایج پژوهش ایشان نشان داد که خاک‌های آندزیت سبزرنگ و آبرفتی با منشأ مخلوط آذرین و رسوبی حداکثر رواناب و رسوب را داشتند و خاک‌هایی با مواد مادری سنگ آهک کرتاسه بالایی، گرانودیوریت، و آبرفتی کمترین میزان رواناب و رسوب را داشتند. در عین حال، ایشان به وابستگی بسیار زیاد توان تولید رواناب و رسوب خاک‌ها به نوع مواد مادری حوزهٔ آبخیز مطالعه‌شده تأکید داشتند [۱۵].

نتایج حاصل از بررسی تأثیر مواد مادری و پوشش گیاهی در ایجاد رواناب و رسوب، با استفاده از باران‌ساز، در بخش نیمه‌خشک شرق اسپانیا نشان داد در خاک‌هایی با چهار نوع مواد مادری با منشأ رس، آهک رس، سنگ آهک، و ماسه‌سنگ و در سه وضعیت پوشش گیاهی (خوب، متوسط، و ضعیف) خاک حاصل از مواد مادری آهک رس بالاترین میزان رسوب و رواناب را تولید نمود، در صورتی که ماسه‌سنگ رواناب کم و رسوب ناچیزی داشت. سنگ

Archive of SID

www.SID.ir

آهک و رس نیز بین این دو حد قرار داشتند. مقادیر رواناب و رسوب تولیدشده در هر کدام از انواع مواد مادری نیز با بهبود وضعیت پوشش گیاهی کاهش درخور توجهی داشت [۳]. در پژوهشی دیگر تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مارن‌ها بر میزان رسوب‌دهی با استفاده از باران‌ساز قابل حمل در صحرا بررسی شد. مقادیر رواناب و رسوب در هر یک از واحدهای مارنی، با توجه به ویژگی‌های فیزیکو- شیمیایی واحدها، اندازه‌گیری شد. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که نوع جنس سنگ در هر کدام از سازندهای بررسی‌شده در واحدهای مارنی توان تولید متفاوتی از رسوب و پوشش گیاهی را داراست [۸].

پژوهشگری در اراضی مرتعی منطقهٔ سوادکوه مازندران، با استفاده از شبیه‌ساز باران، اثر فرم رویشی و مقدار پوشش گیاهی بر تولید رواناب و رسوب را مطالعه کرد. در این مطالعه سه فرم رویشی گندمیان، پهن‌برگان، و بوته‌ای‌ها در سه تکرار پوشش صفر، ۵۰، و ۱۰۰ درصد مقایسه شدند. نتایج تحقیق نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار رواناب به ترتیب در فرم رویشی پهن‌برگ و گندمیان و همچنین در پوشش صفر و ۱۰۰ درصد بوده است. میانگین غلظت رسوب در فرم بوته‌ای به طور معنی‌داری بیشتر از گندمیان و در پوشش ۱۰۰ درصد به طور معنی‌داری کمتر از صفر و ۵۰ درصد بوده است [۱۰]. تحقیق دیگری در حوزهٔ آبخیز هیو، به منظور بررسی رواناب و تلفات خاک، در مقیاس شبیه‌ساز باران انجام شد. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که بیشترین میزان تولید رواناب مربوط به آهک و دولومیت با فرسایش سطحی و شیاری است و بیشترین میزان تولید تلفات خاک مربوط به ماسه‌سنگ است. در مطالعات انجام‌شده در زمینهٔ تولید رواناب و رسوب تأثیر نوع سازند زمین‌شناسی و پوشش گیاهی به عنوان یکی از عوامل مهم ایجاد رواناب و رسوب و کنترل فرسایش و یا تأثیر توأم این دو عامل چندان مورد توجه قرار نگرفته است و آنچه در مطالعات بدان توجه شده بررسی تأثیر یکی از این دو عامل بوده است و به نقش توأم آن‌ها کمتر توجه شده است. هدف از این مطالعه مقایسهٔ بین مقادیر رواناب و هدررفت خاک مخصوصاً فرسایش بارانی و ورقه‌ای در سه سازند زمین‌شناسی با مقاومت زیاد، متوسط، و کم نسبت به فرسایش با درصدهای پوشش تاجی مختلف در ایجاد رواناب و رسوب بوده است [۱۵].

روش‌شناسی

معرفی منطقهٔ مورد مطالعه

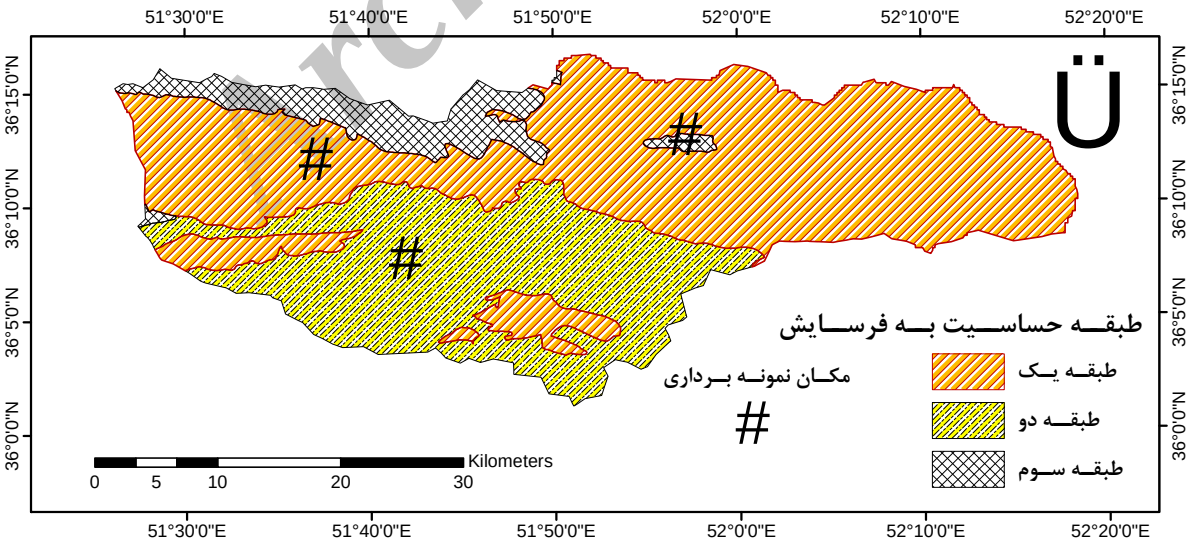
منطقهٔ اجرای تحقیق مراتع ییلاقی استان مازندران، حوضهٔ نوررود، است. این حوضه با مساحت حدود ۱۳۰۰٫۲۵ کیلومتر مربع وسیع‌ترین حوضهٔ هراز است و در محدودهٔ جغرافیایی ″۱۳ ′۲۶ °۵۱ تا ″۲۱ ′۱۸ °۵۱ طول شرقی و ″۵۸ ′۰۰ °۳۶ تا ″۳۶ ′۱۶ °۳۶ عرض شمالی قرار گرفته است. از نظر تقسیمات سیاسی، این حوضه در استان مازندران، محدودهٔ سیاسی شهرستان نور، بخش بلده، و جنوب غربی آمل واقع شده و مهم‌ترین مرکز جمعیتی آن بلده است. حوضهٔ نوررود دارای ارتفاع متوسط ۱۴۵۰ متر از سطح دریا و متوسط بارندگی سالانه ۵۰۴ میلی‌متر است. اقلیم منطقهٔ مورد بررسی با استفاده از روش دومارتن، در ایستگاه رزن و بلده، نیمه‌خشک است. علت انتخاب این حوضه برای مطالعه، تنوع بسیار خوب انواع سازندهای زمین‌شناسی (شمشک، لار، کرج، قرمز بالایی، پایینی، و ...) و وسعت زیاد اراضی مرتعی در حدود ۹۴ هزار هکتار بوده است. به منظور بررسی واحدهای سنگ‌شناختی از نقشهٔ زمین‌شناسی حوزهٔ آبخیز نوررود هراز سری ۱:۱۰۰۰۰۰ استفاده شد [۷، ۱۱].

Archive of SID

روش تحقیق

شبیه‌سازی بارش در مکان‌های نمونه‌برداری

حوزهٔ آبخیز مورد نظر همراه با نهشته‌های سخت‌نشدهٔ دوران کواترنر (آبرفت‌های قدیم و جدید، رسوبات زمین‌لغزه‌ها، و مورن‌ها) از سازندها و واحدهای سنگی کند (سازند گچی ائوسن)، دورود، روته، نسن، الیکا، پالند، شمشک، دلیچای، آهک لار، مجموعه سازندهای کرتاسه (مانند تیزکوه)، فجن، زیارت، کرج، و سنگ‌های آتشفشانی تشکیل یافته است. از بین سازندهای موجود، سه سازند با درجهٔ سختی (مقاومت)های کم، متوسط، و زیاد نسبت به فرسایش برای اجرای شبیه‌سازی بارش انتخاب گردیدند [۷]. نحوهٔ تعیین سختی یا مقاومت سنگ‌های تشکیل‌دهندهٔ هر کدام از سازندهای ذکرشده نسبت به فرسایش با استناد به روش پسیاک[1] انجام شد [۵، ۶، ۱۵]. در این روش، نمره‌هایی به سنگ‌ها برای حساسیت آن‌ها در مقابل فرسایش داده شد. دامنهٔ این نمرات بین ۰ ـ ۱۰ متغیر است و سنگ‌ها، بر اساس نوع کانی‌های تشکیل‌دهنده، به سه طبقه تقسیم شدند: به طبقهٔ اول با حساسیت بالا نسبت به فرسایش نمرهٔ ۱۰ تعلق گرفت؛ به طبقهٔ دوم با مقاومت متوسط نمرهٔ ۵؛ و به طبقهٔ سوم با مقاومت کم نمرهٔ صفر تعلق گرفت. کمترین حساسیت به فرسایش متعلق به رخنمون سنگ‌های آهکی و آذرین بود. سازند لار (TRe1) با ترکیبات سنگ‌شناسی سنگ آهک دولومیتی در این گروه قرار گرفت. بیشترین میزان حساسیتْ به واحدهای گچی و مارنی و رسوبات کواترنر تعلق داشت. سازند شمشک (JS) با ترکیبات ماسه‌سنگ میکایی، ماسه‌سنگ رسی، و شیل به طور محلی همراه با زغال سنگ در این گروه قرار گرفت ـ که در عین حال بیشترین درصد پراکنش را در بین سازندهای منطقه داشت. حد متوسط حساسیت به فرسایش مربوط به ترکیبات بینابین با رخنمون شیل سیلتی و شیل توف بوده است. سازند کرج (Ek2ag) با ترکیبات حد واسط TRe1 و JS و ترکیب سنگ‌شناسی توف سبز، شیل توفی، و شیل خاکستری تیره تا سبز همراه با سنگ‌های آتشفشانی در این گروه قرار گرفت. شکل ۱ مکان‌های نمونه‌برداری‌شده در عرصه را نشان می‌دهد.



شکل ۱. مکان‌های نمونه‌برداری در واحدهای سنگی سازندهای زمین شناسی حوزهٔ آبخیز نورود

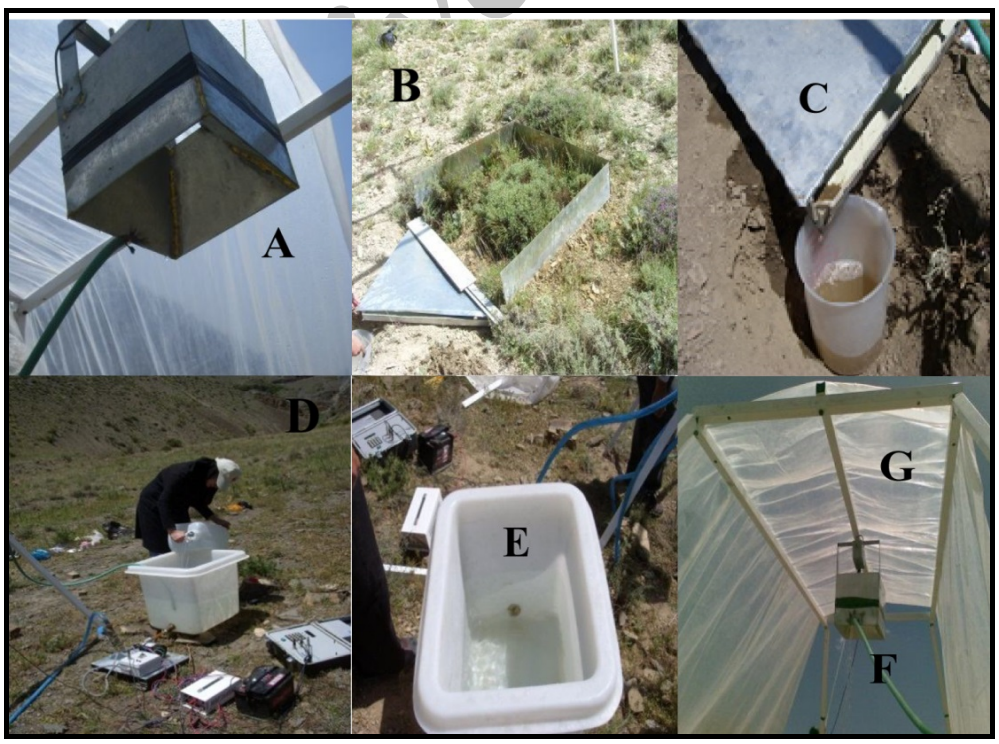
1 .PSIAC

Archive of SID
www.SID.ir

در هر کدام از مکان‌های نمونه‌برداری، ۳ نوع تراکم پوششی ضعیف (کمتر از ۴۰ درصد پوشش تاجی)، متوسط (۴۰ ـ ۷۰ درصد پوشش تاجی)، و خوب (بالای ۷۰ درصد پوشش تاجی) انتخاب شد و بدین ترتیب ۹ تیمار مشخص گردید. در هر تیمار ۳ پلات یک متر مربعی به فواصل یک متر از هم در عرض دامنه نصب شد. با استقرار باران‌ساز در بالای هر کدام از آن‌ها شبیه‌سازی باران انجام گرفت و در مجموع ۲۷ بار شبیه‌سازی باران انجام شد. در هر بار شبیه‌سازی باران و ایجاد بارندگی مصنوعی، ترکیب پوشش گیاهی پلات‌های یک متر مربعی ثبت شدند. پس از هر تکرار بارش، حجم رواناب با اندازه‌گیری مستقیم از طریق استوانهٔ مدرّج و غلظت رسوب به روش فیلتراسیون نمونهٔ بار معلق محاسبه شد.

ویژگی‌های باران‌ساز مورد استفاده

به منظور بررسی تأثیر تراکم پوشش گیاهان مرتعی در تولید رواناب و رسوب از دستگاه باران‌ساز مدل EID 340 استفاده شد. با توجه به اینکه این نوع دستگاه باران‌ساز در ساختار اصلی شرکت سازنده قابل حمل در صحرا نبوده است، بعد از اعمال تغییراتی در بدنه و تجهیزات همراه، با حفظ استاندارد دستگاه اصلی مجدداً به گونه‌ای طراحی شد تا به سهولت بتوان از آن در تعیین فرسایش‌پذیری نهشته‌های سطحی در صحرا استفاده کرد. یکی از نکات مهم در شبیه‌سازی بارش توزیع اندازهٔ قطرات باران مصنوعی و سرعت آن است. در بارندگی طبیعی قطرات با آخرین سرعت به سطح خاک برخورد می‌کنند. از این رو، شبیه‌ساز باران باید قطراتی با اندازه و سرعت کافی ایجاد کند تا شرایط طبیعی را شبیه‌سازی نماید. شدت بارش در این دستگاه به گونه‌ای تنظیم شد که به میانگین شدت بارندگی منطقه نزدیک باشد.



شکل ۲. اجزای اصلی تشکیل‌دهندهٔ باران‌ساز قابل حمل در صحرا

Archive of SID
www.SID.ir

باران‌ساز قابل حمل در صحرا از اجزای اصلی زیر تشکیل شده است: آبپاش یا نازل در ارتفاع ۲٫۳۴ متر از سطح زمین و محفظهٔ جمع‌آوری آب اضافی خارج‌شده از نازل و هدایت آن به داخل مخزن (A)؛ پلات آلومینیومی ۱ متر مربعی از سه سطح با ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر تشکیل شده است که تا عمق حدود ۵ سانتی‌متر در خاک داخل می‌شود تا از خروج رواناب جلوگیری کند (B)؛ آب خارج‌شده از نازل پس از پاشیده‌شدن بر روی این قاب آزمایشی از قسمت خروجی پلات خارج می‌شود (C)؛ سیستم کنترل و برنامه‌ریزی نازل که با ۲ عدد باطری ۱۲ ولتی تغذیه می‌شود (D)؛ سیستم تأمین آب که از یک مخزن پی وی سی ۱۰۰ لیتری تشکیل می‌شود (E)؛ پمپ با جریان ورودی مستقیم که آب را از مخزن به نازل انتقال می‌دهد؛ شیر برقی کنترل‌کنندهٔ میزان جریان آب به سمت نازل؛ فشارسنج برای نشان‌دادن میزان فشار آب خروجی نازل؛ لولهٔ پلاستیکی هدایت آب از مخزن به نازل و بالعکس (F)؛ در نهایت، روکش پلاستیکی بدنهٔ دستگاه به منظور به حداقل رساندن اثر باد بر قطرات آب نازل‌شده از آبپاش (G). شکل ۲ اجزای اصلی تشکیل‌دهندهٔ باران‌ساز قابل حمل در صحرا را نشان می‌دهد.

کالیبره‌نمودن دستگاه باران‌ساز

قبل از بردن باران‌ساز به منطقه، دستگاه کالیبره شد. در پلات یک متر مربعی باران‌ساز ظروف پلاستیکی با حجم مشخص و مدرّج در ۴ ردیف طول و ۴ ردیف عرض قرار گرفت (به گونه‌ای که همهٔ سطح پلات پوشش داده شود). سپس، دستگاه با زوایای مختلف ۳۵، ۴۵، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، و ۹۰، فواصل زمانی ۱۰ دقیقه‌ای، حجم مخزن ۱۰۰ لیتری، و ۳ تکرار در هر زاویه بارش شروع به کار نمود. میانگین عمق بارش و انحراف معیار در هر کدام از زوایای بارش ذکرشده و فواصل زمانی یادداشت شد. شدت بارش دستگاه به گونه‌ای انتخاب گردید که، از یک سو، به میانگین شدت بارندگی منطقه نزدیک باشد و، از سوی دیگر، بتواند حداقلی از رواناب سطحی برای اندازه‌گیری ایجاد کند. بدین منظور، رابطهٔ شدت- مدت- فراوانی[1] با استفاده از روش وزیری به‌دست آمد [۱۲، ۱۷]. شدت بارندگی (میلی‌متر در ساعت) نیز در تداوم‌های مختلف و در دوره‌های بازگشت ۲ تا ۱۰۰ سال با استناد به آمار بارندگی روزانهٔ منطقه (ایستگاه باران‌نگار بلده) طی سال‌های ۱۳۷۰ ـ ۱۳۸۸ تعیین شد. حداکثر شدت بارش ۶۰ دقیقه‌ای در دورهٔ بازگشت ۱۰ ساله حدود ۱۳۰ میلی‌متر بر ساعت مشخص شد [۱، ۴، ۱۳]. با توجه به امکانات تنظیمی، شدت بارش دستگاه باران‌ساز نیز به گونه‌ای تنظیم شد که به شدت بارش منطقه نزدیک باشد. نزدیک‌ترین عدد به شدت بارش منطقه تحت زاویهٔ ۹۰ درجه در مدت ۶۰ دقیقه شبیه‌سازی بارش حدود ۱۲۰ میلی‌متر بر ساعت به‌دست آمد و مبنای تنظیم شدت بارش دستگاه و تولید رواناب قرار گرفت. نمونه‌های رواناب و رسوب جمع‌آوری‌شده به آزمایشگاه منتقل شد و، پس از ته‌نشینی رسوبات، آب روی رسوبات تخلیه شد و رسوبات باقی‌مانده در دستگاه خشک‌کن به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری و پس از خشک‌شدن توزین شد. بدین ترتیب، مقدار رسوب برای هر تکرار آزمایش تعیین شد. در مجموع، با توجه به ۲۷ بار تکرار در ایجاد باران مصنوعی، ۲۷ نمونهٔ خاک و رسوب جمع‌آوری گردید.

تجزیه و تحلیل آماری

مقادیری رواناب و رسوب حاصل از باران‌ساز و ویژگی‌های فیزیکو- شیمیایی خاک منطقه و رسوب

1. idensity, duration, frequency

Archive of SID
www.SID.ir

برای تیمارهای مختلف مرتب شدند. برای ارزیابی اثر تراکم پوشش گیاهی و همچنین اثر توأم مکان نمونه‌برداری و تراکم پوشش بر مؤلفه‌های رواناب و رسوب از تجزیهٔ واریانس به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. در صورت وجود رابطهٔ معنی‌دار بین میانگین سطوح مکان نمونه‌برداری و پوشش گیاهی به تنهایی و اثر متقابل آن‌ها از روش دانکن برای مقایسه استفاده شد.

نتایج

ویژگی‌های سطحی پلات

در جدول ۱، میانگین درصد پوشش تاجی، سنگ و سنگریزه، و خاک لخت در ۳ تکرار برای تراکم پوشش‌های خوب، متوسط، و ضعیف برای هر سازند آمده است. همان طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، میانگین درصد کل پوشش سطحی (پوشش گیاهی، سنگ و سنگ‌ریزه، و لاشبرگ) برای سه حالت تراکم پوشش و در واحدهای سنگی مکان‌های نمونه‌برداری‌شده در عرصه آمده است. میانگین درصد کل پوشش سطحی در واحد سنگی ترکیبات توف سبز، شیل توفی، و شیل خاکستری تیره تا سبز همراه با سنگ‌های آتشفشانی سازند کرج- که در جدول با عنوان طبقهٔ دو از نظر میزان حساسیت به فرسایش به آن اشاره شده است- با کمی اختلاف (۸۴٫۶۸ درصد)، بیشتر از ترکیبات ماسه‌سنگ میکایی، ماسه‌سنگ رسی، و شیل همراه با رگه‌های زغال سنگ سازند شمشک (۸۲٫۳۲ درصد) و سنگ آهک دولومیتی سازند لار (۸۴٫۱۱ درصد) بوده است. واحدهای سنگی سازندهای شمشک و لار در جدول ۱ با عنوان طبقهٔ یک و سه آمده است.

جدول ۱. میانگین درصد پوشش تاجی، خاک لخت، سنگ و سنگریزه، لاشبرگ، و بافت خاک در سازندهای شمشک، کرج، و لار

مکان نمونه‌برداری	درصد کل پوشش سطحی	لاشبرگ	درصد سنگ و سنگریزه	درصد خاک لخت	درصد پوشش گیاهی
سازند شمشک (طبقهٔ یک)					
پوشش خوب	۹۱٫۳۳	۵٫۶۷	۷٫۶۷	۸٫۶۷	۷۸
پوشش متوسط	۸۵٫۳	۱۰٫۶۷	۱۳٫۳۳	۱۴٫۶۷	۶۱٫۳۳
پوشش ضعیف	۷۰٫۳۳	۱۱٫۶۷	۲۴٫۶۷	۲۹٫۶۷	۳۴
سازند کرج (طبقهٔ دو)					
پوشش خوب	۹۵٫۷	۷٫۶	۵	۴٫۳	۸۳
پوشش متوسط	۸۵٫۶۷	۸٫۶۷	۱۲٫۳۳	۱۴٫۳۳	۶۴٫۶۷
پوشش ضعیف	۷۲٫۶۷	۱۳٫۶۷	۲۴٫۶۷	۲۷٫۳۳	۳۴٫۳۳
سازند لار (طبقهٔ سه)					
پوشش خوب	۹۴٫۳۳	۷٫۳۳	۱۱	۵٫۶۷	۷۶
پوشش متوسط	۸۶	۷٫۶۷	۱۴	۱۴	۶۰٫۳۳
پوشش ضعیف	۷۲	۹٫۳۳	۲۹٫۶۷	۲۸	۳۳

Archive of SID

www.SID.ir

درصد ترکیب گیاهی پلات‌های شبیه‌سازی‌شدهٔ بارش

بیشترین درصد ترکیب گیاهان تشکیل‌دهندهٔ پلات‌های مورد بررسی در پوشش ضعیف ترکیبات ماسه‌سنگ میکایی، ماسه‌سنگ رسی، و شیل همراه با رگه‌های زغال سنگ سازند شمشک گیاهانی چون Cirsium vulgare(Savi) Ten. و در پوشش متوسط و خوب Artemisia sieberi و Astragalus gossypinus Fisch. غالب بوده است. در سنگ آهک دولومیتی سازند لار گیاهانی چون Bromus tomentellus Boiss.p.، Artemisia sieberi و درختان و درختچه‌های پراکنده مثل Draba aucheri Bissi و Juniperus excels M.B. مشاهده گردید. در واحد سنگی ترکیبات توف سبز، شیل توفی، و شیل خاکستری تیره تا سبز همراه با سنگ‌های آتشفشانی سازند کرج Oryzopsis holciformis (M.B.) Hack P. گون و درمنه غالب بودند.

حجم رواناب و غلظت رسوب در سازندهای مورد مطالعه

جدول ۲ مقادیر میانگین حجم رواناب و حجم و وزن رسوب در مکان‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بیشترین مقدار حجم رواناب و حجم و وزن رسوب مربوط می‌شود به ترکیبات ماسه‌سنگ میکایی، ماسه‌سنگ رسی، و شیل همراه با رگه‌های زغال سنگ سازند شمشک. و پس از آن واحد سنگی ترکیبات توف سبز، شیل توفی، و شیل خاکستری تیره تا سبز همراه با سنگ‌های آتشفشانی سازندهای کرج و سنگ آهک دولومیتی سازند لار از مقادیر کمتری برخوردار بودند.

تجزیهٔ واریانس اثر پوشش گیاهی در مکان‌های نمونه‌برداری‌شده بر حجم و وزن رسوب

نتایج حاصل از تجزیهٔ واریانس (جدول ۳) نشان داد که اختلاف بین حجم رواناب در مکان‌های مورد مطالعه (واحدهای سنگی سازندهای زمین‌شناسی) معنی‌دار نشد. میانگین حجم و وزن رسوب در مقادیر مختلف پوشش گیاهی در سطح یک درصد معنی‌دار بوده است. همچنین، میانگین حجم و وزن رسوب در سطح ۵ درصد در واحدهای سنگی سازندهای مختلف زمین‌شناسی اختلاف معنی‌دار داشته است.

جدول ۲. میانگین حجم و غلظت رسوب در سازندهای مورد مطالعه

سازند زمین‌شناسی	میانگین حجم رواناب (سی سی/متر مربع)	میانگین حجم رسوب (سی سی/ مترمربع)	میانگین مقدار رسوب (گرم/ متر مربع)
سازند شمشک	۹۳۸۶٫۸۳	۹۰٫۰۵	۱۰۷٫۱۲
سازند کرج	۴۷۱۰٫۲۲	۲۹٫۲۲	۳۰٫۶۳
سازند لار	۹۲۷۳٫۸۳	۲۳٫۷۲	۲۲٫۴۵

جدول ۳. نتایج تجزیهٔ واریانس اثر سازندهای زمین‌شناسی و گرادیان پوشش گیاهی بر حجم رواناب و حجم و وزن رسوب

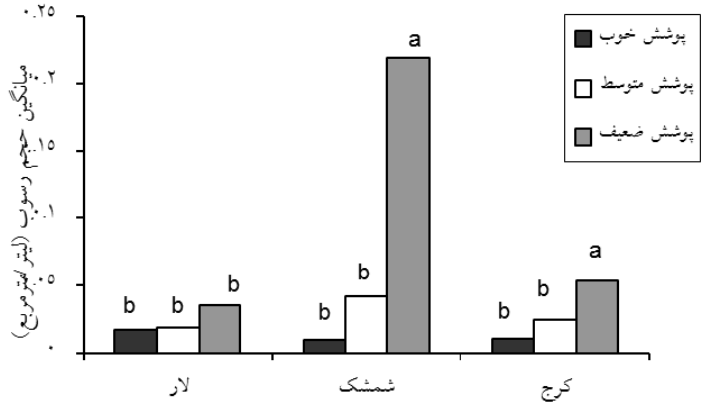
منابع تغییر	درجهٔ آزادی	حجم رواناب (لیتر)	حجم رسوب (لیتر)	وزن رسوب (گرم در لیتر)
مکان نمونه‌برداری	۲	۱٫۷۷^{ns}	۴٫۲*	۴٫۶۴*
اثر پوشش گیاهی	۲	۱٫۷۸^{ns}	۷٫۰۱**	۷٫۱۳**
اثر متقابل مکان نمونه‌برداری و پوشش گیاهی	۴	۰٫۶۶^{ns}	۳٫۲۱**	۳٫۹۶*
خطا	۱۸	-	-	-

اعداد جدول مقادیر F است که معنی‌داری آن با * (در سطح ۵ درصد)، ** (در سطح یک درصد)، و ns (عدم معنی‌داری) مشخص شده است.

Archive of SID
www.SID.ir

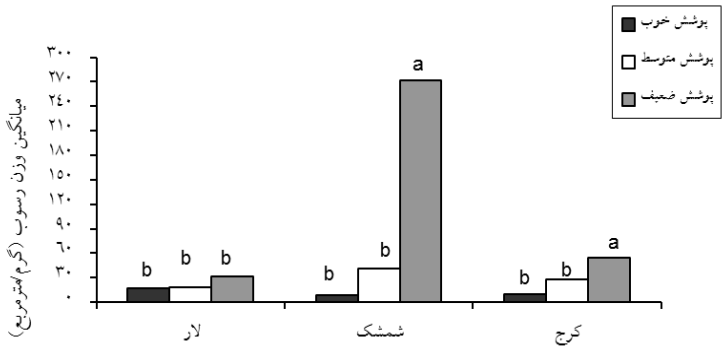
مقایسهٔ میانگین‌ها به روش دانکن نشان داد که در واحد سنگی سنگ آهک دولومیتی سازند لار میانگین حجم و غلظت رسوب در مقایسه با دو سازند دیگر از کمترین مقدار برخوردار بوده است (جدول ۲). میانگین حجم رسوب نیز، مطابق با شکل ۳، در گرادیان‌های پوشش گیاهی (خوب، متوسط، و ضعیف) سازند شمشک بیشتر از واحد سنگی ترکیبات توف سبز، شیل توفی، و شیل خاکستری تیره تا سبز همراه با سنگ‌های آتشفشانی سازند کرج و سنگ آهک دولومیتی سازند لار است. در واحد سنگی ترکیبات ماسه‌سنگ میکایی، ماسه‌سنگ رسی، و شیل همراه با رگه‌های زغال سنگ سازند شمشک بیشتر از واحد سنگی ترکیبات توف سبز، شیل توفی، و شیل خاکستری تیره تا سبز همراه با سنگ‌های آتشفشانی سازند کرج و سنگ آهک دولومیتی سازند لار است. در ترکیبات ماسه‌سنگ میکایی، ماسه‌سنگ رسی، و شیل همراه با رگه‌های زغال سنگ نیز میانگین وزن رسوب در پوشش ضعیف بیشتر از متوسط و خوب بوده است. در مقایسه با دو سازند دیگر از حجم رواناب و غلظت رسوب بیشتری برخوردار بوده است (شکل ۴). در سنگ آهک دولومیتی سازند لار نیز میانگین وزن رسوب در پوشش ضعیف بیشتر از متوسط و خوب بوده است. در مقایسه با دو سازند دیگر از حجم رواناب و غلظت رسوب متوسط برخوردار بوده است (شکل ۴). میانگین وزن رسوب، مطابق با شکل ۴، در گرادیان‌های پوشش گیاهی (خوب، متوسط، و ضعیف) سازند شمشک بیشتر از سازندهای کرج و لار است.

مقایسهٔ میانگین‌ها به روش دانکن نشان داد که در واحد سنگی سنگ آهک دولومیتی سازند لار میانگین



شکل ۳. مقایسهٔ میانگین حجم رسوب مقادیر مختلف پوشش گیاهان مرتعی در واحدهای سنگی سازندهای زمین‌شناسی

Archive of SID
www.SID.ir



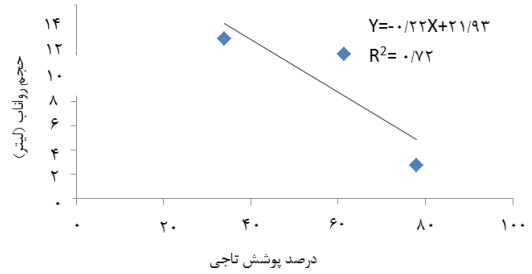
شکل ٤. مقایسهٔ میانگین وزن رسوب مقادیر مختلف پوشش گیاهان مرتعی در واحدهای سنگی سازندهای زمین‌شناسی

نتایج حاصل از تأثیر تغییر تراکم پوشش گیاهی بر وزن و حجم رسوب

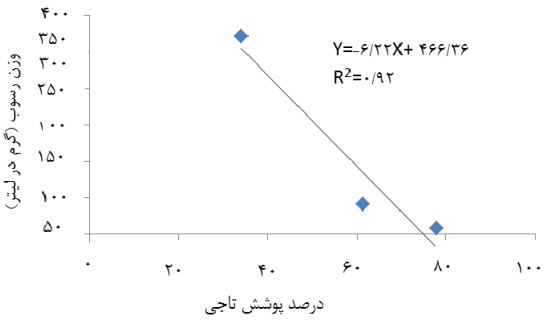
در ترکیبات ماسه‌سنگ میکایی، ماسه‌سنگ رسی، و شیل همراه با رگه‌های زغال سنگ سازند شمشک (طبقهٔ اول از نظر حساسیت به فرسایش) با افزایش میانگین درصد پوشش تاجی در پلات‌های انداخته‌شده حجم رسوب کاهش یافته است و بین تغییرات درصد پوشش تاجی و حجم و وزن رسوب رابطهٔ عکس و قوی مشاهده شد R2=۰/۷۲ و R2=۰/۹۲ (شکل ۵ و ۶).

در واحد سنگی ترکیبات توف سبز، شیل توفی، و شیل خاکستری تیره تا سبز همراه با سنگ‌های آتشفشانی سازند کرج (طبقهٔ دوم از نظر حساسیت به فرسایش) نیز با افزایش میانگین درصد پوشش تاجی در پلات‌های انداخته‌شده حجم رسوب کاهش یافته است و ارتباط معنی‌داری بین تغییرات درصد پوشش تاجی و حجم و وزن رسوب مشاهده شد R2= ۰/۸۳ و R2=۰/۷۹ (شکل ۷ و ۸).

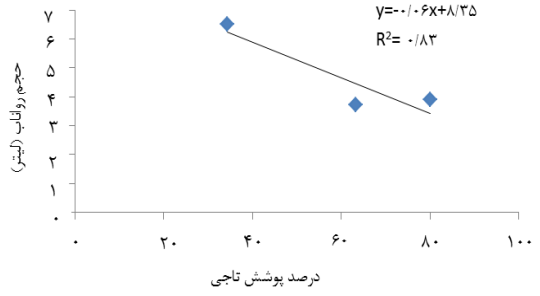
در واحد سنگی سنگ آهک دولومیتی سازند لار (طبقهٔ سوم از نظر حساسیت به فرسایش) با افزایش درصد پوشش تاجی در پلات‌های انداخته‌شده حجم رسوب کاهش یافته است و بین تغییرات درصد پوشش تاجی و حجم و وزن رسوب رابطهٔ عکس و قوی مشاهده شد R2=۰/۹۸ و R2=۰/۹۲ (شکل ۹ و ۱۰).



شکل ۵. رابطهٔ بین پوشش تاجی و حجم رسوب در طبقهٔ اول

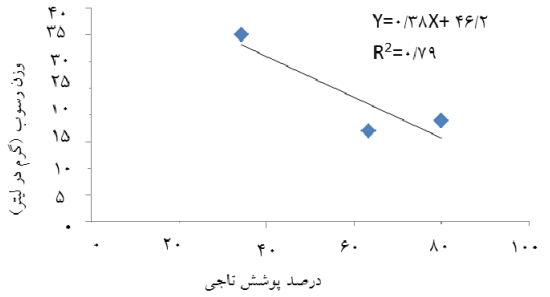


شکل ٦. رابطهٔ بین پوشش تاجی و وزن رسوب در طبقهٔ اول

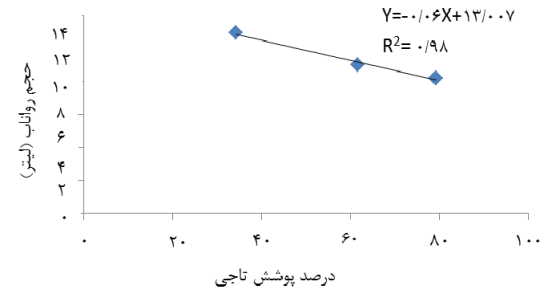


شکل ۷. رابطهٔ بین پوشش تاجی و حجم رسوب در طبقهٔ دوم

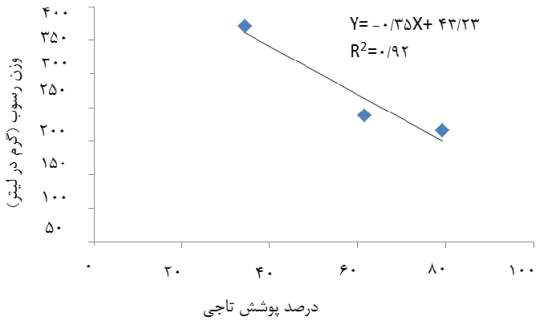
Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۸. رابطهٔ بین پوشش تاجی و حجم رسوب در طبقهٔ دوم



شکل ۹. رابطهٔ بین پوشش تاجی و حجم رسوب در طبقهٔ سوم



شکل ۱۰. رابطهٔ بین پوشش تاجی و وزن رسوب در طبقهٔ سوم

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج بررسی ویژگی‌های سطحی پلات‌ها نشان داد که درصد کل پوشش سطحی واحد سنگی ترکیبات توف سبز، شیل توفی، و شیل خاکستری تیره تا سبز همراه با سنگ‌های آتشفشانی سازند کرج با مقاومت متوسط نسبت به فرسایش با کمی اختلاف بیشتر از بقیه بوده است. ترکیبات ماسه‌سنگ میکایی، ماسه‌سنگ رسی، و شیل همراه با رگه‌های زغال سنگ سازند شمشک نیز با بیشترین میزان حجم رواناب و رسوب از کمترین میزان درصد پوشش سطحی برخوردار بوده است.

نتایج نشان داد که مقادیر مختلف پوشش گیاهی و سازندهای زمین‌شناسی با استفاده از باران‌ساز هر یک به تنهایی بر مؤلفه‌های حجم و وزن رسوب اثر معنی‌داری داشتند. همچنین، اثر متقابل بین مقادیر مختلف درصد پوشش گیاهی و سازندهای زمین‌شناسی نیز معنی‌دار بوده است. این نتیجه با یافته‌های برخی از محققان، مبنی بر وجود رابطهٔ معنی‌دار بین مؤلفه‌های نام‌برده با فرم رویشی و درصد پوشش گیاهی، همخوانی دارد [۳، ۹، ۱۶]. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که ترکیبی از فرم و درصد پوشش تعیین‌کنندهٔ مقدار بار رسوب است. این موضوع بر اهمیت تأثیر ترکیبی آن‌ها در موفقیت اجرای پروژه‌های بیولوژیک حفاظت خاک در مراتع تأکید می‌کند.

مقادیر حجم رواناب و حجم و وزن رسوب (جدول ۲) در واحدهای سنگی سازندهای بررسی‌شده ارائه گردید. بر اساس آن، کمترین حجم و وزن رسوب و حجم رواناب مربوط بوده است به سنگ آهک دولومیتی سازند لار (با مقاومت خوب نسبت به فرسایش)، مقدار متوسط مربوط به ترکیبات توف سبز، شیل توفی، و شیل خاکستری تیره تا سبز همراه با سنگ‌های آتشفشانی سازند کرج (با حساسیت متوسط). و بالاترین مقدار مربوط بوده است به ترکیبات ماسه‌سنگ میکایی، ماسه‌سنگ رسی، و شیل همراه با رگه‌های زغال سنگ سازند شمشک (با حساسیت زیاد نسبت به فرسایش)ـ که با نتایج برخی پژوهشگران مطابقت دارد [۵، ۶، ۱۴].

جدول تجزیهٔ واریانس نشان داد که مقادیر مختلف تراکم پوشش گیاهان مکان‌های نمونه‌برداری‌شده بر حجم رواناب اثر معنی‌داری نداشتند. در مقابل، اثر این دو فاکتور و همچنین اثر متقابلشان بر حجم و وزن رسوب معنی‌دار شد.

Archive of SID
www.SID.ir

مقایسهٔ میانگین درصد پوشش گیاهی در تراکم خوب، متوسط، و ضعیف بر حجم و وزن رسوب واحدهای سنگی سازندهای شمشک و کرج به روش دانکن نشان داد که غلظت رسوب در پوشش گیاهی خوب به طور معنی‌داری از همه کمتر و در پوشش گیاهی ضعیف مخصوصاً واحد سنگی سازند شمشک بیشتر بوده است. در واحد سنگی سنگ آهک دولومیتی سازند لار بین سه میزان تراکم پوششی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در عین حال، رابطهٔ رگرسیونی مربوط به تأثیر پوشش تاجی در سنگ آهک دولومیتی سازندهای لار، ترکیبات ماسه‌سنگ میکایی، ماسه‌سنگ رسی، و شیل همراه با رگه‌های زغال سنگ شمشک و ترکیبات توف سبز، شیل توفی، و شیل خاکستری تیره تا سبز همراه با سنگ‌های آتشفشانی کرج در شکل‌های ۵ تا ۱۰ نشان داد که رابطهٔ رگرسیونی قوی و منفی بین دو متغیر پوشش گیاهی و حجم و وزن رسوب وجود داشته است. واحد سنگی سازند شمشک در منطقهٔ مورد بررسی شامل مجموعه‌ای است از ماسه‌سنگ سیلیستون، شیل، و کلی استون با پتانسیل فرسایش‌پذیری بالا که در بین لایه‌های رسوبی واحدهای ماسه‌سنگ، شیل، رس، کنگلومرا، و ... تشکیل شده است. این واحدها باعث می‌شوند که خاک‌های کم‌عمقی تشکیل شود و بستر مناسبی برای رویش گونه‌های شورپسند از نوع Peganum harmala، Salsola rali، Chenopodium، و Alhagi persarum فراهم شود که با مطالعات برخی پژوهشگران مطابقت دارد [۳، ۸]. این نوع گیاهان مقاومت چندانی به جلوگیری از هدررفت خاک از خود نشان نمی‌دهند؛ به گونه‌ای که با افزایش میانگین پوشش گیاهی در پلات‌های انداخته‌شده در ترکیبات توف سبز، شیل توفی، و شیل خاکستری تیره تا سبز همراه با سنگ‌های آتشفشانی سازند کرج و سنگ آهک دولومیتی سازندهای لار، ترکیبات ماسه‌سنگ میکایی، ماسه‌سنگ رسی، و شیل همراه با رگه‌های زغال سنگ شمشک حجم و وزن رسوب به طور معنی‌داری کاهش یافته است. در سنگ آهک دولومیتی سازند لار، با میان‌لایه‌های سنگ آهک از لحاظ لیتولوژی، شامل آهک‌های نازک لایهٔ میکریتی تا توده‌ای، ولی متراکم با رنگ خاکستری روشن است که هرچند لایه‌های کم‌عمقی ایجاد می‌نماید، بستر مناسبی است برای رشد گونه‌های سازگار به آن. از این رو، خاک از نوع لومی فراهم آورده است که مقاومت بیشتری نسبت به فرسایش دارند. در ترکیبات توف سبز، شیل توفی، و شیل خاکستری تیره تا سبز همراه با سنگ‌های آتشفشانی سازند کرج نیز حد واسط این دو نوع واحدهای سنگی مشاهده شد. خاک‌های نسبتاً عمیق با گونه‌های غالب درمنه، گون، و اسپرس که از گونه‌های خوب حفاظت خاکی محسوب می‌شوند. دلیل آن این است که در خاک عاری از پوشش گیاهی مقدار درخور توجهی از ذرات خاک با قطرات باران شسته می‌شوند و مقدار غلظت رسوب را به مقدار زیادی در مقایسه با اراضی حاوی پوشش گیاهی بالا می‌برند. این نتیجه با یافته‌های برخی محققان مطابقت دارد [۸، ۹، ۱۶].

نتیجهٔ نهایی این تحقیق بر وجود رابطهٔ معنی‌دار درصد پوشش گیاهی بر ایجاد رواناب و رسوب در مکان‌های نمونه‌برداری‌شده با حساسیت‌های متفاوت به فرسایش تأکید می‌کند. یافته‌های این تحقیق نشان داد که با افزایش مقدار پوشش گیاهی در مکان‌های مورد مطالعه هدررفت خاک کاهش می‌یابد و این رابطه خطی و معکوس بوده و دلیل آن تأثیر متقابل و معنی‌دار درصد پوشش گیاهی و نوع سازند زمین‌شناسی است. نتایج مطالعات سایر محققان نیز نشان داده است که، علاوه بر تأثیر درصد پوشش گیاهی، ترکیب گیاهان از نظر نوع پوشش نیز می‌تواند

Archive of SID

www.SID.ir

نقش مؤثری در حفاظت خاک داشته باشد؛ به گونه‌ای که گیاهان چندساله، درختان، و درختچه‌های پراکنده در منطقه، که به‌ویژه در واحد سنگی سنگ آهک دولومیتی سازند لار مشاهده شد، نقش مؤثری در حفاظت خاک داشته است [۸، ۱۶]. بنابراین، می‌توان به نقش متقابل حفاظتی درصد و نوع پوشش گیاهی در خاک‌ها بر ایجاد فرسایش پی برد. به این ترتیب که ترکیبات سنگ‌شناختی متفاوت مکان‌های نمونه‌برداری‌شده به ایجاد گیاهانی با مقاومت متفاوت نسبت به فرسایش منجر می‌شوند که در پروژه‌های حفاظتی و مدیریتی در مرتع نقش مهم حفاظتی ایفا می‌کنند.

Archive of SID

www.SID.ir

References

[1] Angulo-Martínez, M. and Beguería, S. (2009). Estimating rainfall erosivity from daily precipitation records: A comparison among methods using data from the Ebro Basin (NE Spain). *Journal of Hydrol*, 379, 111-121.

[2] Arna´eza, J., Larreab, V. and Ortigosa, L. (2004). Surface runoff and soil erosion on unpaved forest roads from rainfall simulation tests in northeastern Spain. *Catena*, 57 (2):1 –14.

[3] Cerda, A. (1999). Parent material and vegetation affect soil erosion in eastern Spain. Soil Science Society of America, *Journal of Soil Science Society of America*, 63: 362-368.

[4] Daly, Ch. and Taylor G.H. (2002). Development of New Spatial Grids of R-factor and 10-yr EI30 for the Conterminous United States. *Oregon State University Corvallis press*, pp.2-40.

[5] Feiznia, S. (1995). Resistance of stones to erosion in different climates of Iran. *Iranian Journal of natural resources*, 47, 95-116.

[6] Feiznia, S., Sharifi, F. and Zare, M. (2003). Sensibility of formations to erosion in Chandab watershed basin of Varamin. *Journal of Pajoohesh and Sazandegi*, 61, 33-38.

[7] Hadian, M.A., Soleimani, K. and Habibnejad, M. (2007). Genetic classification of stone units to erosion (Case study: Nour-rood Watershed basin). 5Th congress of geology engineering and environment of Iran, pp. 22-23.

[8] Hasanzade, N.M., Feiznia, S., Ahmadi, H., Peirovan, H.R. and Ghaumian, J. (2008). Investigation the effects of phisyco-chemichal carecreteristics of Marns on sediment yield using rainfall simulator. *Journal of geological society of Iran*, 1, 35-48.

[9] Morgan, R.P.C., McIntyre, K., Vickers, A.W., Quinton, J.N. and Rickson, R.J. (1997). A rainfall simulation study of soil erosion on rangeland in Swaziland. *Journal of Soil Technology*, 11, 291-299.

[10] Najafian, L., Kavian, A., Ghorbani, J., Tamartash, R. (2010). Effect of life form and vegetation cover on runoff and sediment yield in rangelands of Savadkooh region, Mazandaran. *Journal of Rangeland*, 2, 334-347.

[11] Rastgar, SH. (2013). Estimating and Comprising the Economic Value of Forage Production and Soil Conservation Functions of Range Vegetation, Ph.D thesis. *University of Agricultural Sciences & Natural Resources of Gorgan*, 158p.

[12] Renard, K.G. (1985). Rainfall simulators and USDA erosion research. Predicting of the rainfall simulator workshop. *Society of Range Mangement, Denver, Tuscan, Arizona*, pp. 3-6 .

[13] Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K. and Yoder, D.C. (1997). Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). U.S. Department of Agriculture, *Agriculture Handbook*, pp. 404.

[14] Sheikh Rabiee, M.R., Feiznia, S. and Peirovan, H. (2011). Investigation of runoff and soilloss in unitworks of Hiv watershed basin, comparison on scale of rainfall simulator. *Journal of Geo Science*, 20, 57-62.

[15] Sheklabadi, M., Khademi, H, and Charkhabi, A. (2003). Yeilding Runoff and sediment in different parent material soils in Golabal watershed basin, Ardestan. *Journal of Science and technology of Agriculture and Natural Resources*, 7, 85-100.

[16] Snelder, D.J. and Bryan R.B. (1995). The use of rainfall simulation tests to assess the influence of vegetation density on soil loss on degraded rangelands in the Baringo district, Kenya. *Catena*, 25 (1-4), 105-116.

[17] Vaziri, F. (1984). Analysis of scats in different points of Iran. Jahade-Daneshgahi Khaje-Nasireddine-Toosi, *Plan and Research Unit press*.

Archive of SID

www.SID.ir