



دانشگاه گواران

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و هفتم، شماره پنجم، ۱۳۹۹

۱۸۵-۲۰۰

<http://jwsc.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwsc.2020.17799.3338

مقاله کامل علمی - پژوهشی

نقش پوشش گیاهی در پایداری دامنه‌های واریزه‌ای (مطالعه موردی: جاده توسکستان - چهارباغ استان گلستان)

حمزه محسنی پور صومعه‌سرائی^۱، * علی نجفی‌نژاد^۲، محسن حسینعلی‌زاده^۳

محمد رحیم فروزه^۴ و آیدین پارساخو^۵

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۲ دانشیار گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۳ دانشیار گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۴ دانشیار گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۵ استادیار گروه مدیریت مرتع، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۶ استادیار گروه جنگل‌داری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۱۶

چکیده

سابقه و هدف: یکی از مشکلاتی که بشر به دلیل سوء مدیریت و بهره‌برداری بی‌رویه از منابع موجود با آن مواجه بوده، ناپایداری دامنه‌های واریزه‌ای می‌باشد. مشکلاتی که در بیش‌تر مواقع به واسطه ناپایداری دامنه حاصل می‌شود شامل سوانح ناگوار در جاده‌ها، مسدود شدن راه‌ها و خسارت مالی و جانی می‌باشد. روش‌های متنوعی جهت تثبیت دامنه‌های ناپایدار وجود دارد. یکی از این روش‌ها، استفاده از پوشش گیاهی به دلیل ویژگی‌هایی مانند قابلیت‌های مهندسی زیستی، مسائل اقتصادی، خواص زیست فنی و دوام بالا، خود ترمیمی، خود تجدیدی و فاقد اثرات منفی بر محیط‌زیست در پایداری دامنه‌ها می‌باشد. هدف از مطالعه حاضر بررسی نقش گونه‌های گیاهی در پایداری دامنه‌های واریزه‌ای جاده توسکستان-چهارباغ به‌عنوان یک رویکرد مهندسی زیستی است.

مواد و روش‌ها: ابتدا پس از شناسایی منطقه، در ۳۵ موقعیت (۱۴ دامنه پایدار و ۲۱ دامنه واریزه‌ای) نمونه‌برداری از گیاه و خاک انجام شد. نمونه‌برداری ریشه در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری گونه‌های غالب هر دامنه صورت گرفت. نمونه‌برداری خاک در عمق ۰-۲۰ سانتی‌متری انجام شد. تراکم و درصد تاج پوشش گیاهی در مناطق مرتعی و جنگلی به‌ترتیب با پلات‌های ۱ مترمربعی شکل و ۱۰۰ مترمربعی دایره‌ای شکل اندازه‌گیری شد. برخی از خصوصیات خاک شامل (مقاومت برشی، چسبندگی، زاویه اصطکاک داخلی، رطوبت، پایداری خاکدانه، شیب، منحنی دانه‌بندی) و مقاومت کششی ریشه گونه‌های غالب در برخی دامنه‌ها اندازه‌گیری شد. این پژوهش در قالب آزمون t مستقل در نرم‌افزار SAS مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج این پژوهش نشان داد که میانگین مقادیر پارامترهای مقاومت برشی، چسبندگی، زاویه اصطکاک داخلی، رطوبت، پایداری خاکدانه، شیب و مقاومت کششی ریشه به‌ترتیب در دامنه‌های پایدار و واریزه‌ای برابر با:

* مسئول مکاتبه: najafinejad@gmail.com

۰/۱۷۳۹-۰/۸۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع، ۰/۰۹۹۶-۰/۰۹۹۹ کیلوپاسکال، ۰/۹۲۸-۱۱/۰۷۱ درصد، ۰/۴۳۴۳-۰/۴۵۸۸، ۳۵/۵-۴۳ درصد و ۱۰۸/۹۳-۱۸۳/۳۴ مگاپاسکال است. هم‌چنین پوشش گیاهی اثر معنی‌دار بر پارامترهای مقاومت برشی خاک، چسبندگی خاک، زاویه اصطکاک داخلی، رطوبت، پایداری خاکدانه، شیب، ذرات درشت‌دانه و ریزدانه و مقاومت کششی ریشه در سطح ۵ درصد داشته است. از طرفی تراکم و درصد تاج پوشش گیاهی در دامنه‌های پایدار بیش‌تر از دامنه‌های واریزه‌ای بوده است. گونه‌های غالب مرتعی (*Melica persica*) و (*Astragalus sp*) در دامنه‌های پایدار و گونه (*Tussilago farfara*) در دامنه‌های واریزه‌ای بوده است. از طرفی، گونه غالب جنگلی درختی (*Carpinus betulus*) در دامنه‌های پایدار و گونه درختچه‌ای (*Rubus sp*) در دامنه‌های واریزه‌ای بوده است. گونه‌های (*Melica persica*) و (*Astragalus sp*) با بیش‌ترین میانگین تراکم گیاهان گراس و بوته‌ای مرتعی و بیش‌ترین میانگین درصد تاج پوشش و هم‌چنین گونه درختی (*Carpinus betulus*) با بیش‌ترین تراکم و درصد تاج پوشش جنگلی، بیش‌ترین تأثیر را بر پایداری دامنه‌ها و حفاظت خاک داشته‌اند. از طرفی گونه (*Crataegus monogyna*) با بیش‌ترین میانگین تراکم گیاهان درختچه‌ای و بیش‌ترین میانگین درصد تاج پوشش، بیش‌ترین تأثیر را بر ناپایداری دامنه‌ها داشته است.

نتیجه‌گیری: پوشش گیاهی با تراکم و درصد تاج پوشش بالا، موجب افزایش مقاومت برشی، زاویه اصطکاک داخلی، درصد ذرات درشت‌دانه، رطوبت خاک، مقاومت کششی و منجر به کاهش چسبندگی، درصد ذرات ریزدانه، پایداری خاکدانه و شیب در دامنه‌های پایدار نسبت به دامنه‌های واریزه‌ای شده، در نتیجه پوشش گیاهی به‌عنوان راهکار مهندسی زیستی، تثبیت دامنه‌های واریزه‌ای را به دنبال داشته است.

واژه‌های کلیدی: پایداری دامنه، پوشش گیاهی، دامنه واریزه‌ای، مقاومت کششی ریشه، مهندسی زیستی

مقدمه

در طی چند قرن گذشته با افزایش جمعیت و پیشرفت بشر میزان بهره‌برداری و بهره‌وری انسان از منابع طبیعی نیز چندین برابر شده و روزبه‌روز تخریب بیش‌تری در طبیعت صورت می‌گیرد (۲۶). از جمله پدیده‌هایی که در ایران و در بسیاری از نقاط جهان به‌وفور دیده می‌شود، وقوع ناپایداری‌های دامنه‌های کنار جاده‌ای است (۲۳). هم‌چنین ناپایداری دامنه خسارات و مشکلاتی مانند افزایش هزینه ساخت جاده، افزایش هزینه نگهداری و تعمیرات، اختلال در حمل‌ونقل و بالا بردن خسارات به ماشین‌ها را به وجود می‌آورد (۲۰). واریزه‌ها، سطوح سنگی و منفصل در سطح دامنه‌ها و آبراهه‌ها هستند که بر روی

شیب و جهت‌های مختلفی توزیع شده و طبقات شیب، جهت و ارتفاع از عوامل مؤثر در پراکنش مکانی آن‌ها محسوب می‌شوند (۲). در محدوده‌های کوهستانی علت بروز خطرات ناشی از جابجایی واریزه‌ها در گذشته بیش‌تر تأثیرات ناشی از اقلیم بوده، اما امروزه دست‌کاری دامنه‌ها توسط انسان با انجام انواع فعالیت‌ها، به‌ویژه فعالیت‌های معدنی و احداث جاده‌ها، عامل اصلی وقوع این پدیده‌هاست (۴). یکی از راهکارهای مؤثر در کاهش میزان لغزش در مکان‌های مستعد لغزش و افزایش پایداری دامنه‌ها، استفاده از پوشش‌های گیاهی به‌عنوان مصالح زیستی به‌منظور تثبیت این‌گونه مناطق است (۱۳). مزایای پوشش گیاهی در روش مهندسی زیستی شامل استفاده

برزیل پرداختند و بیان نمودند که در خاک‌های ماسه‌ای ریشه‌ها منجر به افزایش مقدار چسبندگی ۲۳۴ درصدی شده، درحالی‌که در خاک‌های رسی عمدتاً با افزایش مقدار چسبندگی ۳۲ درصدی و زاویه اصطکاک داخلی ۱۴/۴ درصدی همراه بوده است (۱۴). شایان یگانه و همکاران (۲۰۱۶)، به بررسی تأثیر بیوژنومورفولوژیکی دامنه‌های واریزه‌ای بر پوشش گیاهی دامنه شمالی ارتفاعات جغتای سبزوار پرداختند و نشان دادند که همان‌گونه که تالوس بر رشد و انتقال گیاه تأثیر می‌گذارد درختان نیز به‌صورت زنده یا خشک مانع حرکت سریع واریزه‌ها شده‌اند (۲۲). احمدی (۲۰۱۷)، به بررسی اثر ویژگی‌های مورفومتری در پراکنش سطوح واریزه‌ای ناهمواری آتشگاه در جنوب شهرستان پاوه استان کرمانشاه پرداختند و بیان کردند که اثر عامل شیب، میزان آفتاب‌گیری و جهت دامنه نسبت به سایر طبقه‌ها در پراکنش واریزه بیش‌تر است (۲). با توجه به مرور منابع انجام‌گرفته مشخص گردید که گیاهان با مقاومت کششی ریشه نسبتاً زیاد و اصطکاک به وجود آمده بین خاک و ریشه، سبب افزایش مقاومت برشی، بهبود پایداری خاکدانه و مسلح‌سازی خاک می‌شود. از آن‌جایی‌که معضلات منطقه مورد مطالعه شامل جاده‌سازی در مناطق جنگلی و کوهستانی، تغییر کاربری اراضی، احداث دیواره‌های خاک‌برداری متعدد، انفجار کوه برای رفع موانع جاده و لرزش‌های ناشی از کوبیدن زمین بوده که منجر به افزایش تنش‌های برشی، ایجاد ناپایداری دامنه، وقوع حوادث ناگوار با خسارات مالی و جانی متعدد و تخریب جنگل‌های منطقه در شیروانی‌های جاده‌ای گردیده است و از طرفی با توجه به مطالعات و پژوهش‌های اندک در زمینه پایداری دامنه‌های واریزه‌ای در استان گلستان، در این پژوهش به بررسی نقش پوشش

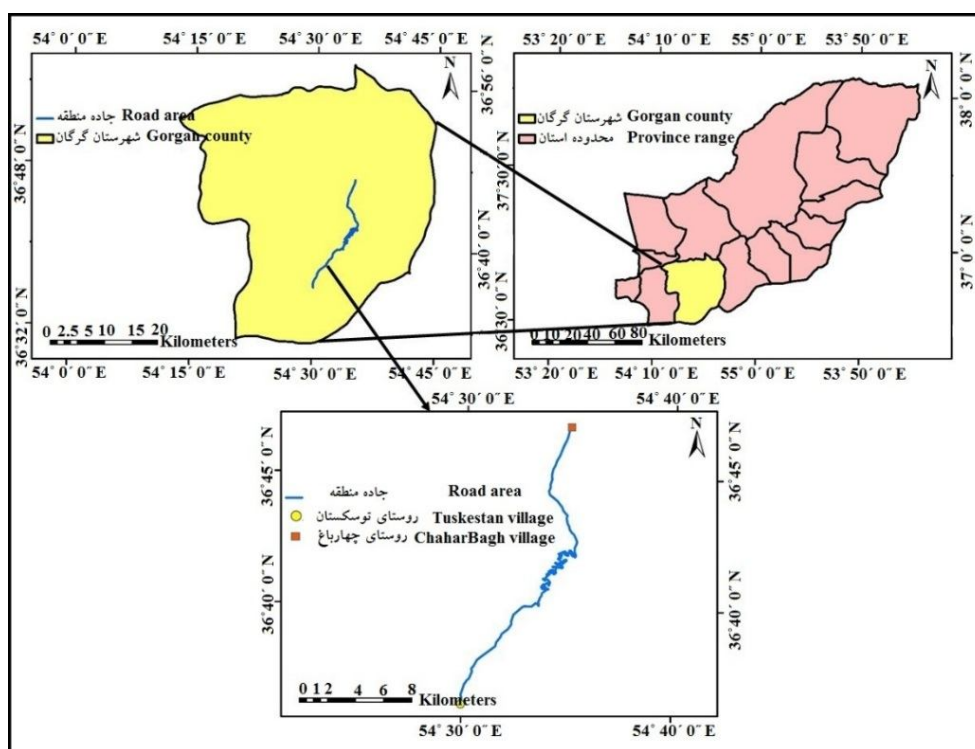
از درختان بومی به‌دلیل سازگاری با شرایط محیطی منطقه (۱)، کاهش ترک‌های کششی خاک دامنه ناشی از حضور ریشه به‌دلیل داشتن خاصیت کشسانی و مقاومت کششی بالا، کاهش فرسایش و افزایش ضریب پایداری شیب دامنه به‌علت افزایش مقاومت برشی خاک (۱)، تثبیت دامنه‌ها با پوشش گیاهی چندمنظوره و نسبتاً ارزان‌قیمت (۵) و افزایش پایداری دامنه‌ها و بهبود شرایط هیدرولوژیک خاک است (۸). در این زمینه مطالعاتی در داخل و خارج کشور صورت گرفته است. سادزویکیوس و همکاران (۲۰۱۹)، به بررسی مدل‌سازی پایداری دامنه تپه آلکوتاس در ایالت کانزاس پرداختند و گزارش کردند که علل اصلی تخریب دامنه‌ها، فعالیت‌های انسانی (لرزش‌های ناشی از انفجار، ماشین‌آلات، جاده‌ها و بارگیری شیب دامنه) و پوشش گیاهی بوده و درنهایت با کاهش مقاومت برشی خاک، پایداری دامنه کاهش می‌یابد (۱۹). متشرعی و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که پوشش گیاهی به واسطه مسطح نمودن خاک به‌وسیله تبدیل تنش برشی در خاک به مقاومت کششی توسط ریشه‌ها، کاهش رطوبت خاک از طریق تبخیر و تعرق توسط ریشه و شاخ و برگ منجر به افزایش پایداری دامنه شده که با نتایج حاصل از این پژوهش همخوانی دارد (۱۸). شریعت‌جعفری (۲۰۱۴) نشان داد که سیستم ریشه‌ای گونه جنگلی کلهو یا خرمندی (*Lotus diospyros*) باعث افزایش چسبندگی و مقاومت برشی خاک به‌ترتیب به بیش از ۲۰۷ و ۳۵۰ درصد شده و این فرآیند نقش مؤثری در مقاوم‌سازی خاک و کنترل فرسایش توده‌ای به‌ویژه زمین‌لغزش‌های کم‌عمق دارد که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (۲۱). مافرا و همکاران (۲۰۱۹)، به بررسی تأثیر ریشه‌ها در مقاومت برشی خاک‌های با بافت مختلف در فردریکو وستفالن (ایالت شمالی) در

درجه و ۳۶ دقیقه و ۱۷ ثانیه عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱) که در ناحیه رویشی ایران و تورانی کوهستانی قرار دارد. این منطقه به ترتیب با حداقل و حداکثر ارتفاع ۲۱۵۰ و ۳۱۵۰ متر از میانگین سطح آزاد دریا دارای مساحتی معادل ۴۳۰۲ هکتار می‌باشد (۳). متوسط بارندگی منطقه ۳۴۸/۵ میلی‌متر بوده که بیش‌تر ریزش در فصل زمستان و به شکل برف است. میزان دمای متوسط سالانه ۶/۵ درجه سانتی‌گراد است. اقلیم منطقه بر اساس روش‌های آمبرژه و دومارتن سرد و مدیترانه‌ای می‌باشد (۱۲). بیش‌ترین سازند منطقه، سازند خوش بیلاق در دوران زمین‌شناسی دونین و کم‌ترین سازند، سازند روته در دوران زمین‌شناسی پرمین بوده است (۳).

گیاهی به واسطه برخورداری از برتری‌های مثبت نسبت به پژوهش‌های دیگر شامل مقرون به صرفه بود، قابلیت خودتجدیدی و خودترمیمی و فاقد اثر منفی بر محیط‌زیست در پایداری دامنه‌های واریزه‌ای و مقایسه آن‌ها با دامنه‌های پایدار اقدام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: منطقه توسکستان-چهارباغ (دامنه‌های مشرف به راه ارتباطی شهرستان گرگان به شاهرود) در دامنه‌های شمالی البرز و بین دو استان گلستان و سمنان (۱۷) در محدوده جغرافیایی ۵۴ درجه و ۳۶ دقیقه و ۵۵ ثانیه تا ۵۴ درجه و ۳۰ دقیقه و ۲ ثانیه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۴۶ دقیقه و ۵۷ ثانیه تا ۳۶

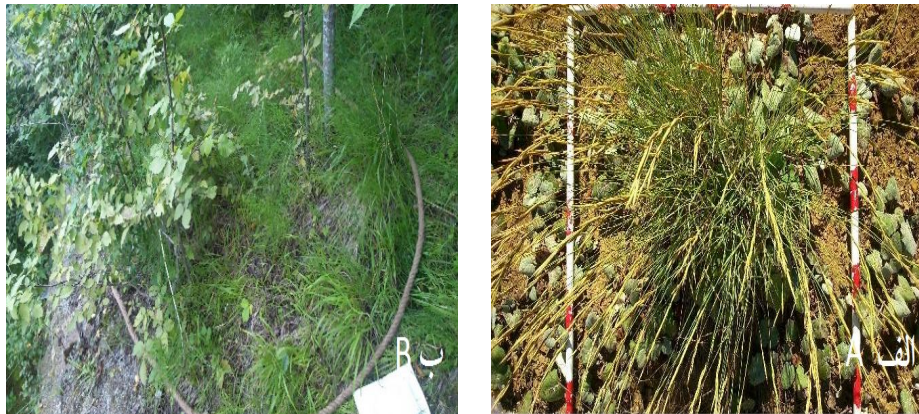


شکل ۱- موقعیت جاده توسکستان-چهارباغ بر روی نقشه.

Figure 1. Location of the Tuskestan-Chaharbagh Road on the map.

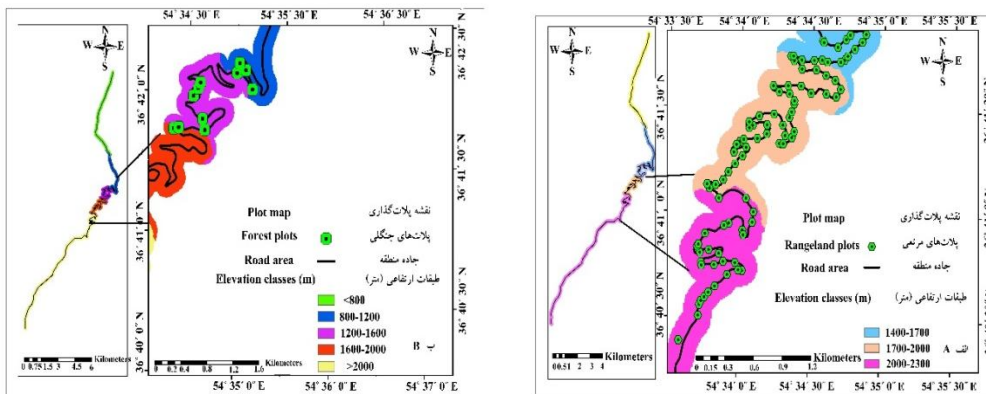
۲۰-۰ سانتی متری در اطراف ریشه) انجام شد. تمامی نمونه‌های گیاه و خاک در اواخر فصل بهار و اوایل فصل تابستان سال ۱۳۹۸ صورت گرفته شد. نمونه برداری صحرائی از پوشش گیاهی جهت ارزیابی تراکم و درصد تاج پوشش گونه‌های غالب با استقرار ۹۰ عدد پلات‌های یک و ۱۱ عدد صد مترمربعی به ترتیب برای گونه‌های مرتعی و جنگلی صورت گرفت. پلات‌های مذکور به صورت تصادفی بر روی دامنه‌های واریزه‌ای و پایدار استقرار یافتند (شکل‌های ۲ و ۳).

نمونه برداری و آزمایش نمونه‌ها: ابتدا پس از شناسایی منطقه، در ۳۵ موقعیت (۱۴ دامنه پایدار و ۲۱ دامنه واریزه‌ای) نمونه برداری از گیاه (ریشه گونه‌های غالب دم‌اسبی (*Equisetum sp.*), سیاه ولیک (*Crataegus melanocarpa*), ممرز (*Carpinus*), شیردار (*Acer cappadoticum*), خاس (*betulus*), بیدمشک (*Ilex spinigera*), و تمشک (*Rubus persicus*) در دامنه‌های پایدار و ریشه‌های گونه‌های غالب ممرز، تمشک و پای‌اسب (*Tussilago farfar*) در دامنه‌های واریزه‌ای در عمق ۰-۳۰ سانتی متری برای هر دامنه) و خاک (از عمق



شکل ۲- (الف) پلات گذاری با پلات‌های ۱×۱ مترمربعی و (ب) دایره‌ای ۱۰۰ مترمربعی (خردادماه ۱۳۹۸).

Figure 2. (a) 1 m² square and (b) 100 m² circular plots (June 2019).



شکل ۳- نقاط پلات گذاری مرتعی (الف) و جنگلی (ب) در منطقه مورد مطالعه.

Figure 3. Rangeland (a) and forest (b) plot location in the case study.

آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان اندازه‌گیری شد (شکل ۴). جهت تهیه نقشه‌های پلات‌گذاری مرتعی و جنگلی، موقعیت منطقه مورد مطالعه و کاربری اراضی از نرم‌افزار GIS^۲ (سیستم اطلاعات جغرافیایی) استفاده گردید و هم‌چنین برای تهیه داده‌های (مقاومت کششی ریشه، مقاومت برشی خاک، زاویه اصطکاک داخلی خاک، منحنی دانه‌بندی و چسبندگی خاک از آزمایشگاه استفاده شد.

پس از تهیه ۳۵ نمونه خاک و ۱۱ نمونه گیاه، پارامترهای مقاومت کششی ریشه توسط اینسترون (۲۶)، رطوبت خاک توسط آون (۱۶)، پایداری خاکدانه به روش تر، منحنی دانه‌بندی توسط شیکر الک به روش خشک و در نرم‌افزار گردی استات^۱، مقاومت برشی خاک، زاویه اصطکاک داخلی خاک و چسبندگی خاک توسط دستگاه برش مستقیم (۱۶) در آزمایشگاه‌های (مهندسی مکانیک بیوسیستم، مهندسی آب، مدیریت مناطق بیابانی و علوم مهندسی



شکل ۴- مقاومت کششی ریشه توسط اینسترون (الف)، منحنی دانه‌بندی توسط شیکر الک به روش خشک (ب)، پایداری خاکدانه به روش تر (ج)، مقاومت برشی خاک، زاویه اصطکاک داخلی خاک و چسبندگی خاک توسط دستگاه برش مستقیم (د).

Figure 4. Tensile strength of root by instron (A), Shaker sieve curve (B), Aggregate stability by wet method (C), Shear strength, Soil internal friction angle and Soil cohesion by direct shear (D).

منحنی دانه‌بندی: نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که نوع بافت خاک در هر دو دامنه‌های پایدار و واریزه‌ای، ماسه‌ای و گراولی است. در جدول ۱ میانگین درصد درشت‌دانه خاک در دامنه‌های پایدار و میانگین درصد ریزدانه خاک در دامنه واریزه‌ای بیشتر بوده و در سطح ۵ درصد معنی‌دار شده (شکل‌های ۵ و ۶) که منجر به افزایش زاویه اصطکاک داخلی خاک، کاهش چسبندگی خاک و در نتیجه منجر به افزایش مقاومت برشی و تثبیت دامنه نسبت به دامنه واریزه‌ای گردیده است (جدول ۱). میانگین درصد ماسه و گل در دامنه‌های واریزه‌ای و میانگین درصد گراول در دامنه‌های پایدار بیشتر بوده و در سطح ۵ درصد

روش تجزیه و تحلیل: ابتدا برای نرمال‌سازی داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک (۱۵) و سپس برای تجزیه واریانس داده‌ها از روش t مستقل (۹) با ۱۴ تکرار در نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ (۱۱) استفاده شد.

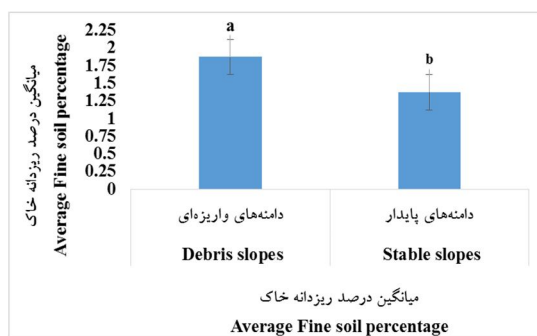
نتایج و بحث

در جدول ۱ نتایج آزمایش‌های اندازه‌گیری شده از خاک منطقه مورد مطالعه (مقاومت برشی خاک، میانگین قطر خاکدانه، دانه‌بندی خاک و تعیین درصد رطوبت خاک)، پوشش گیاهی (مقاومت کششی ریشه) و نتایج کلی آزمایش‌ها در دامنه‌های واریزه‌ای و پایدار نشان داده شده است.

2- Geographic Information System

1- Gradistat

سازندهای گورپی و رادیولاریت در شرایط آب و هوایی سرد و مرطوب با بارش فراوان در دامنه‌های پایدار، باعث کاهش چسبندگی و افزایش زاویه اصطکاک داخلی شده است از طرفی سازندهای شیست، شمشک، آهکی و خوش‌بیلاق در منطقه به وفور دیده شده که با ویژگی سنگ‌شناسی حاصل از این پژوهش مشابهت دارد (۲۵).

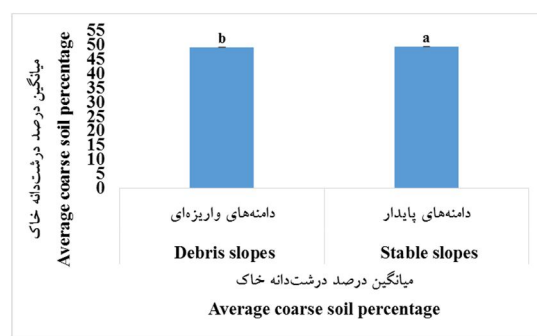


شکل ۶- میانگین درصد ریزدانه خاک در دامنه‌های پایدار و واریزه‌ای.

Figure 6. Mean fine soil percentage in stable and debris slopes.

معنی‌دار بوده است. پوشش گیاهی از طریق مسطح نمودن خاک به وسیله تبدیل تنش برشی در خاک به مقاومت کششی توسط ریشه‌ها، مقاومت برشی و چسبندگی خاک را افزایش داده و باعث مقاومت در برابر فشارهای وارده شده و ذرات خاک را در بین و اطراف ریشه محکم ممرز به هم بچسباند. متشرعی و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که پوشش گیاهی با افزایش مقاومت کششی توسط ریشه‌ها و کاهش رطوبت خاک منجر به افزایش پایداری دامنه شده که با نتایج حاصل از این پژوهش همخوانی دارد (۱۸). شریعت‌جعفری (۲۰۱۴) نشان داد که سیستم ریشه‌ای گونه جنگلی کلهو یا خرمندی (*Lotus diospyros*) باعث افزایش چسبندگی و مقاومت برشی خاک و در نتیجه مقاوم‌سازی خاک و کنترل فرسایش توده‌ای شده است که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (۲۱).

معنی‌دار داشته‌اند (جدول ۱). حسینی (۲۰۱۶) نشان داد که بافت خاک در هر دو منطقه حرکتی و تثبیت‌شده، شنی رسی بوده که سبب افزایش مقاومت برشی خاک نسبت به تنش برشی و در نتیجه افزایش ضریب ایمنی شده است که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد (۱۰). زارعی و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که درشت‌دانه بودن بافت خاک رگولیت حاصل از تجزیه سنگ‌های شیلی و مارنی



شکل ۵- میانگین درصد درشت‌دانه خاک در دامنه‌های پایدار و واریزه‌ای.

Figure 5. Mean coarse soil percentage in stable and debris slopes.

پوشش گیاهی و مقاومت کششی ریشه: گونه‌های ملیکای ایرانی و گون به دلیل برخورداری از ریشه‌های طویل و محکم با بیش‌ترین میانگین تراکم گراس و بوته‌ای مرتعی و بیش‌ترین میانگین درصد تاج پوشش و هم‌چنین گونه درختی ممرز به دلیل برخورداری از ریشه‌های قوی و منشعب و شاخ و برگ فراوان با بیش‌ترین تراکم و درصد تاج پوشش جنگلی، بیش‌ترین تأثیر را بر پایداری دامنه‌ها و حفاظت خاک داشته‌اند. از طرفی گونه سرخ ولیک با بیش‌ترین میانگین تراکم گیاهان درختچه‌ای و بیش‌ترین میانگین درصد تاج پوشش بیش‌ترین تأثیر را بر ناپایداری دامنه‌ها داشته است (جدول‌های ۲ و ۳). طبق جدول ۱ و شکل ۷ نمایان است که میانگین مقاومت کششی ریشه گونه‌های غالب در دامنه پایدار نسبت به دامنه‌های واریزه‌ای بیش‌تر بوده که در سطح ۵ درصد

جدول ۱- مقایسه میانگین پارامترهای دامنه‌های پایدار و واریزه‌ای.

Table 1. Mean comparison of stable and debris slopes.

میانگین دامنه‌های واریزه‌ای (Average debris slopes)	میانگین دامنه‌های پایدار (Average stable slopes)	واحدها (Units)	پارامترها (Parameters)
53.793	52.221	(%)	ماسه (Sand)
0.9714	0.3714	(%)	گل (Mud)
44.229	46.4	(%)	گراول (Gravel)
49.067	49.311	(%)	دانه‌بندی درشت‌دانه (Coarse-grained granulation)
1.8714	1.3714	(%)	دانه‌بندی ریزدانه (Fine-grained granulation)
0.1675	0.1739	(Kg/cm ²)	مقاومت برشی خاک (Shear strength of soil)
43	35.5	(%)	درصد شیب (Slope percentage)
0.4588	0.4343	-	پایداری خاکدانه (Aggregate stability)
0.0999	0.0996	(KPa)	چسبندگی خاک (Soil cohesion)
8.9286	11.071	(%)	رطوبت خاک (Soil moisture)
108.93	183.34	(MPa)	مقاومت کششی ریشه (Root tensile strength)
32.121	33.185	(Degree)	زاویه اصطکاک داخلی خاک (Internal friction angle of soil)

جدول ۲- میانگین تراکم و تاج پوشش گیاهان مرتعی در مناطق پایدار.

Table 2. Mean density and canopy cover of rangeland plants in stable locations.

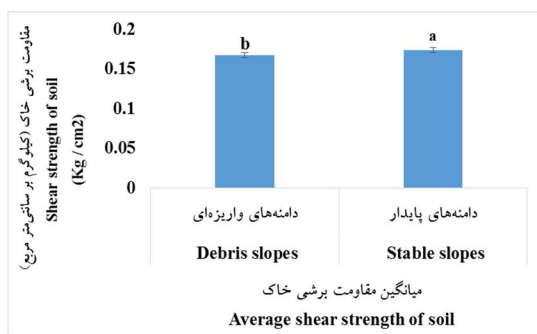
میانگین تاج پوشش (درصد) Average canopy cover (%)			میانگین تراکم (پایه در مترمربع) Average density (Basal in m ²)		گونه‌های غالب مرتعی Dominant rangeland species	طبقات ارتفاعی (متر) Elevation classes (m)
پهن‌برگ Broad-leaved	بوته‌ای Bush	گراس Grass	پهن‌برگ Broad-leaved	بوته‌ای Bush		
18	14.66	35	6.2	2.2	<i>Melica persica</i>	1400-1700
20.62	3.43	41.87	7.62	0.375	<i>Dactylis glomerata</i>	1700-2000
23.75	13.75	23.75	16.87	1.62	<i>Astragalus sp</i>	2000-2300

جدول ۳- میانگین تراکم و تاج پوشش گیاهان مرتعی در مناطق واریزه‌ای.

Table 3. Mean density and canopy cover of rangeland vegetation in the debris locations.

میانگین تاج پوشش (درصد) Average canopy cover (%)			میانگین تراکم (پایه در مترمربع) Average density (Basal in m ²)		گونه‌های غالب مرتعی Dominant rangeland species	طبقات ارتفاعی (متر) Elevation classes (m)
پهن‌برگ Broad-leaved	بوته‌ای Bush	گراس Grass	پهن‌برگ Broad-leaved	بوته‌ای Bush		
20	6	24	7.5	1	<i>Cirsium lapaceum</i>	1400-1700
14.62	5	26.42	7.21	0.35	<i>Tussilago farfara</i>	1700-2000
23.86	12.04	29.77	14.95	1.72	<i>Crataegus monogyna</i>	2000-2300

میزان مقاومت برشی لایه‌های عمیق‌تر خاک اضافه می‌گردد. حسینی و همکاران (۲۰۱۸) به این نتیجه رسیدند که میانگین مقاومت برشی خاک منطقه لغزشی به‌طور معنی‌داری کم‌تر از منطقه پایدار بوده که علت آن درصد بالای خاک ریزدانه در دامنه لغزشی نسبت به منطقه شاهد بوده است که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (۱۱). مافرا و همکاران (۲۰۱۹) بیان کردند که در خاک‌های ماسه‌ای ریشه‌ها منجر به افزایش مقدار چسبندگی (۲۳٪) شده، درحالی‌که در خاک‌های رسی عمدتاً با افزایش مقدار چسبندگی (۳۲٪) و زاویه اصطکاک داخلی (۱۴/۴٪) همراه بوده است که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (۱۴).

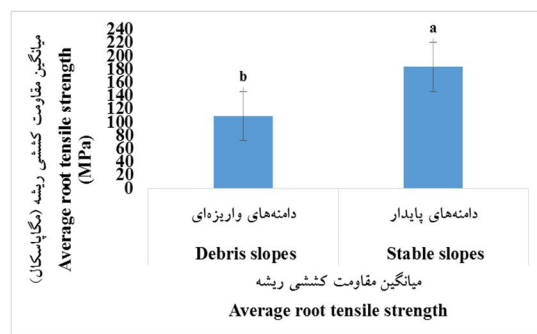


شکل ۸- میانگین مقاومت برشی خاک در دامنه‌های پایدار و واریزه‌ای.

Figure 8. Mean shear strength of soil in stable and debris slopes.

خاکدانه نیروی برشی، اصطکاک، جریان زیرسطحی آب، نفوذپذیری و زاویه استقرار مواد دامنه‌ای تأثیر به‌سزایی دارد. زارعی و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که شیب زمین با تغییر اثر نیروی ثقل، مقاومت برشی، نیروی برشی، اصطکاک، جریان زیرسطحی آب، نفوذپذیری و زاویه استقرار مواد دامنه‌ای، حرکت‌های توده‌ای را تحت تأثیر قرار داده است که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد (۲۵). زکریا و همکاران (۲۰۱۸) بیان نمودند که در تحلیل پایداری شیروانی در خارج از منطقه زهکشی، شیب‌های بالای ۵۶ درجه

مقاومت برشی خاک: طبق شکل ۸ نمایان است که میانگین مقاومت برشی خاک در دامنه‌های پایدار کم‌تر از دامنه‌های واریزه‌ای بوده و در سطح ۵ درصد معنی‌دار شده (شکل ۸) که به‌علت کاهش درصد ذرات ریزدانه خاک در دامنه‌های پایدار منجر به کاهش میزان چسبندگی و افزایش زاویه اصطکاک داخلی خاک و در نهایت افزایش مقاومت برشی خاک شده است (جدول ۱). وجود زهکشی فراوان، قطع درختان منجر به کاهش مقاومت برشی شده است. همچنین خاک دارای ریشه عمیق درختان ممرز در دامنه‌های پایدار شرایط را برای پایداری دامنه نسبت به دامنه‌های واریزه‌ای با ریشه کم فراهم کرده و بر

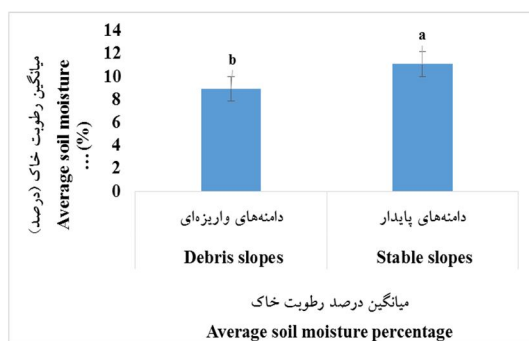


شکل ۷- میانگین مقاومت کششی ریشه دامنه‌های پایدار و واریزه‌ای.

Figure 7. Mean tensile strength of stable and debris slopes.

درصد شیب: میانگین شیب دامنه‌های پایدار کم‌تر از دامنه‌های واریزه‌ای بوده و در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده است (شکل ۹). دلیل افزایش شیب دامنه‌های واریزه‌ای نسبت به دامنه‌های پایدار ایجاد ترانشه‌زنی (جاده‌سازی در دامنه‌های ناپایدار با کاهش طول شیب) و به دنبال آن، افزایش مقدار شیب دامنه و وجود دیواره‌های صخره‌ای با شیب تند می‌باشد که با کاهش نیروی مقاوم و افزایش نیروی مخرب همراه است. تغییر در شیب دامنه واریزه‌ای در مقاومت برشی، زهکشی بیش‌ازاندازه، رطوبت خاک، پایداری

است. خاک دامنه‌های واریزه‌ای ریزتر بوده و آب بیشتری را در خود جذب می‌کند. محمدزایی (۲۰۱۴) بیان نمودند که بیرون محل لغزش دارای رطوبت کم‌تری نسبت به داخل محل لغزش بوده و وجود لایه‌های رس که در اعماق خاک مناطق لغزشی به واسطه جذب رطوبت بالا باعث ناپایداری دامنه‌ها می‌شود که با نتایج این پژوهش مغایرت دارد (۱۶). حسینی و همکاران (۲۰۱۸) به این نتیجه رسیدند که افزایش درصد ذرات ریزدانه، رطوبت بیشتری را جذب کرده و باعث ناپایداری خاک شده که با نتایج این پژوهش مغایرت دارد (۱۱).



شکل ۱۰- میانگین درصد رطوبت خاک دامنه‌های پایدار و واریزه‌ای.

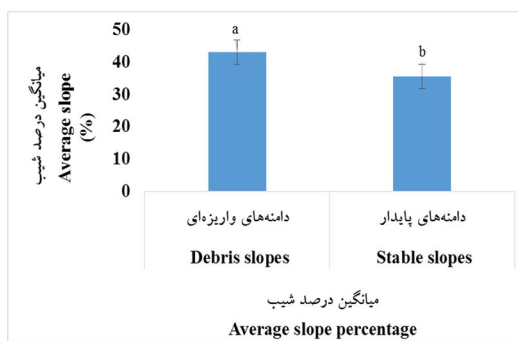
Figure 10. Mean soil moisture content of stable and debris slopes.

پژوهش مغایرت دارد (۷). فتنت و همکاران (۲۰۱۱) بیان نمودند که پوشش گیاهی علفی در پایداری خاکدانه‌ها کارآمدتر بوده هم‌چنین پایداری خاکدانه‌ها در حضور پوشش زیرسطحی درختان بهبود و فرسایش‌پذیری خاک کاهش یافت که با نتایج حاصل از این پژوهش مغایرت دارد (۶).

کاربری اراضی: نقشه کاربری اراضی توسط ماهواره لندست ۸ (Landsat 8) در سال ۲۰۱۸ تهیه گردید (شکل ۱۱). نتایج به‌دست‌آمده از شکل ۱۱ نمایان است که بیش‌ترین و کم‌ترین کاربری منطقه به‌ترتیب جنگل پرتراکم و اراضی باغی است. کاربری دامنه‌های واریزه‌ای و پایدار به‌ترتیب جنگل نیمه‌تراکم و جنگل

را برای وقوع معمول لغزش دامنه (دامنه ناپایدار) نشان می‌دهد که با نتایج حاصل از این پژوهش همخوانی دارد (۲۴).

درصد رطوبت: طبق شکل ۱۰ نمایان است که میانگین درصد رطوبت دامنه‌های پایدار بیش‌تر از دامنه‌های واریزه‌ای بوده و در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده است. دلیل این افزایش، زهکش مناسب واریزه‌ها می‌باشد. هم‌چنین خاک دامنه‌های شرق و شمال‌شرقی در دامنه‌های پایدار مرطوب‌تر از دامنه‌های شمالی و شمال‌غربی در دامنه‌های واریزه‌ای بوده که از توان تولیدی و تنوع بیش‌تری در پوشش گیاهی برخوردار



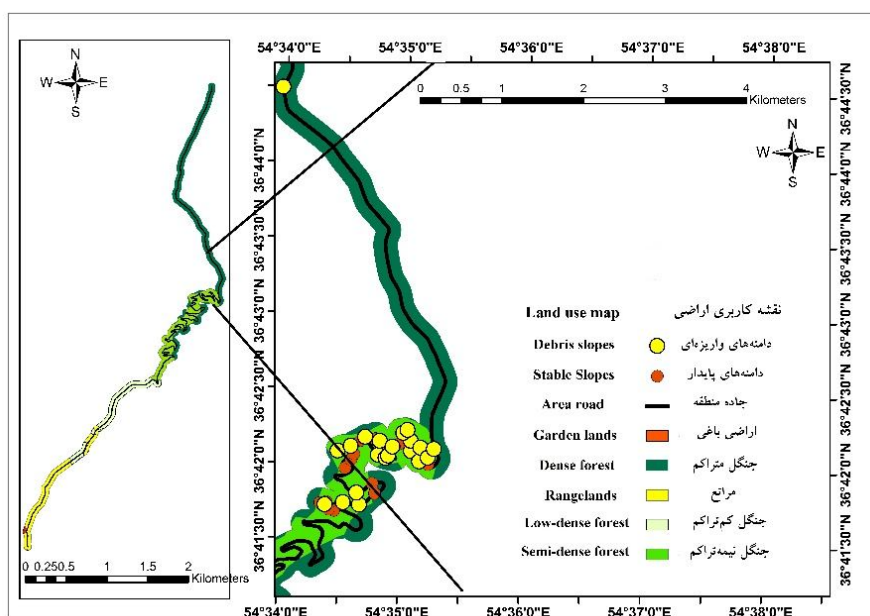
شکل ۹- میانگین درصد شیب دامنه‌های پایدار و واریزه‌ای.

Figure 9. Mean slope percentages of stable and debris slopes.

پایداری خاکدانه: نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۱ نشان داد که میانگین پایداری خاکدانه دامنه‌های پایدار نسبت به دامنه‌های واریزه‌ای کم‌تر بوده و در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری داشته است. علت کاهش پایداری خاکدانه در دامنه پایدار نسبت به دامنه‌های ناپایدار، وجود شیب نسبتاً بالا، نوع زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی آهکی و شیبست منطقه، احداث جاده در دامنه‌های پایدار می‌باشد. گرمی و همکاران (۲۰۱۶) به این نتیجه رسیدند که با افزایش درصد آسمانه گیاهی، پایداری خاکدانه‌ها افزایش یافته و بیش‌ترین پایداری خاکدانه مربوط به پوشش گیاهی گل گاوزبان (*Echium amoenum*) بود که با نتایج حاصل از این

(۲۰۰۷) نشان داد که وجود عواملی مانند مستعد بودن ناهمواری‌ها از نظر منشأ ساختمانی و پویایی، قطع درختان و بهره‌برداری‌های بی‌رویه از جنگل‌ها، رعایت نکردن اصول فنی و نگهداری جاده‌های جنگلی و روستایی، اعمال نکردن مدیریت صحیح و بهره‌برداری غیراصولی از منابع طبیعی سبب تشدید آن شده است که با نتایج حاصل از این پژوهش مشابهت دارد (۲۰). محمدزایی (۲۰۱۴) نشان داد که احداث جاده و انجام عملیات خاک‌برداری سبب قطع جریان رواناب و جریانات زیرسطحی دامنه شده و سبب ناپایداری شیب شیروانی‌های خاک‌برداری و خاک‌ریزی شده است که با نتایج حاصل از این پژوهش همخوانی دارد (۱۶).

پرتراکم بوده که کاربری جنگل پرتراکم با درصد و تراکم پوشش گیاهی بالا در تثبیت دامنه در دامنه‌های پایدار نقش به‌سزایی داشته است. دخالت‌های انسان شامل ایجاد خاک‌برداری جهت احداث جاده در پایین‌دست دامنه، جاده‌سازی غیراصولی، تغییر کاربری اراضی از جنگل به زمین کشاورزی و جاده آسفالتی، قطع درختان و بهره‌برداری‌های بی‌رویه از جنگل‌ها، رعایت نکردن اصول فنی و نگهداری جاده‌های جنگلی، اعمال نکردن مدیریت صحیح و بهره‌برداری غیراصولی از منابع طبیعی، ایجاد تنش در دامنه به‌واسطه تخریب پوشش گیاهی جهت احداث ترانشه‌های کنار جاده‌ای، عدم نصب زهکش مناسب جهت هدایت رواناب می‌باشد. شادفر و همکاران،



شکل ۱۱- نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه.

Figure 11. Land use map of the study area.

واریزه‌های مشاهده شده است. دامنه‌های پایدار به‌واسطه درصد کم خاک ریزدانه و رطوبت بالا، قدرت زیاد جذب آب را داشته و در نتیجه منجر به افزایش پوشش گیاهی با تراکم، تاج‌پوشش و مقاومت کششی ریشه بالا را نسبت به مناطق واریزه‌ای همراه بوده است.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این بررسی گویای آن است که نوع کاربری و دوران زمین‌شناسی، در دامنه‌های پایدار و واریزه‌ای یکسان بوده است. همچنین کاهش پایداری خاکدانه و افزایش رطوبت در دامنه‌های پایدار نسبت به دامنه‌های

کارشناسی‌ارشد انجام شده است. بدین‌وسیله، نویسندگان مراتب تقدیر و تشکر خود را اعلام می‌دارند.

داده‌ها و اطلاعات

منبع داده‌های پژوهش موجود برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد آبخیزداری آقای مهندس حمزه محسنی‌پور صومعه‌سرائی دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد آبخیزداری علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در جاده توسکستان استان گلستان در بازه زمانی سال‌های ۹۶ الی ۹۸ بوده است.

تعارض منافع

در پژوهش حاضر تعارض منافی از دیدگاه تمامی نویسندگان وجود نداشته و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

وجود پوشش گیاهی فراوان در دامنه‌های پایدار موجب کاهش چسبندگی خاک نسبت به دامنه‌های واریزه‌ای که در نتیجه منجر به افزایش مقاومت برشی خاک و تثبیت دامنه شده است. به عبارتی، پوشش گیاهی توانسته به‌عنوان یکی از راهکارهای مؤثر در تثبیت واریزه‌ها عمل کند و نقش به‌سزایی در روش زیستی مهندسی به ارمغان آورد. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی، انجام پژوهش‌های مشابه با سایر پارامترهای اکولوژیکی و مهندسی زیستی به طور بلندمدت در سایر مناطق مستعد به واریزه استان گلستان در دوره‌های مختلف فصلی همراه با اجرای مدل‌های مختلف پایداری دامنه انجام گیرد.

تقدیر و تشکر

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به‌صورت پایان‌نامه

منابع

1. Abernethy, B., and Rutherford, I.D. 2001. The distribution and strength of riparian tree roots in relation to riverbank reinforcement. *Hydrological processes*. 15: 1. 63-79.
2. Ahmadi, M. 2017. Investigation of the effect of morphometric properties on distribution of deposited surfaces (case study: roughness of Atashgah South of Paveh City, Kermanshah province). *Geography and environmental sustainability*. 7: 25. 51-35. (In Persian)
3. Bahmanesh, B., Heshmati, Gh., Mesdaghi, M., and Mazandarani, M. 2006. Investigating the effect of some of environmental factors on medicinal plants distribution (case studied: Chaharbagh rangelands, Golestan province). Master's Degree in Rangeland Management. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan. Pp: 1-117. (In Persian)
4. Bayat Khatibi, M. 2007. Analysis and investigation of the role of river topography and dynamics on the size of debris cones. Case Study: Slopes Northwest of Sabalan (Northwest of Iran). *Geographical Research*. 39: 8. 157-175. (In Persian)
5. Bayazidi, Q. 1998. Slope Stability methods. Graduate seminar. Translation and purification. University of Tehran. 77p. (In Persian)
6. Fattet, M., Fu, Y., Ghestem, M., Ma, W., Foulonneau, M., Nespoulous, J., and Stokes, A. 2011. Effects of vegetation type on soil resistance to erosion: Relationship between aggregate stability and shear strength. *Catena*. 87: 1. 60-69.
7. Garmi, E., Emami, H., and Khorasani, R. 2016. Effect of three crop types on run-off and sediment content on margin of Mashhad city. *Iran. J. Irrig. Drain*. 1: 11. 20-11. (In Persian)
8. Greenway, D.R. 1987. Vegetation and slope stability. *Slope Stability*. Anderson, MG., Richards, KS., Wiley, J. and Sons: Chichester. Pp: 187-230.

9. Heydarian, T. 2016. Study the bioengineering characteristics of *Crataegus aronia* and *Quercus brantii* for biological stabilization of slopes in Zagros forest (case study: forest Chahar Zabar area of Kermanshah). Master thesis. Faculty of Natural Resources and Environment. Malayer University. 107p. (In Persian)
10. Hosseini, A. 2016. Comparison of soil stability in landslide and fixed forest road margins (case study: Asbi Larg series in Mazandaran province). The First International Conference on Iranian Natural Hazards and Environmental Crises, Solutions and Challenges. 12p. (In Persian)
11. Hosseini, A., Chenari, M., Parsakho, A., and Akbari, H. 2018. Stability analysis of forest roads cutslope according to mechanics properties of soil (case study: Stakhrposht region-Neka). *J. Water. Manage.* 9: 17. 145-154. (In Persian)
12. Hosseini, S.A. 2008. Estimation plan for forage use of rangelands in Saraliabad Gorgan. Golestan Province Agricultural and Natural Resources Research Center. (In Persian)
13. Jaafari, M., Tahmoures, M., and Qudsi, J. 2011. Biological soil erosion control. University of Tehran Publications. 818p. (In Persian)
14. Maffra, C., Sousa, R., Sutili, F., and Pinheiro, R. 2019. The effect of roots on the shear strength of texturally distinct soils. *Floresta e Ambiente.* 26: 3. 11p.
15. Mahmoodi, S., Ghasemi Aghabash, F., and Pajouhan, 2016. Study of bio-engineering Characteristics of east almond in Nanadegan region (Isfahan Province). Master of Forest Engineering dissertation. Faculty of Natural Resources and Environment. Malayer University. 63p. (In Persian)
16. Mohammadzai, S. 2014. Investigation of slip and drift at the edge of forest roads according to the drainage system and the location of transverse ridges (case study; Darabkala Forest). Master's Degree in Natural Resources Forest Engineering Faculty of Natural Resources. Sari University of Agriculture and Natural Resources, Sari. 62p. (In Persian)
17. Mortazavi, F., Akbarloo, M., Sepehri, A., and Hosseini, A. 2013. The effect of topographic variables on distribution and abundance of *Bromus tomentellus* Bioss, in Chaharbagh, Gorgan. Master thesis. Rangeland Group Natural Resources Engineering. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan. Pp: 66-1. (In Persian)
18. Motashareei, A., Qomi, J., Eftekhari, A., Poozesh, B., and Shahmari, M. 2011. Landslide hazard zoning for the Chalus-Tehran road and constructing highway. *J. Appl. Geol.* 8: 2. 147-158. (In Persian)
19. Sadzevicius, R., Radzevicius, A., and Gjunsburgs, B. 2019, January. Modelling the stability of the Aleksotas hill slope in Kaunas. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 222: 1. 6p.
20. Shadfar, S., Yamani, M., and Ghodousi, J. 2007. Landslide hazard zonation using analytical hierarchy method a case study: Chalkrood catchment. *J. Construc. Res. Natur. Resour.* 20: 2. 126-118. (In Persian)
21. Shariat Jafari, M., Davoodi, M., Safai, M., and Partovi, A. 2014. Assessment of soil reinforcement by *Diospyros lotus* roots using RDR and RDDI indexes. *Ind. J. Engin. Water. Manage.* 6: 2. 107-114. (In Persian)
22. Shayan Yeganeh, A., Asadi, M., Jamalabadi, J., and Shayan Yeganeh, A. 2016. Impact of biogeomorphological processes of the talus slopes on vegetation; case study Joghatai mountains. *Geograph. Space J.* 16: 45. 97-112. (In Persian)
23. Soroush, A. 2006. Slope stabilization of dams and excavations. Department of Transportation. Ministry of Road and Transportation, Deputy of Education Research and Technology, Institute of Transport. Iran's national library. 144p. (In Persian)
24. Zakaria, Z., Sophian, I., Sabila, Z.S., and Jihadi, L.H. 2018. April. Slope safety factor and its relationship with angle of slope gradient to support landslide mitigation at Jatinangor education area, Sumedang, West Java, Indonesia. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 145: 1. 8p.

-
25. Zarei, P., Talebi, A., and Taleghani, M. 2017. Investigation of the hillslope stability of javanrood using with the process-based model (sinmap). J. Spatial Anal. Environ. Hazard. 4: 4. 93-109. (In Persian)
26. Zarroni, M., Aghabash, F., and Abdi, A. 2016. Investigation of the distribution pattern of Iranian oak (*Quercus brantii*) and Crataegus hawthorn (*Crataegus aronia*) root for use in bioengineering models (Case study: Forests of Blooran Kouhdasht region). Ecology of Iranian Forests (Scientific-Research). 5: 10. 10-1. (In Persian)



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 27(5), 2021
<http://jwsc.gau.ac.ir>
DOI: 10.22069/jwsc.2020.17799.3338

Research Full Paper

The Role of Vegetation on Debris Slope Stability (Case study: Tuskestan–Chaharbagh Road, Golestan Province)

H. Mohsenipour Sowmeh Saraei¹, *A. Najafi Nejad², M. Hosseinalizadeh³,
M.R. Forouzeh⁴ and A. Parsakhoo⁵

¹M.Sc. Graduate., Dept. of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,

²Associate Prof., Dept. of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,

³Associate Prof., Dept. of Arid Zone Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,

⁴Assistant Prof., Dept. of Rangeland Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,

⁵Assistant Prof., Dept. of Forestry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
Received: 03.11.2020; Accepted: 09.06.2020

Abstract

Background and Objectives: One of the problems that human beings face due to maladministration and overexploitation of existing resources is the instability of the debris slopes. Problems often caused by slope instability include road accidents, road blockage and financial and human losses. There are various methods for stabilizing unstable slopes. One of these methods is to apply the vegetation because of features such as bioengineering capabilities, economical issues, bio-technical issues and high durability, self-regeneration, self-renewal and no negative impacts on the environment at slope stability. The purpose of this study is to investigate the role of plant species in the stability of debris slopes of Tuskestan-Chaharbagh road as a bioengineering approach.

Materials and Methods: Firstly, the study area was investigated and 35 locations (14 locations were stable and 21 locations were debris) were selected for sampling from plants and soil. The sampling of roots was done at the depth of 0-30 cm of the dominant species at each slope and the sampling of soil was conducted at the depth of 0-20 cm. The density and canopy percentage of the vegetation at the grasslands and forests were measured respectively with square plot (1 m²) and circular plot (100 m²). Some of the soil characteristics such as: shear strength, cohesion, internal friction angle, humidity, aggregate stability, slope, gradation curves (the percentage of fine-grained and course-grained particles) and the root tensile strength of the dominant species were measured at some of the slopes. The study was tested by the independent T- test using SAS software.

Results: The results of the experiment showed that the mean of the above parameters on the stable and debris slopes were: 0.1739-15.82 kg/cm² for shear strength, 0.0996-0.0999 kPascal for cohesion, 11.071-0.928% for humidity, 0.4343-0.4588% for aggregate stability, 35.5-43% for slope and 183.34-108.93 mega Pascal for root tensile strength. Vegetation also had meaningful impacts on the above parameters at the 5% level and it should be added that the density and canopy percentage of vegetation, were more at stable slopes compared with the

* Corresponding Author; Email: najafinejad@gmail.com

