



دانشگاه گوارش و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و سوم، شماره سوم، ۱۳۹۵
<http://jwsc.gau.ac.ir>

تغییرات رواناب، هدررفت خاک و عناصر غذایی در کاربری‌های گیاهی مختلف در اراضی لسی (مطالعه موردی: آبخیز کچیک استان گلستان)

*محمد عباسی^۱، علی نجفی‌نژاد^۲، واحدبردی شیخ^۲ و مجید عظیم‌محسنی^۳

^۱دانشجوی دکتری گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آدانشیار گروه آبخیزداری،

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آستادیار گروه آمار، دانشگاه گلستان

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۵/۵

چکیده

سابقه و هدف: شناخت عوامل مؤثر بر فرسایش و تعیین پیامدهای منفی آن‌ها لازمه مدیریت صحیح منابع آب و خاک و رسیدن به توسعه پایدار است. نتایج پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهد کاربری زمین و شیب در میزان رواناب، فرسایش خاک و هدررفت عناصر غذایی مهم هستند. دشواری عملیات شبیه‌سازی بارش در سطح کرت با ابعاد بزرگ، سبب شده در غالب مطالعات از کرت‌های کوچک مقیاس استفاده شود بنابراین در برخی موارد تغییرات شیب در این سطوح نمود نداشته و گویای شرایط طبیعی نبوده‌اند. هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی اثرات کاربری زمین، شیب و شدت بارش بر تغییرات رواناب، هدررفت خاک و عناصر غذایی در کرت‌های نسبتاً بزرگ است.

مواد و روش‌ها: منطقه مورد مطالعه (آبخیز کچیک) در ۲۵ کیلومتری شرق شهر مراوه‌تپه استان گلستان و در $37^{\circ}42'15''$ تا $37^{\circ}46'25''$ عرض شمالی و $55^{\circ}52'10''$ تا $55^{\circ}57'52''$ طول شرقی واقع است. این منطقه از نظر لیتولوژی یکنواخت و سازند لسی تقریباً تمام سطح آبخیز را پوشانده است. محل‌های شبیه‌سازی بارش بر اساس طرح آشیانه‌ای سه‌مرحله‌ای در کاربری‌های جنگل طبیعی، جنگل دست‌کاشت، مرتع و زراعت هندوانه و زراعت گندم درو شده و طبقات شیب ۱۲-۳، ۱۸-۱۲، ۲۵-۱۸ و ۴۰-۲۵ درصد انتخاب شد. در کاربری‌ها به ترتیب ۴، ۲، ۴، ۴ و ۲ طبقه شیب انتخاب شد. عملیات شبیه‌سازی بارش با دو دوره بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ ساله به ترتیب با شدت‌های ۹۰ و ۱۰۵ میلی‌متر بر ساعت در کرت‌های به ابعاد ۱ در ۴ متری اجرا شد. با در نظر گرفتن ۳ تکرار برای هر شبیه‌سازی ۹۶ کرت انتخاب شد. رواناب و رسوب در هر مرحله جمع‌آوری و غلظت رسوب، ضریب رواناب، عناصر غذایی (فسفر، نیتروژن، ماده آلی) و ظرفیت تبادل کاتیونی در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل با استفاده از نرم‌افزارهای SAS، Minitab و SPSS انجام شد.

یافته‌ها: نتایج تجزیه و تحلیل خروجی کرت‌ها نشان داد، در کاربری‌های جنگل طبیعی، جنگل دست‌کاشت، مرتع، زراعت هندوانه و گندم درو شده به ترتیب میزان ماده آلی به صورت ۹/۱، ۶/۷، ۳/۶، ۲/۲ و ۱/۸ درصد، نیتروژن ۰/۳، ۰/۳، ۰/۲۸، ۰/۱۷ و ۰/۱۵ درصد، ظرفیت تبادل کاتیونی ۱۵/۸، ۱۱/۲، ۹/۶، ۶/۴ و ۷/۷ سانتی‌مول بر کیلوگرم، فسفر ۱۶/۴، ۱۱/۳، ۱۵/۴، ۸/۶ و ۵/۹ میلی‌گرم در کیلوگرم تغییر نمود. هم‌چنین تغییرات ضریب رواناب به صورت ۱۱/۱،

* مسئول مکاتبه: mohammad_abbasi1382@yahoo.com

۲۶/۶، ۱۶/۷، ۳۶/۴ و ۳۶/۵ درصد و رسوب در واحد سطح ۲۰، ۵۷/۷، ۲۹/۷، ۳۴۲/۳ و ۲۹۷/۵ گرم در مترمربع می‌باشد. بر اساس نتایج، عامل شیب اثرات متفاوتی را در مقادیر متغیرهای اندازه‌گیری شده دارد. بیش‌ترین و کم‌ترین اثر تغییر شیب در بین متغیرهای مورد مطالعه به ترتیب مربوط به میزان رسوب در کاربری زراعت هندوانه با ۹/۱ برابر اختلاف و میزان نیتروژن در کاربری مرتع با ۱/۰۴ برابر اختلاف اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه و تحلیل‌ها در شدت‌های مختلف نشان داد که اختلاف معنی‌داری در میزان متغیرهای اندازه‌گیری شده رخ نداده است. بیش‌ترین همبستگی معنی‌دار و مثبت بین رواناب و رسوب به میزان ۰/۹۳ مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: اندازه‌گیری متغیرهای شیمیایی و فیزیکی در کاربری‌ها و طبقات شیب مختلف نشان داد که وقتی نوع کاربری به تدریج از جنگل به سمت مرتع، زراعت هندوانه و گندم درو شده تغییر می‌کند و شیب نیز افزایش می‌یابد کاهش معنی‌دار در متغیرهای شیمیایی و افزایش معنی‌دار در متغیرهای فیزیکی مشاهده می‌گردد. بنابراین مدیریت صحیح کاربری اراضی زراعی شیب‌دار در منطقه مورد مطالعه می‌تواند نقش مهمی در کاهش رواناب، هدررفت خاک و عناصر غذایی داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: رسوب، شبیه‌ساز باران، شیب، کرت، مراوه‌تپه

مقدمه

ممکن می‌کند (۱۱). فعالیت‌های انسان، نوع کاربری و نحوه مدیریت اراضی اهمیت زیادی در حفظ حاصلخیزی و کاهش میزان فرسایش دارد به طوری که شخم زمین قبل از فصل بارش در خاک‌های لسی باعث از بین رفتن ساختمان خاک و تشدید فرسایش می‌شود (۱۲).

عبدی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که در اثر شبیه‌سازی بارش با شدت ۶۰ میلی‌متر بر ساعت به مدت ۳۰ دقیقه در کرت‌های با ابعاد ۹۵ در ۱۲۵ سانتی‌متری شن و بار رسوب ضریب همبستگی پایین ۰/۰۴ دارند، همچنین درصد شیب، رس، سیلت به ترتیب ضریب همبستگی ۰/۶۸، ۰/۳۲ و ۰/۲۳- را با بار رسوب دارند (۱). زارع خورمیزی (۲۰۱۲) نشان داد که در اثر شبیه‌سازی باران در کرت ۰/۰۹ مترمربعی بین فرسایش و شیب در سطح یک درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد و نتایج همبستگی پیرسون نشان داد، درصد شن ریز در سطح یک درصد و درصد آهک و سیلت در سطح ۵ درصد، همبستگی مثبت و معنی‌دار با رواناب دارد (۳۸).

امروزه افزایش جمعیت و تقاضا برای محصولات کشاورزی موجب شده تا پوشش‌های طبیعی زمین به ویژه جنگل‌ها و مراتع با سرعت هشداردهنده‌ای توسط انسان تخریب و تبدیل به اراضی کشاورزی شود (۱). هر چند فرسایش در طول تاریخ وجود داشته، ولی در سال‌های اخیر به دلیل کاربری نامناسب اراضی شدت یافته است. جنگل‌تراشی منجر به کاهش قابل‌توجه مقادیر رس، ماده آلی، نیتروژن و رطوبت پیشین خاک شده و درصد شن، pH و چگالی خاک را افزایش می‌دهد (۲۴). خصوصیات خاک از جمله ظرفیت تبادل کاتیونی، هدایت الکتریکی، ماده آلی، نیتروژن کل با تبدیل اراضی از جنگل به کشاورزی کاهش می‌یابد (۸). فرسایش خاک و پیامدهای ناشی از آن، امروزه یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی به‌شمار می‌رود (۱۴). خاک‌های لسی از حاصل‌خیزترین خاک‌های جهان به‌شمار می‌آیند زیرا فراوانی ذرات سیلت موجب سهولت نفوذ ریشه‌های گیاه در خاک شده و دسترسی آسان را به آب‌وهوا

می‌شود (۳۰). مو و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که شبیه‌سازی بارش با سه شدت ۰/۶۷، ۱ و ۱/۶۷ میلی‌متر بر دقیقه و ۴ شیب ۵، ۱۵، ۲۰ درجه سبب افزایش ضریب رواناب با افزایش شدت بارش و شیب در هر مرحله رویشی می‌گردد. همچنین رابطه بین ضریب رواناب، رطوبت اولیه خاک، درصد پوشش به صورت چندمتغیره و غیرخطی برآورد شد. زمان تأخیر رواناب با افزایش شدت بارش و شیب در مرحله رویشی یکسان کاهش یافت (۲۶).

از بررسی مطالعات انجام شده می‌توان دریافت که در مجموع عوامل مختلفی در میزان روان‌آب، هدررفت خاک و عناصر غذایی نقش دارند. در این میان، نقش کاربری اراضی و شیب در میزان رواناب، فرسایش خاک و هدررفت عناصر غذایی مهم است. پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهد که به دلیل دشواری عملیات شبیه‌سازی بارش در سطح کرت با ابعاد بزرگ، در غالب مطالعات کرت‌های کوچک مقیاس استفاده شده بنابراین در برخی موارد گویای شرایط طبیعی نبوده و تغییرات شیب در این سطوح نمود نداشته‌اند.

لس‌های استان گلستان با وجود تنوع آب و هوا تحت کاربری‌های متفاوتی قرار دارند. برخی از فعالیت‌های زراعی در زمین‌های شیب‌دار موجب افزایش میزان فرسایش و میزان رسوب شده است. بیش از ۶۰ درصد از اراضی لسی استان گلستان شیب بالاتر از ۵ درصد دارند که حدود ۱۰۰ هزار هکتار (۲۰ درصد) از این محدوده توسط اراضی کشاورزی پوشیده شده است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که بیش از ۶۵ درصد رسوبات لس گلستان تحت اقلیم خشک و نیمه‌خشک قرار دارند. با توجه به حساسیت بالای این اراضی به فرسایش، تولید رواناب و هدررفت عناصر غذایی و از طرفی تغییرات کاربری گسترده در این اراضی و وقوع بارش‌های فرساینده با شدت بالا، این پژوهش با هدف کمی‌سازی این

غلامی‌گوهره و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که شبیه‌سازی بارش با شدت یک میلی‌متر بر دقیقه در کرت با ابعاد ۰/۵ در ۰/۵ متر با اجرای تیمار آتش‌سوزی در کاربری مرتع سبب افزایش به‌ترتیب ۱/۱۸، ۱/۵۲ در تولید رواناب و رسوب و کاهش ۱/۰۱۴ برابری در میزان نفوذ می‌گردد (۱۷). جوادی و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که میزان رواناب و رسوب معلق تولیدی حاصل از ایجاد رگباری با شدت ۵۸ میلی‌متر بر ساعت با تداوم ۳۰ دقیقه در کرت ۰/۶۲۵ مترمربعی اختلاف معنی‌داری را بین اراضی کشاورزی و مرتعی در سطح اطمینان ۵ درصد ایجاد می‌کند (۲۱). سلیمانخانی و همکاران (۲۰۱۴)، نشان دادند که شبیه‌سازی بارش در کرت‌های با ابعاد ۰/۵ در ۰/۵ متری سبب می‌شود که تغییرات درون رگباری رواناب در دو کاربری مرتع و جنگل احیا شده ابتدا دارای روند افزایشی بوده و سپس روند کاهشی داشته است. همچنین میزان رواناب و رسوب در کاربری مرتع به‌ترتیب ۳/۸ و ۷/۷ برابر کاربری جنگل احیا شده بود (۳۴). کاویان و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی با استفاده از شبیه‌ساز بارش با شدت دو میلی‌متر بر دقیقه با تداوم ۱۵ دقیقه در کرت ۰/۰۹ مترمربعی نشان دادند که متغیرهای رطوبت پیشین خاک، ماده آلی، درصد ذرات شن و وزن مخصوص ظاهری به‌ترتیب به‌میزان ۰/۵۶، ۰/۴، ۰/۲۹ و ۰/۲۸ بیش‌ترین تأثیر را در تولید رواناب دارند. همچنین فرآیند هدررفت خاک نیز متغیرهای درصد ماده آلی و رس با ضریب همبستگی ۰/۳۰۳ و ۰/۳ بیش‌ترین تأثیر را در اراضی زراعی دارند (۲۳).

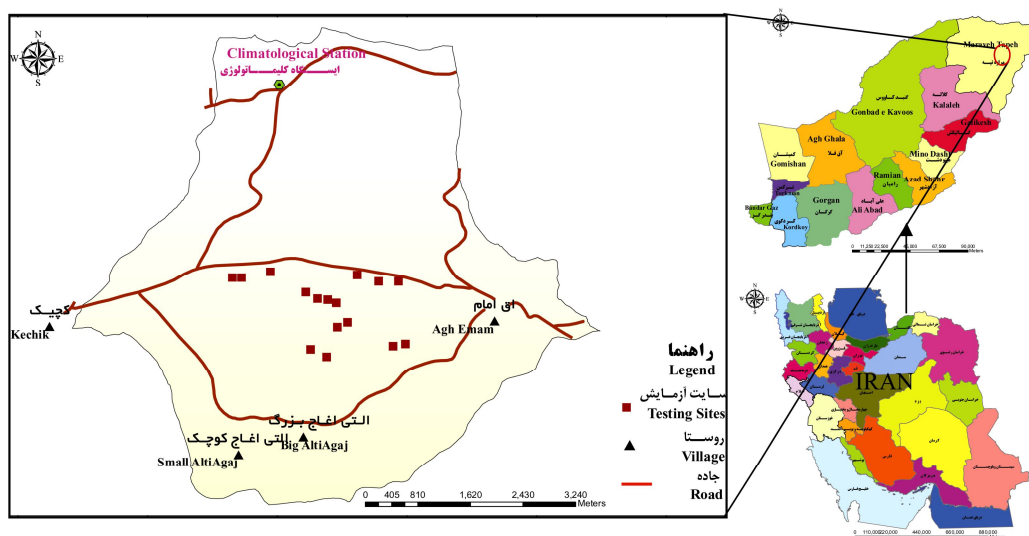
صادقی و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از شبیه‌سازی بارش با شدت ۱/۲ میلی‌متر بر دقیقه و تداوم ۳۰ دقیقه در کرت‌های نیم مترمربعی نشان دادند که کاربرد پلی‌آکریل آمید سبب کاهش معنی‌دار هدررفت خاک و غلظت رسوب در اراضی لسی

مراوه تپه و "۳۷°۴۲'۱۵" تا "۳۷°۴۶'۲۵" عرض شمالی و "۵۵°۵۲'۱۰" تا "۵۵°۵۷'۵۲" طول شرقی واقع شده است. حوضه کچیک دارای حداقل ارتفاع ۶۲۰ متر و حداکثر ارتفاع ۱۲۶۰ متر از سطح دریا است. این منطقه از نظر لیتولوژی یکنواخت و سازند لسی تقریباً تمام سطح حوزه را پوشانده است (شکل ۱).

متغیرها در کاربری‌های مختلف، طبقات شیب و شدت‌های بارش انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: آبخیز کچیک واقع در شمال شرق استان گلستان زیرحوزه‌ای کوچک از آبخیز گرگان رود محسوب می‌شود. این آبخیز در شهرستان



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز کچیک نسبت به استان گلستان و ایران.

Figure 1. Geographical location of Kechik watershed to Golestan Province and Iran.

Artemisia herba alba-Dactylic glomerata و *Dactylic glomerata-Festuca sp* و زراعت هندوانه^۵ و زراعت گندم تشکیل داده است. به‌طور عمده در منطقه اشکال فرسایشی از نوع سطحی، فرسایش آبکندی و کنار آبراه‌ای وجود دارد. با توجه به اقلیم و وقوع بارش‌های رگباری منطقه، فرسایش‌های آبکندی شدید و فعال بوده و هم‌چنین به‌دلیل عملیات زراعی در شیب‌های بالا، فرسایش سطحی نسبتاً شدید در مناطق مختلف حوضه دیده می‌شود (۹).

میانگین بارندگی سالانه، متوسط درجه حرارت و رطوبت نسبی سالانه به‌ترتیب ۴۸۲ میلی‌متر، ۱۶/۷ درجه سانتی‌گراد و ۶۳/۸ درصد است. بر اساس روش دومارتن این حوضه دارای اقلیم نیمه‌خشک و بر اساس روش آمبرژه دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد است. کاربری اراضی حوضه را جنگل طبیعی شامل گونه‌های بلوط^۱، ولیک^۲ و گلابی وحشی^۳، جنگل دست‌کاشت توسط گونه سرو نقره‌ای^۴، مرتع (تپ‌های گیاهی *Artemisia sp- Cynodon dactylon*)

- 1- *Quercus Qastaneifolia*
- 2- *Creatagus*
- 3- *Pyrus Cordata*
- 4- *Copressus Arizonaica*

5- *Citrullus lanatus*

جدول ۱- توزیع کاربری زمین در طبقات شیب (بر حسب هکتار).

Table 1. Spatial distribution of land use in slope classes (Hectare).

زراعت Farmland	مرتع Rangeland	جنگل دست کاشت Reforestation	جنگل طبیعی Natural Forest	طبقه شیب Slope class
637	112	19.7	30.7	3-12
454	93.6	19.1	42	12-18
390	125	34.4	75.8	18-25
419	261	75.6	167.6	25-40
1900	591.6	148.8	316.1	جمع Sum

استفاده شد. بعد از انجام شبیه‌سازی بارش، رواناب و رسوب حاصله در خروجی کرت‌ها جمع‌آوری شد. ویژگی‌های بارش: برای تعیین شدت‌های بارش منطقه از داده‌های باران‌نگار ایستگاه کلیماتولوژی مستقر در حوزه آبخیز کچیک، استفاده شد. بررسی داده‌ها نشان داد که در پنج ساله گذشته آبخیز کچیک دو رخداد بارش با شدت بیش‌تر از ۷۰ میلی‌متر بر ساعت را تجربه کرده است بر این اساس و برای دستیابی به بارش‌های فرساینده در منطقه مورد مطالعه و همچنین توانایی شبیه‌ساز بارش، دو بارش با دوره بازگشت‌های ۵۰ و ۱۰۰ ساله با تداوم ۳۰ دقیقه از روش قهرمان-آبخضر (۲۰۰۴) استخراج و ملاک انجام شبیه‌سازی قرار گرفت. شدت بارندگی در طول زمان بارش به‌صورت ثابت و برابر با ۹۰ و ۱۰۵ میلی‌متر بر ساعت به‌ترتیب برای دوره بازگشت‌های ۵۰ و ۱۰۰ ساله در نظر گرفته شد (۱۶). آزموده و همکاران (۲۰۱۰) و فیض‌نیا و همکاران (۲۰۰۵) پژوهشگرانی هستند که اثر بارش‌های با شدت بالا را بر واکنش خاک بررسی کردند (۷، ۱۵).

شبیه‌سازی بارش: بعد از انتخاب محل کرت‌ها، با در نظر گرفتن سه مورد تکرار در ۹۶ کرت شبیه‌سازی بارش انجام شد. توزیع کرت‌های کاربری جنگل طبیعی در چهار طبقه شیب بود که در هر طبقه شیب شش کرت انتخاب شد که در سه کرت شبیه‌سازی

انتخاب محل‌های آزمایش: انتخاب محل آزمایش‌های شبیه‌سازی، بر اساس طرح آشیانه‌ای سه‌مرحله‌ای^۱ انجام شد (۳۵). به این صورت که ابتدا نقشه کاربری زمین در پنج طبقه کاربری جنگل طبیعی، جنگل دست‌کاشت، مرتع، زراعت هندوانه و زراعت گندم و نقشه شیب با چهار طبقه ۳ تا ۱۲، ۱۲ تا ۱۸، ۱۸ تا ۲۵ و ۲۵ تا ۴۰ درصد با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS 9.3 روی هم‌اندازی شد. متوسط شیب در کاربری‌های جنگل طبیعی، جنگل دست‌کاشت، مرتع و زراعت به‌ترتیب ۲۵/۱، ۲۴/۴، ۲۲/۷ و ۱۷/۷ درصد بود (جدول ۱).

از آن‌جا که طبقه شیب بالاتر از ۴۰ درصد سطح کمی از آبخیز را به خود اختصاص می‌دهد و از طرفی با توجه به عدم امکان استقرار شبیه‌ساز بارش در این طبقه، این مطالعه روی چهار طبقه شیب فوق‌الذکر انجام شد. در هر یک از محل‌ها تعداد ۶ آزمایش شبیه‌سازی (دو شدت هر یک با سه تکرار) در هر کاربری انجام شد. اطلاعات هر کرت در قالب برگه‌های یکسانی ثبت شد. در ادامه جهت ایجاد بارش با دو دوره بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ ساله دستگاه شبیه‌ساز بارش از نوع تحت‌فشار BFTS با قابلیت شبیه‌سازی در سطح کرت ۴ مترمربعی (اصلاح‌شده توسط دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان)

1- Three Stage Nested Design

بارش که حداکثر ۲/۲۰ متر از سطح زمین می‌باشد امکان در نظر گرفتن تأثیر تاج پوشش جنگلی میسر نبود و عملیات شبیه‌سازی و اندازه‌گیری‌های مربوطه در زیر تاج پوشش درختان انجام شد. برای کاربری مرتع نیز توزیع کرت‌ها مانند جنگل طبیعی چهار طبقه شیب تعیین و شش کرت در هر طبقه شیب شبیه‌سازی انجام شد. در مورد کاربری زراعت نیز با توجه به بررسی انجام‌شده مشخص مورد مطالعه شد که دو زراعت هندوانه و گندم کشت غالب منطقه هستند. همچنین در بازه زمانی شبیه‌سازی، بوته‌های هندوانه در دوره رویش چهار الی شش برگه و کشت گندم در پایان رویش و به‌صورت درو شده و بدون شخم قرار داشت (شکل ۲).

بارش با ۹۰ میلی‌متر بر ساعت و سه کرت نیز با شدت ۱۰۵ میلی‌متر بر ساعت صورت گرفت. بخشی از جنگل‌های منطقه مورد مطالعه به‌صورت دست‌کاشت (جنگل دست‌کاشت) بود. بررسی نشان داد که جنگل دست‌کاشت عمدتاً روی دو طبقه بالایی شیب (۲۵-۱۸ و ۴۰-۲۵ درصد) قرار دارد بنابراین برای مشخص شدن اثرات جنگل دست‌کاشت این دو طبقه شیب انتخاب و در هر طبقه شیب شش کرت انتخاب شد که در سه کرت شبیه‌سازی با بارش دوره بازگشت ۵۰ ساله و سه کرت نیز با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله شبیه‌سازی صورت گرفت. با توجه به ارتفاع زیاد درختان در کاربری جنگل (طبیعی و دست‌کاشت) و محدودیت ارتفاع دستگاه شبیه‌سازی



ب (B)



الف (A)



ت (D)



پ (C)

شکل ۲- عملیات میدانی و شبیه‌سازی بارش در الف: جنگل طبیعی، ب: زراعت، پ: جنگل دست‌کاشت، ت: مرتع.

Figure 2. Field Measurements and Rainfall Simulation in A: Natural Forest, B: Agriculture, C: Reforestation, D: Rangeland.

مطالعه قرار گرفت و نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel ترسیم گردید. همچنین، جهت بررسی وجود رابطه آماری بین پارامترهای مورد مطالعه، ضریب همبستگی آن‌ها محاسبه گردید. برای تجزیه تحلیل آماری متغیرهای اندازه‌گیری شده نرم افزارهای Minitab، SAS و SPSS مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج آنالیز واریانس کلی داده‌ها براساس طرح آشیانه‌ای سه مرحله‌ای در یک آنالیز تعیین شد. بعد از مشخص شدن تأثیرگذاری شیب و کاربری در مقادیر متغیرهای مورد مطالعه، نتایج و تفسیر آن‌ها به‌طور جداگانه در هر کاربری و شیب در این قسمت ارائه می‌شود.

میانگین متغیرهای اندازه‌گیری شده در کاربری‌ها:
نتایج اندازه‌گیری متغیرها در کاربری‌های مختلف مطابق شکل‌های ۳ الی ۸ نشان می‌دهد که ضریب رواناب در کاربری جنگل طبیعی با ۱۱/۱ درصد کم‌ترین میزان و گندم درو شده با ۳۶/۵ درصد بیش‌ترین میزان را دارد هم‌چنین از این نظر تفاوت معنی‌داری بین کاربری‌های جنگل دست‌کاشت و زراعت هندوانه مشاهده نشد. فقدان لاشبرگ کافی در عرصه‌های جنگل دست‌کاشت و عدم پوشش گیاهی در کف جنگل و هم‌چنین عدم امکان در نظر گرفتن تأثیر تاج پوشش درختان سرو (به دلیل ارتفاع زیاد) در این مناطق، سبب شده تفاوت معنی‌داری در کاربری جنگل دست‌کاشت و زراعت هندوانه از نظر میزان رواناب مشاهده نشود (شکل ۳). کاهش رواناب در کاربری جنگل طبیعی در مقایسه با کاربری زراعی توسط آزموده و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش شده است (۷).

میزان مواد مغذی نیتروژن و فسفر در اراضی زراعی ممکن است تحت تأثیر استفاده کود در

از آن‌جا که کشت هندوانه در همه طبقه‌های شیب گسترده است، توزیع کرت‌ها مانند جنگل طبیعی و مرتع در چهار طبقه شیب و در هر طبقه در شش کرت شبیه‌سازی و اندازه‌گیری انجام شد و در مورد گندم نیز دو طبقه شیب ۱۲-۳ و ۱۸-۱۲ درصد انتخاب و در هر طبقه شش کرت انتخاب شد که در سه کرت، شبیه‌سازی با شدت ۵۰ ساله و سه کرت نیز با شدت ۱۰۰ ساله شبیه‌سازی صورت گرفت. برای در نظر گرفتن اثر تغییر درصد شیب، شبیه‌سازی بارش در مقیاس کرت با ابعاد ۴ متر طول و یک متر عرض صورت گرفت. ابعاد انتخاب شده با هدف لحاظ کردن حداکثر طول ممکن با در نظر داشتن قابلیت شبیه‌سازی توسط شبیه‌ساز، جابجایی و امکان استقرار در شیب و کاربری‌های مختلف بود. در خروجی هر کرت نمونه‌های رواناب و رسوب جمع‌آوری شد و مورد تجزیه و تحلیل فیزیکی و شیمیایی قرار گرفت.

بر اساس شرح کار آنالیز آزمایشگاهی مقادیر غلظت رسوب، عناصر غذایی (OM، P، N)، حجم رواناب خروجی و ظرفیت تبادل کاتیونی - با توجه به این‌که شاخص خوبی برای تعیین کیفیت و بهره‌وری خاک بوده و مقدار آن بسته به میزان مواد آلی، مقدار و نوع رس متغیر است - مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نیتروژن از روش کجلدال^۱ (۲۸) تعیین شد، از روش والکی بلک^۲ (۱۳) برای تعیین ماده آلی استفاده شد، فسفر از روش السن^۳ (۲۷) اندازه‌گیری شد و ظرفیت تبادل کاتیونی از روش فلیم‌فتمتر^۴ (۱۰) تعیین شد. جهت بررسی و تجزیه و تحلیل آماری میانگین متغیرها ابتدا تجزیه واریانس انجام شد و سپس در صورت معنی‌داری از روش LSD اثر شیب و کاربری اراضی روی تغییرپذیری متغیرهای مورد

- 1- Kjeldahl
- 2- Black & Wackly
- 3- Olsen
- 4- Flame Photometer

قابل جذب تبدیل می‌گردد ولی به دلیل این‌که بقایای گیاهی مجدداً به خاک بر می‌گردد باعث افزایش میزان فسفر شده است. کاهش میزان فسفر از کاربری جنگل به زراعت با نتایج تجری (۲۰۱۳) که کاهش ۴ برابری فسفر را گزارش نموده مطابقت دارد (۳۵).

ماده آلی از کاربری جنگل طبیعی با ۹/۱۵ به کاربری زراعت با ۱/۸ درصد به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (شکل ۶). در خاک جنگلی به دلیل عدم کشت، تجمع لاشبرگ فراوان باعث افزایش مقدار ماده آلی خاک شده است. کاهش ماده آلی در کاربری مرتع نیز می‌تواند ناشی از چرای مفرط دام‌ها و در نتیجه کاهش میزان لاشبرگ اضافه شده به خاک باشد. هم‌چنین در کاربری زراعی کشت و کار دائمی و عملیات شخم عمدتاً در جهت شیب نقش مهمی در هدررفت و تجزیه ماده آلی را دارند. کاهش ماده آلی در کاربری جنگل به زراعت در پژوهش‌های عجمی و همکاران (۲۰۰۶) و صالحی و همکاران (۲۰۱۱) نیز گزارش شده است (۴، ۳۱). ظرفیت تبادل کاتیونی از کاربری جنگل به زراعت کاهش ۵۰ درصدی را نشان داد می‌یابد که بیش‌ترین میزان مربوط به جنگل طبیعی با ۱۵/۸ و کم‌ترین میزان مربوط به کاربری زراعت هندوانه با ۶/۴ سانتی‌مول بر کیلوگرم است (شکل ۷). با توجه به این‌که ظرفیت تبادل کاتیونی از مقدار ماده آلی تبعیت می‌کند (۲۰)، کاهش ماده آلی در اراضی زراعی، می‌تواند سبب کاهش ظرفیت تبادل کاتیونی در این اراضی شود. عجمی و همکاران (۲۰۰۷) کاهش ماده آلی و رس را در اراضی زراعی، علت کاهش ظرفیت تبادل کاتیونی در کاربری زراعی دانسته‌اند (۳). تغییر معنی‌دار ظرفیت تبادل کاتیونی در کاربری‌های مختلف و رابطه مستقیم آن با ماده آلی در پژوهش قربانی و همکاران (۲۰۱۳) نیز گزارش شده است (۱۸) اما با پژوهش بهرامی و همکاران (۲۰۱۰) که عدم اختلاف معنی‌دار ظرفیت

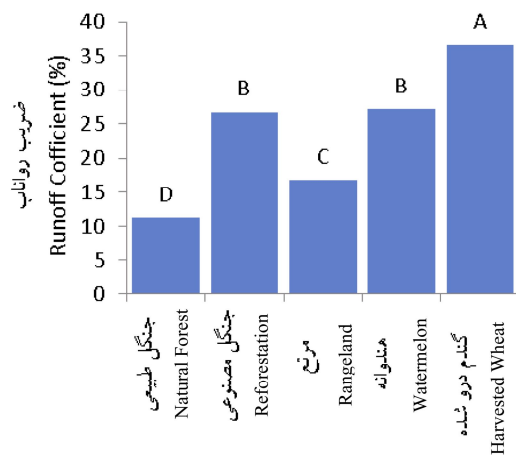
دوره‌های خاصی از فصل رویش قرار گیرد در نتیجه در میزان هدررفت نیتروژن و فسفر تأثیرگذار است. مقدار نیتروژن از کاربری جنگل طبیعی به زراعت ۷۵ درصد کاهش می‌یابد و از ۰/۶ به ۰/۱۵ درصد می‌رسد که از این نظر تفاوت معنی‌داری بین کاربری مرتع با جنگل دست‌کاشت و هم‌چنین بین زراعت هندوانه و گندم درو شده وجود ندارد (شکل ۴). عملیات خاک‌ورزی سبب تخریب ساختمان خاک و افزایش تولید رواناب شده و باعث حساسیت بیش‌تری اراضی زراعی در مقابل فرسایش شده و در نتیجه خروج مقادیر زیادی نیتروژن به همراه ذرات کلوئیدی را از محیط به صورت سالیانه باعث می‌شود (۳۷) حذف پوشش گیاهی و تأثیر آن بر میزان رطوبت و دمای خاک سبب تجزیه ماده آلی، افزایش معدنی شدن نیتروژن و در نهایت کاهش نیتروژن کل می‌شود. نتایج پژوهش ایوبی و همکاران (۲۰۱۱) نیز نشان داد که ۴۰ سال پس از تغییر کاربری اراضی جنگلی به زراعی سبب شده که نیتروژن به میزان یک‌سوم مقدار اولیه خود کاهش یابد (۶).

هدررفت فسفر در کاربری جنگل طبیعی با ۱۶/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم بیش‌ترین میزان و کاربری گندم درو شده با ۶ میلی‌گرم در کیلوگرم کم‌ترین میزان را دارد و در کاربری‌های مرتع، جنگل دست‌کاشت و زراعت هندوانه به ترتیب میزان فسفر کاهش می‌یابد (شکل ۵). آبخویی فسفر به استثنای خاک‌های شنی و با ماده آلی بالا و نفوذپذیری زیاد ناچیز است. در نتیجه با توجه به ریزدانه بودن خاک منطقه مورد مطالعه آبخویی نمی‌تواند دلیل کاهش آن باشد. فرسایش خاک تقریباً مهم‌ترین مکانیسم برای انتقال فسفر از کاربری زراعی است (۳۷). هم‌چنین در تثبیت فسفر مواد آلی و رس‌های سیلیکاتی نقش دارند. در اراضی با کاربری مرتع گرچه عناصر غذایی از جمله فسفر به کمک ترشحات ریشه‌ای از فرم غیرقابل جذب به فرم

سطح جنگل نقش مهمی را در کاهش انرژی جنبشی بارش، جداسازی و برداشت ذرات خاک شده و در نتیجه سبب وقوع رواناب با غلظت رسوب پایین تر و کدورت کم تر در مقایسه با اراضی مرتعی و زراعت می شود. افزایش رسوب از کاربری جنگل به زراعت با نتایج پژوهش های آزموده (۲۰۱۰) مطابقت دارد (۷).

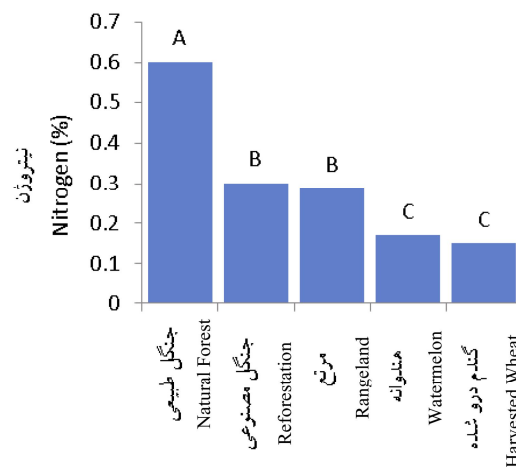
تبادل کاتیونی در کاربری های مختلف را گزارش کردند مطابق ندارد (۸).

رسوب در واحد سطح از کاربری جنگل به زراعت حداکثر تا ۱۷ برابر افزایش می یابد، به ترتیب بیشترین و کمترین رسوب مربوط به کاربری زراعت هندوانه و جنگل طبیعی با ۳۴۲ و ۲۰ گرم در مترمربع است (شکل ۸). وجود لاشبرگ و پوشش گیاهی در



شکل ۴- میانگین هدررفت نیتروژن در کاربری های مختلف.

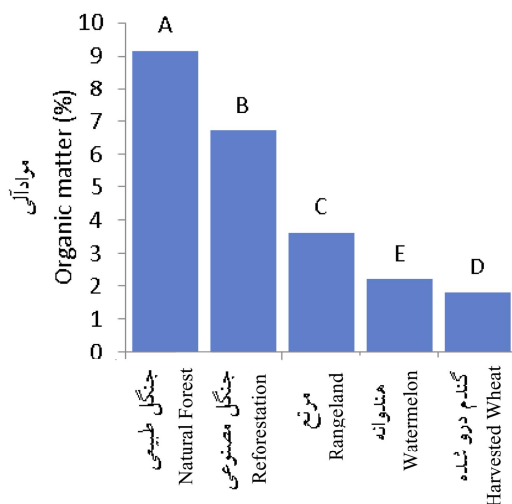
Figure 4. Average of nitrogen loss for different land uses.



شکل ۳- میانگین ضریب رواناب در کاربری های مختلف.

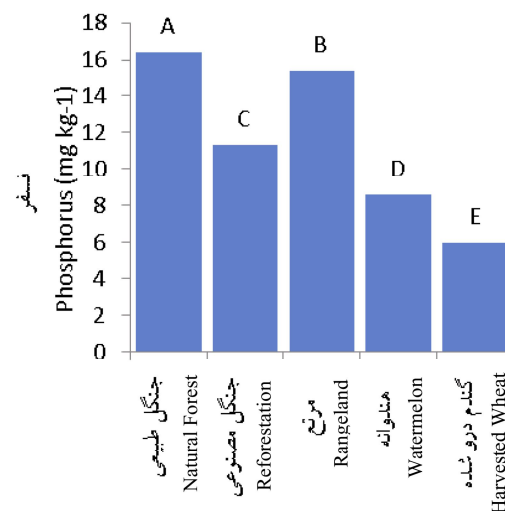
Figure 3. Average of runoff coefficient for different land uses.

- حروف متفاوت اختلاف معنی دار و حروف یکسان عدم وجود اختلاف معنی دار را نشان می دهد.



شکل ۶- میانگین هدررفت فسفر در کاربری های مختلف.

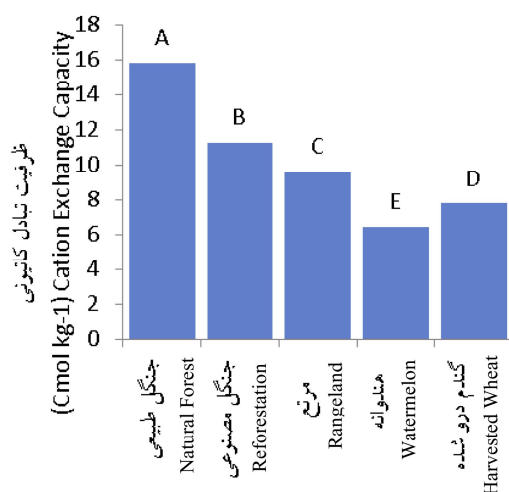
Figure 6. Average of phosphorus loss for different land uses.



شکل ۵- میانگین هدررفت ماده آلی در کاربری های مختلف.

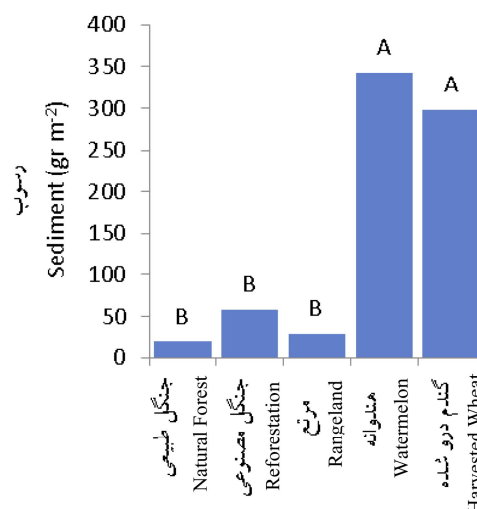
Figure 5. Average of organic matter loss for different land uses.

- حروف متفاوت اختلاف معنی دار و حروف یکسان عدم وجود اختلاف معنی دار را نشان می دهد.



شکل ۸- میانگین رسوب در کاربری‌های مختلف.

Figure 8. Average of sediment loss for different land uses.



شکل ۷- میانگین ظرفیت تبادل کاتیونی در کاربری‌های مختلف.

Figure 7. Average of CEC for different land uses.

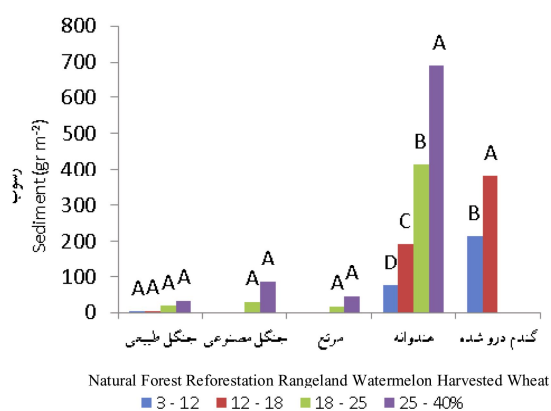
- حروف متفاوت اختلاف معنی‌دار و حروف یکسان عدم وجود اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد.

به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد و در سایر کاربری‌ها تغییرات معنی‌دار نیست (شکل ۱۰). اکو و همکاران (۲۰۰۹) و زارع و همکاران (۲۰۱۲) نیز در مطالعات خود به افزایش میزان هدررفت خاک با افزایش شیب اشاره نمودند (۱۴، ۳۸). وجود لاشبرگ در جنگل و مرتع عامل مهمی در عدم وجود اختلاف معنی‌دار رسوب در طبقات شیب می‌تواند به‌شمار آید. همان‌طور که شکل‌های ۹ و ۱۰ نشان می‌دهد هیچ‌گونه رواناب و رسوبی در طبقه‌های یک و دو شیب در کاربری مرتع ایجاد نشد. با افزایش شیب میزان فسفر در کاربری‌های مختلف به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (شکل ۱۱). رابطه معکوس شیب و میزان فسفر با نتایج پژوهش کریمان و حسینی (۲۰۱۴) مطابقت دارد (۲۲). با افزایش شیب تغییر معنی‌داری در میزان نیتروژن در کاربری‌های زمین مختلف رخ نمی‌دهد (شکل ۱۲). با افزایش درصد شیب در کاربری جنگل ماده آلی به‌طور معنی‌داری زیاد می‌شود و در کاربری‌های زراعت هندوانه، مرتع و گندم درو شده کاهش می‌یابد (شکل ۱۳).

اندازه‌گیری متغیرها در طبقات شیب به تفکیک کاربری‌های زمین: نظر به این‌که امکان تفاوت شدت تأثیر متغیر شیب بر رواناب، رسوب و هدررفت مواد مغذی در کاربری‌های مختلف وجود دارد و با افزایش طبقه شیب از یک طبقه معین به طبقه دیگر ممکن است میزان تغییر نسبی متغیرها برای یکی از کاربری‌ها معنی‌دار باشد در حالی‌که برای کاربری دیگر این تغییرات معنی‌دار نباشند. بنابراین در این پژوهش میزان تغییرات متغیرهای مورد نظر برای هر کاربری در کلاس‌های مختلف شیب مورد بررسی قرار گرفت. به‌عبارتی با فرض مشابه بودن تمام شرایط به‌جز نوع کاربری، میزان متغیرهای مورد بررسی در شیب و کاربری‌های مختلف بر اساس شکل‌های ۹ الی ۱۴ ارزیابی شد. نتایج نشان داد با افزایش درصد شیب در کاربری‌های مختلف ضریب رواناب به‌طور معنی‌داری زیاد می‌شود (شکل ۹). این رابطه در پژوهش آقاییگی (۲۰۱۴)، شیخ‌ریعی (۲۰۱۱) و اکبری‌مهر و نقدی (۲۰۱۲) نیز گزارش شده است (۲، ۵، ۳۲) و با نتایج پژوهش زارع و همکاران (۲۰۱۲) مغایرت دارد (۳۸). با افزایش شیب میزان رسوب در کاربری زراعت

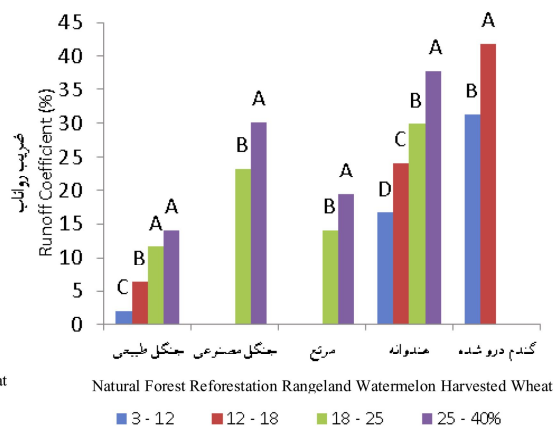
تبادل کاتیونی در همه کاربری‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (شکل ۱۴). کاهش ظرفیت تبادل کاتیونی و ماده آلی با افزایش شیب در نتایج مهاجری و همکاران (۲۰۱۵) گزارش شده است (۲۵). به دلیل ناچیز بودن مقدار رسوب از طبقه یک در کاربری جنگل طبیعی امکان سنجش فسفر، نیتروژن، ماده آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی وجود نداشت.

انتقال رسوب به همراه ماده آلی از شیب‌های بالاتر در اثر عمل کشت و زرع و استفاده مفرط از این اراضی و انباشت ماده آلی در شیب‌های پایین‌تر، از جمله علل کاهش میزان ماده آلی با افزایش شیب در اراضی زراعی و مرتعی است. همچنین در اراضی جنگلی به دلیل بکر بودن شیب‌های بالاتر و تردد کم‌تر دام در آن‌ها سبب می‌شود میزان ماده آلی و درصد شیب همسو باشند. با افزایش شیب میزان ظرفیت



شکل ۱۰- رسوب در شیب و کاربری زمین.

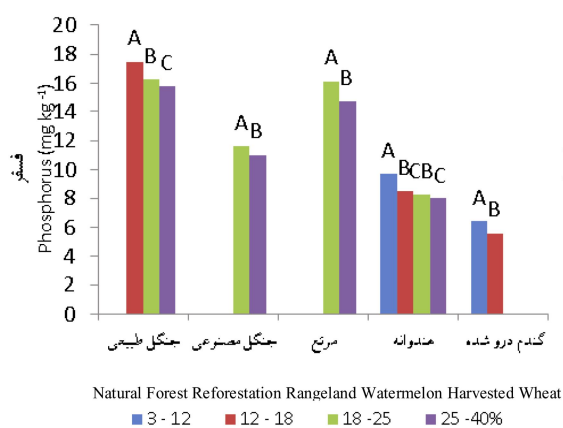
Figure 10. Sediment as a function of land use and slope.



شکل ۹- ضریب رواناب در شیب و کاربری زمین.

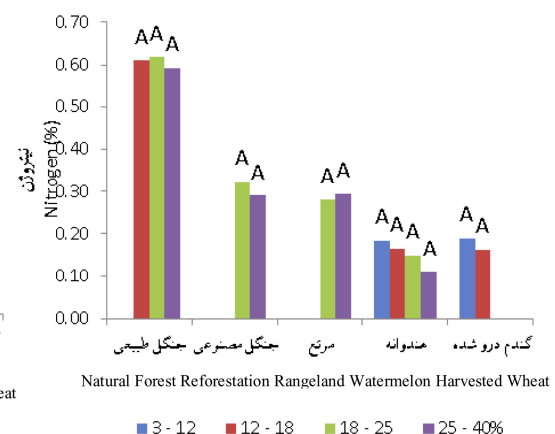
Figure 9. Runoff coefficient as a function of land use and slope.

- حروف متفاوت اختلاف معنی‌دار و حروف یکسان عدم وجود اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲- هدررفت فسفر در شیب و کاربری راضی.

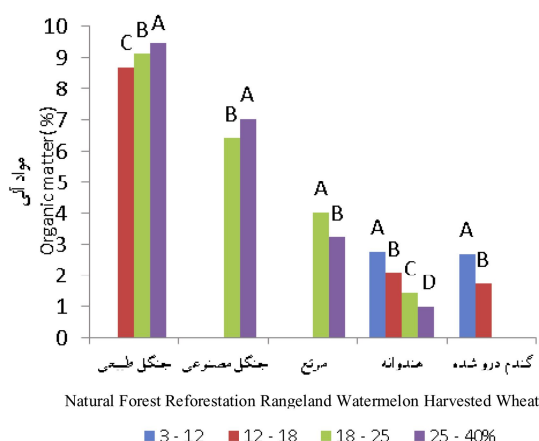
Figure 12. Nitrogen loss as a function of land use and slope.



شکل ۱۱- هدررفت فسفر در شیب و کاربری زمین.

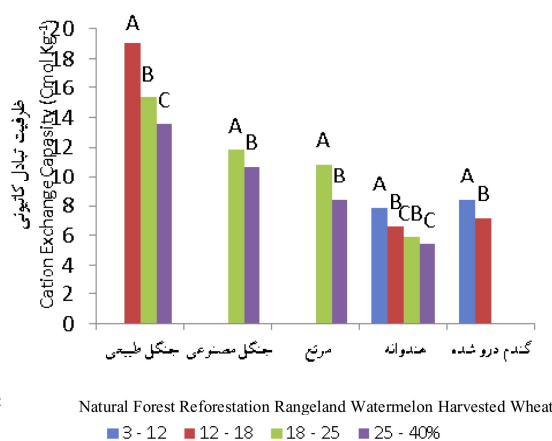
Figure 11. Phosphorus loss as a function of land use and slope.

- حروف متفاوت اختلاف معنی‌دار و حروف یکسان عدم وجود اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد.



شکل ۱۴- میزان CEC در شیب و کاربری زمین.

Figure 14. CEC rate as a function of land use and slope.



شکل ۱۳- هدررفت ماده آلی در شیب و کاربری زمین.

Figure 13. Organic matter loss as a function of land use and slope.

- حروف متفاوت اختلاف معنی دار و حروف یکسان عدم وجود اختلاف معنی دار را نشان می‌دهد.

رسوب زراعت هندوانه با ۹/۱ و نیتروژن کاربری مرتع با ۱/۰۴ برابر اندازه‌گیری شد.

نتایج ضریب همبستگی بین متغیرهای اندازه‌گیری شده در کاربری‌ها: برای بررسی و شناخت ارتباط بین متغیرهای اندازه‌گیری شده در کاربری‌های مختلف میزان همبستگی و سطح معنی‌داری متغیرها ارزیابی شد. بررسی متغیرهای اندازه‌گیری شده در کاربری‌ها جنگل طبیعی، جنگل دست‌کاشت، مرتع، زراعت هندوانه و گندم درو شده با توجه به تعداد طبقه‌های شیب در نظر گرفته شده در هر کاربری و رواناب و رسوب ایجاد شده به ترتیب ۱۷، ۱۲، ۱۲، ۲۴ و ۱۲ نمونه انجام شد. نتایج جداول ۲ تا ۶ نشان می‌دهد که ساختار همبستگی در کاربری‌های مختلف بین رواناب با رسوب و ظرفیت تبادل کاتیونی حفظ شده است در صورتی که همبستگی در کاربری‌های مختلف بین رواناب و ماده آلی دستخوش تغییر شده به طوری که در جنگل در مقایسه با مرتع و زراعت کاملاً متفاوت است. ساختار همبستگی در کاربری‌های مختلف بین رسوب با ظرفیت تبادل کاتیونی حفظ شده است. همبستگی در کاربری‌های مختلف بین رسوب با ماده آلی و فسفر دست‌خوش تغییر شده به طوری که در

بر اساس نتایج، کاربری‌های مختلف زمین در طبقه‌های مختلف شیب اثرات متفاوتی را در متغیرهای اندازه‌گیری شده دارند به طوری که با افزایش شیب در همه کاربری‌ها مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی و فسفر به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. مقدار رسوب با افزایش شیب در جنگل و مرتع تغییر معنی‌داری ندارد در حالی که در کاربری زراعت تغییرات معنی‌دار و با افزایش شیب مقدار رسوب افزایش می‌یابد. این موضوع احتمالاً به دلیل نقش ماده آلی در پایداری خاکدانه‌ها و همچنین وجود لاشبرگ در مناطق جنگلی که از میزان فرسایش سطحی می‌کاهد. تجدا و گنزالز (۲۰۰۸) به نتایج مشابهی دست یافتند (۳۶). ضریب رواناب با افزایش شیب در همه کاربری‌ها به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. مو و همکاران (۲۰۱۵) نتایج مشابهی را گزارش کردند (۲۶). تغییرات ماده آلی در جنگل همسو با تغییرات شیب و معنی‌دار است اما در کاربری‌های مرتع و زراعت تغییرات ماده آلی روند عکس و معنی‌دار با شیب دارد. تغییرات شیب تأثیر معنی‌دار را در میزان نیتروژن در کاربری‌های مختلف ایجاد نکرده است. به طور کلی بیش‌ترین و کم‌ترین اثر تغییر شیب به ترتیب در

جنگل در مقایسه با مرتع و زراعت کاملاً با یکدیگر متفاوت است. ساختار همبستگی در کاربری‌های مختلف بین ماده آلی با فسفر و ظرفیت تبادل کاتیونی تغییر شده است. ساختار همبستگی در کاربری‌های مختلف بین فسفر و ظرفیت تبادل کاتیونی هم‌چنین بین نیتروژن با رسوب، رواناب، ماده آلی و فسفر در کاربری‌های مختلف همبستگی وجود ندارد.

الف) جنگل طبیعی

جدول ۲- نتایج ضریب همبستگی بین متغیرهای اندازه‌گیری شده در کاربری جنگل طبیعی.

Table 2. Analysis of variance for measured variables in natural forest.

نیتروژن	فسفر	ماده آلی	رسوب	رواناب	جنگل طبیعی
Nitrogen	Phosphorus	Organic matter	Sediment	Runoff	Forest
				0.898**	رسوب Sediment
			0.772**	0.621**	ماده آلی Organic matter
		-0.243	-0.556*	-0.748**	فسفر Phosphorus
	0.011	-0.011	-0.136	-0.172	نیتروژن Nitrogen
0.161	0.912**	-0.391	-0.731**	-0.896**	ظرفیت تبادل کاتیونی Cation exchange capacity

** همبستگی معنی‌داری در سطح ۱ درصد و * همبستگی معنی‌داری در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد.

ب) جنگل دست‌کاشت

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس متغیرهای اندازه‌گیری شده در کاربری جنگل دست‌کاشت.

Table 3. Analysis of variance for measured variables in reforested lands.

نیتروژن	فسفر	ماده آلی	رسوب	رواناب	جنگل دست‌کاشت
Nitrogen	Phosphorus	Organic matter	Sediment	Runoff	Reforestation
				0.914**	رسوب Sediment
			0.915**	0.9**	ماده آلی Organic matter
		-0.786**	-0.909**	-0.929**	فسفر Phosphorus
	0.275	-0.362	-0.132	-0.403	نیتروژن Nitrogen
0.303	0.949**	-0.812**	-0.892**	-0.973**	ظرفیت تبادل کاتیونی Cation exchange capacity

** همبستگی معنی‌داری در سطح ۱ درصد و * همبستگی معنی‌داری در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد.

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس متغیرهای اندازه‌گیری شده در کاربری مرتع.

Table 4. Analysis of variance for measured variables in Rangelands.

نیتروژن	فسفر	ماده آلی	رسوب	رواناب	مرتع
Nitrogen	Phosphorus	Organic matter	Sediment	Runoff	Rangeland
				0.90**	رسوب Sediment
			-0.022	-0.733**	ماده آلی Organic matter
		0.753**	-0.034	-0.782**	فسفر Phosphorus
	-0.231	-0.278	-0.455	0.197	نیتروژن Nitrogen
-0.193	0.919**	0.804**	0.026	-0.837**	ظرفیت تبادل کاتیونی Cation exchange capacity

** همبستگی معنی‌داری در سطح ۱ درصد و * همبستگی معنی‌داری در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد.

د) کاربری زراعت

- زراعت هندوانه

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس متغیرهای اندازه‌گیری شده در کاربری زراعت هندوانه.

Table 5. Analysis of variance for measured variables in farmland land use (Water Melon).

نیتروژن	فسفر	ماده آلی	رسوب	رواناب	زراعت هندوانه
Nitrogen	Phosphorus	Organic matter	Sediment	Runoff	Water Melon
				0.968**	رسوب Sediment
			-0.888**	-0.908**	ماده آلی Organic matter
		0.929**	-0.769**	-0.833**	فسفر Phosphorus
	0.586**	0.643**	-0.837**	-0.797**	نیتروژن Nitrogen
0.624**	0.966**	0.974**	-0.836**	-0.869**	ظرفیت تبادل کاتیونی Cation exchange capacity

** همبستگی معنی‌داری در سطح ۱ درصد و * همبستگی معنی‌داری در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد.

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس متغیرهای اندازه‌گیری شده در کاربری گندم درو شده.

Table 6. Analysis of variance for measured variables in farmland land use (Harvested Wheat).

گندم درو شده	رواناب	رسوب	ماده آلی	فسفر	نیتروژن
Harvested wheat	Runoff	Sediment	Organic matter	Phosphorus	Nitrogen
رسوب Sediment	0.977**				
ماده آلی Organic matter	-0.755**	-0.707*			
فسفر Phosphorus	-0.3	-0.286	0.579*		
نیتروژن Nitrogen	-0.34	-0.294	0.268	0.379	
ظرفیت تبادل کاتیونی Cation exchange capacity	-0.914**	-0.909**	0.914**	0.5	0.358

** همبستگی معنی‌داری در سطح ۱ درصد و * همبستگی معنی‌داری در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد.

ندارد. ارتباط معکوس ماده آلی با رسوب در بررسی بسیاری از پژوهشگران از جمله تجدا و گنزالز (۲۰۰۸) گزارش شده است (۳۶).

رابطه بین رسوب و فسفر در جنگل و زراعت هندوانه معکوس قوی و در کاربری‌های مرتع، گندم درو شده رابطه‌ای وجود ندارد. رابطه بین رسوب و نیتروژن در کاربری زراعت هندوانه معکوس قوی و در کاربری دیگر رابطه‌ای وجود ندارد. بین رسوب و ظرفیت تبادل کاتیونی در کاربری مرتع رابطه‌ای وجود ندارد و در سایر کاربری‌ها رابطه معکوس قوی وجود دارد.

رابطه بین ماده آلی با فسفر در کاربری جنگل دست‌کاشت معکوس قوی و در کاربری زراعت و مرتع مستقیم قوی و در کاربری جنگل طبیعی رابطه‌ای وجود ندارد. رابطه بین ماده آلی با نیتروژن در کاربری زراعت هندوانه مستقیم قوی و در سایر کاربری‌ها رابطه‌ای وجود ندارد. رابطه بین ماده آلی و ظرفیت

بر اساس نتایج جداول ۲ الی ۶، رابطه بین میزان رواناب و رسوب در تمام کاربری‌ها مستقیم و قوی است. رابطه بین رواناب و ماده آلی در کاربری جنگل مستقیم قوی و در مرتع و زراعت معکوس قوی است. در این زمینه سیگریست (۱۹۹۸) و آزموده (۲۰۱۰) بیان کردند که وجود ماده آلی سبب افزایش تخلخل، ظرفیت نگهداری آب و در نتیجه نفوذپذیری خاک خواهد شد بنابراین با افزایش ماده آلی حجم رواناب کاهش می‌یابد (۷، ۳۷). بین رواناب و نیتروژن در کاربری‌های مختلف رابطه معنی‌داری وجود ندارد فقط در کاربری زراعت هندوانه این رابطه معکوس قوی است. رابطه معکوس نیتروژن و رواناب می‌تواند به دلیل هدررفت نیتروژن در اثر رواناب باشد. رابطه بین رواناب و ظرفیت تبادل کاتیونی در تمام کاربری‌ها معکوس قوی است. رابطه بین رسوب و ماده آلی در کاربری جنگل مستقیم قوی، کاربری زراعت معکوس قوی و در مرتع رابطه‌ای وجود

گندم درو شده تغییر می‌کند فسفر، نیتروژن، مواد آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی کاهش معنی‌دار و ضریب رواناب و هدررفت خاک افزایش معنی‌دار را نشان دادند. افزایش درصد شیب کاهش معنی‌داری را در مواد آلی، فسفر و ظرفیت تبادل کاتیونی و افزایش معنی‌داری را در ضریب رواناب و رسوب ایجاد کرد. بیش‌ترین و کم‌ترین اثر تغییر شیب در بین متغیرهای اندازه‌گیری شده به ترتیب مربوط به میزان رسوب (در زراعت هندوانه) با ۹/۱ برابر اختلاف و میزان نیتروژن (در مرتع) با ۱/۰۴ برابر اختلاف اندازه‌گیری شد.

براساس نتایج پژوهش حاضر، عملیات زراعی در اراضی لسی شیب‌دار می‌تواند به ترتیب ۳ و ۱۷ برابر میزان ضریب رواناب و هدررفت خاک را نسبت به کاربری جنگل افزایش دهند. بر همین اساس ضروری است نسبت به مدیریت صحیح کاربری زمین و اصلاح الگوی کشت کاربری زراعی در منطقه مورد مطالعه که به دلیل خصوصیات ذاتی لس بسیار حساس نسبت به فرسایش است اقدام لازم صورت گیرد. از آن‌جا که آبخیز کوچک دارای گونه‌های مثمر بومی مانند انار، گلابی و ... است توسعه و ترویج کشت این گونه‌ها در اراضی زراعی شیب‌دار و تبدیل آن‌ها به باغ می‌تواند از پیامدهای ناشی از فرسایش و تبعات آن جلوگیری کند.

تبادل کاتیونی در کاربری جنگل دست‌کاشت معکوس قوی و در جنگل طبیعی رابطه‌ای وجود ندارد و در سایر کاربری‌ها این رابطه مستقیم و قوی است.

رابطه بین فسفر و نیتروژن در کاربری زراعت هندوانه مستقیم و قوی و در سایر کاربری‌ها رابطه‌ای وجود ندارد. بین فسفر و ظرفیت تبادل کاتیونی در کاربری گندم درو شده رابطه‌ای وجود ندارد و در سایر کاربری‌ها این رابطه مستقیم و قوی است. رابطه نیتروژن و ظرفیت تبادل کاتیونی در کاربری زراعت هندوانه مستقیم و قوی و در سایر کاربری‌ها رابطه‌ای وجود ندارد.

نتایج متغیرهای اندازه‌گیری شده در شدت‌های بارش: نتایج نشان داد که تغییر شدت‌های بارش در نظر گرفته شده در پژوهش حاضر در هیچ‌یک از متغیرهای فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده اثر معنی‌داری ایجاد نمی‌کند. این نتیجه با نتایج پژوهش دفرشا و ملیز (۲۰۱۲) مطابقت دارد (۱۲) و با نتایج پر همت (۲۰۱۴) مغایرت دارد (۲۹). از جمله علل عدم تأثیر معنی‌دار شدت بارش در متغیرهای اندازه‌گیری شده می‌توان به مقادیر نزدیک به هم شدت‌های بارش (۹۰ و ۱۰۵ میلی‌متر بر ساعت) در دوره‌های ۵۰ و ۱۰۰ ساله منطقه اشاره نمود.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که وقتی نوع کاربری به تدریج از جنگل به سمت مرتع، زراعت هندوانه و

منابع

1. Abdinejad, P., Feiznia, S., Pyrowan, H.R., Fayazi, F., and Tbakh Shabani, A. 2011. Assessing the effect of soil texture and slope on sediment yield of Marl units using a portable rainfall simulator. *J. Am. Sci.* 7: 10. 617-624.
2. Aghabeigi Amin, S., Moradi, H.R., and Fattahi, B. 2014. Sediment and Runoff Measurement in Different Rangeland Vegetation Types using Rainfall Simulator. *ECOPERSIA*. 2: 2. 525-538.
3. Ajami, M. 2007. Soil quality attributes micropedology and clay mineralogy as affected by land use change and geomorphic position on some loess-derived soils in eastern Golestan Province, Agh-Su wastershed. *Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources*. 191p.

4. Ajami, M., Khormali, F., Ayoubi, S., and Omrani, R.A. 2006. Changes in soil quality attributes by conversion of land use on a loess hillslope in Golestan province, Iran. 18th International Soil Meeting (ISM) on Soil Sustaining Life on Earth, Maintaining Soil and Technology Proceedings, Soil Science Society of Turkey, Pp: 501-504.
5. Akbarimehr, M., and Naghdi, R. 2014. Assessing the relationship of slope and runoff volume on skid trails (Case study: Nav 3 district). *J. For. Sci.* 58: 8. 357-362.
6. Ayoubi, S., Khormali, F., Sahrawat, K.L., and Rodrigues de Lima, A.C. 2011. Assessing impacts of land use change on soil quality indicators in a loessial soil in Golestan Province, Iran. *J. Agric. Sci. Technol.* 13: 5. 727-742.
7. Azmoudeh, A., Kaviani, A., Soleymani, K., and Vahabzadeh, G. 2010. Comparing runoff and soil erosion in forest, dry farming and garden land uses soils using rainfall simulator. *J. Water Soil.* 24: 3. 490-500.
8. Bahrami, A., Emadodin, I., Ranjbar Atashi, M., and Bork, H.R. 2010. Land-use change and soil degradation: A case study, North of Iran. *Agric. Biol. J. North Amer.* 1: 4. 600-605.
9. Boumabad, E.C. 2010. Chenarli watershed management studies. Golestan natural resources office Press. 120p.
10. Bower, C.A., Reitemeier, R.F., and Fireman, M. 1952. Exchangeable Cation Analysis of saline and alkali soils. *Soil Science.* 73: 4. 251-262.
11. Catt, J.A. 2001. The agricultural importance of loess. *Earth-Science Reviews.* 54: 1. 213-229.
12. Defersha, M.B., and Melesse, A.M. 2012. Effect of rainfall intensity, slope and antecedent moisture content on sediment concentration and sediment enrichment ratio. *Catena.* 90: 47-52.
13. Duiker, S.W., Flanagan, D.C., and Lal, R. 2001. Erodibility and infiltration characteristics of five major soils of southwest Spain. *Catena.* 45: 2. 103-121.
14. Ekwue, E.I., Bharat, C., and Samaroo, K. 2009. Effect of soil type, peat and farmyard manure addition, slope and their interactions on wash erosion by overland flow of some Trinidadian soils. *Biosystems engineering.* 102: 2. 236-243.
15. Feyznia, S., Ghayoumian, J., and Khadjeh, M. 2005. The study of the effect of physical, chemical, and climate factors on surface erosion sediment yield of loess soils (Case study: Golestan province). *PAJOUHESH-VA-SAZANDEGI.* 17: 1. 14-24.
16. Ghahraman, B., and Abkhezr, H. 2004. Improvement in intensity-duration-frequency relationships of rainfall in Iran. *JWSS-Isfahan University of Technology.* 8: 2. 1-14.
17. Gholami Gohareh, R., Sadeghi, S.H.R., Mirnia, S.K., and Soleyman Khani, Z. 2012. Effects of mild Fire on infiltration, runoff and sediment in kodir rangeland. *J. Iran-Water. Manage. Sci. Engin.* 5: 17. 23-32.
18. Ghorbani, Z., Jafari, S., and Moghadam, B.K. 2013. The effect of soil physicochemical properties under different land use on aggregate stability in some part of Khuzestan province. *J. Soil Manage. Sust. Prod.* 3: 2. 29-51.
19. Izquierdo, A.E., and Grau, H.R. 2009. Agriculture adjustment, land-use transition and protected areas in Northwestern Argentina. *J. Environ. Manage.* 90: 2. 858-865.
20. Jaiyeoba, I.A. 2003. Changes in soil properties due to continuous cultivation in Nigerian semiarid Savannah. *Soil and Tillage Research.* 70: 1. 91-98.
21. Javadi, M.R., Zehtabian, G.R., Ahmadi, H., Ayoubi, S., and Jafari, M. 2013. Comparison and estimate of run off and sediment production potential in different Work units using rainfall simulator (Case study: Nومه Rood Watershed). *J. Sci. Techniq. Natur. Resour.* 6: 2. 1-14.
22. Karamian, M., and Hosseini, V. 2014. Effect of altitude, slope and canopy on absorbable phosphorus, carbon and total nitrogen in forest soils (Case study: The forest of Ilam province, Dalab). *J. For. Sust. Dev.* 1: 1. 57-71.
23. Kaviani, A., Asgariyan, R., Jeloudar, Z.J., and Bahmanyar, M.A. 2014. Effect of Soil Properties on Runoff and Sediment Yield in Farm Scale (Case study: a part of Sari town's neighboring Croplands). *Water and Soil Science.* 23: 4. 45-57.

24. Kavian, A., Azmoodeh, A., and Solaimani, K. 2013. Deforestation effects on soil properties, runoff and erosion in northern Iran. *Arab. J. Geosci.* 7: 5. 1941-1950.
25. Mohajeri, P., Alamdari, P., and Golchin, A. 2015. The impact of different positions of slope and soil depth on the land and soil physicochemical properties of soils located on a Toposekans in Deylaman Gilan Province. *J. Soil Water.* 30: 1. 162-171.
26. Mu, W., Yu, F., Li, C., Xie, Y., Tian, J., Liu, J., and Zhao, N. 2015. Effects of Rainfall Intensity and Slope Gradient on Runoff and Soil Moisture Content on Different Growing Stages of Spring Maize. *Water.* 7: 6. 2990-3008.
27. Noor, H., Mirnia, S.K., Fazli, S., Raisi, M.b., and Vafakhah, M. 2010. Application of MUSLE for the prediction of phosphorus losses. *Water Science and Technology.* 62: 4. 809-815.
28. Parkinson, J.A., and Allen, S.E. 1975. A wet oxidation procedure suitable for the determination of nitrogen and mineral nutrients in biological material. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 6: 1. 1-11.
29. PourHemmat, J., Abbasi, A.A., and KhoshBazm, E. 2014. Investigating the relationship between runoff coefficient and rainfall intensity on pasture land (Case study: Sanganeh Kalat). *J. Rainwater Catch. Syst.* 2: 1. 23-33.
30. Sadeghi, S.H.R., Hazbavi, Z., Younesi, H., and Behzadfar, M. 2013. Trend of soil loss and sediment concentration changeability due to application of polyacrylamide. *J. Water Soil Resour. Cons.* 2: 4. 53-67.
31. Salehi, A., Mohammadi, A., and Safari, A. 2011. Investigation and comparison of physical and chemical soil properties and quantitative characteristics of trees in less-damaged and damaged area of Zagross forests (Case study: Poldokhtar, Lorestan province). *Iran. J. For.* 3: 1. 89-90.
32. Sheykh, R.M., Feiz, N.S., and Peyrovan, H.R. 2011. Study runoff and soil Lose in map units of Hiv watershed, measurements and comparision at the rainfall simulator scale. *GeoSciences.* 20: 80. 57-63.
33. Siegrist, S., Schaub, D., Pffifner, L., and Mader, P. 1998. Does organic agriculture reduce soil erodibility? The results of a long-term field study on loess in Switzerland. *Agriculture, ecosystems and environment.* 69: 3. 253-264.
34. Soleyman Khani, Z., Sadeghi, S.H.R., Mirnia, S.K., and Gholami Gohareh, R. 2014. Comparison of intra and inter variations of runoff and sediment in plots installed in range and reclaimed forest land uses. *Iran Water Res. J.* 2: 13. 11-19.
35. Tajari, S., Barani, M., Khormali, F., and Kiani, F. 2013. The effect of land use changes on soil in organic phosphorus in loess area in Toshan, Golestan province. *J. Water Soil.* 29: 2. 453-465.
36. Tejada, M., and Gonzalez, J.L. 2008. Influence of two organic amendments on the soil physical properties, soil losses, sediments and runoff water quality. *Geoderma.* 145: 3. 325-334.
37. Yousefifard, M., Jalalian, A., and Khademi, H. 2007. Estimating Nutrient and Soil Loss from Pasture Land Use Change Using Rainfall Simulator. *J. Water Soil Sci.* 11: 40. 93-107.
38. Zare, K.M., Najafinejad, A., Noura, N., and Kavian, A. 2012. Effects of slope and soil properties on runoff and soil loss using rainfall simulator, Chehel-chai watershed, Golestan province. *Water and Soil Conservation.* 19: 2. 165-178.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 23(3), 2016
<http://jwsc.gau.ac.ir>

Changes in runoff, Soil and nutrient loss in different vegetation cover type in Loess lands (Case study: Kechik watershed, Golestan province)

***M. Abbasi¹, A. Najafinejad², V.B. Sheikh² and M. Azim Mohseni³**

¹Ph.D. Student, Dept. of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, ²Associate Prof., Dept. of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, ³Assistant Prof., Dept. of Statistics, Golestan University

Received: 01/19/2016; Accepted: 07/26/2016

Abstract

Background and Objectives: Recognition of effective factors on erosion and determines their negative consequences are essential to proper management of soil and water resources and achieve to sustainable development. Previous studies indicate that land use type and slope are important in runoff volume, soil erosion and nutrient loss. In most researches due to difficulty operation of simulating rainfall in large-scale plots led to use of small plots. In some cases, the slope changes at this level haven't proper representative of natural conditions. The objective of this study is assessing the effect of different vegetation cover type, slope and rainfall intensity on changes in runoff, soil and nutrient losses in relative large-scale plots.

Materials and Methods: The study area (Kechik watershed) is located in 25 Km east of Maravetapeh city in Golestan province at 55° 57'52" to 55°57'10" longitude and 37°42'15" to 37°46'25" latitude. This watershed has a uniform petrology and loess formation almost covered entire watershed. Rainfall simulation sites were selected by three nested design. Five Land use include of forest (Natural forest and Reforestation), rangeland, farmland (Watermelon and Harvested Wheat) and four slope classes include of 3-12, 12-18, 18-25 and 25-40 were considered. In land uses 4, 2, 4, 4 and 2 slope class was selected, relatively. Rainfall simulation using two rainfall intensity of return period 50 and 100 year (90 and 105 mm hr⁻¹ relatively) were accomplished. Under considering of 3 repeat for each plot, 96 plots were selected. Output runoff and sediment of 1*4 meter plots throughout simulation were collected. Sediment concentration, runoff coefficient, nutrient amount (phosphorus, nitrogen, organic matter) and Cation Exchange Capacity were measured at the laboratory. Results using SAS, Minitab and SPSS were analyzed.

Results: Analyzing plots outputs showed, in forest (Natural forest and Reforestation), rangeland and farmlands (Watermelon and Harvested wheat) mean of organic matter (OM) changes 9.1, 6.7, 3.6, 2.2 and 1.8%, mean of N 0.60, 0.30, 0.28, 0.17 and 0.15%, mean of CEC 15.8, 11.2, 9.6, 6.4 and 7.7 Cmol kg⁻¹, mean of P 16.4, 11.31, 15.4, 8.6 and 5.9 mg kg⁻¹ and runoff coefficient 11.1, 26.6, 16.7, 27, 1 and 36.5% and sediment 20, 57.7, 36.4, 342.3 and 297.5 gr m², respectively. According to results, slope factor had different effects on measured variables. The most and fewest slope effect was observed on sediment of farmland (watermelon) with 9.1 times difference and nitrogen of rangeland with 1.04 times difference. Measured variable didn't show any trend with rainfall intensities. The highest significant positive correlation was found between runoff and sediment ($r=0.93^{**}$).

Conclusion: Measuring of physical and chemical variables in different land uses and slope classes showed when land use type gradually changes from forest to rangeland and farmlands and also slope increase, significant decrease in chemical variables and significant increase in physical observed. According to results, proper management of steep farmlands can have an important role to decrease the runoff coefficient, soil and nutrient loss.

Keywords: Maravetapeh, Plot, Rainfall simulation, Sediment, Slope

* Corresponding Author; Email: mohammad_abbasi1382@yahoo.com

