بررسی اثر شیب و کاربری اراضی بر خصوصیات خاک، رواناب و رسوب با استفاده از شبیه‌ساز باران (مطالعه موردی: حوزه آبخیر کچیک، استان گلستان)

محمد عباسی*: دانش‌آموخته‌ی دکتری آبخیزداری، *دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان*
علی نجفی‌نژاد: *عضو هیئت علمی گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان*
واحد بردی‌شیخ: *عضو هیئت علمی گروه آمار، دانشگاه گلستان*
مجید عظیم‌محسنی: *عضو هیئت علمی گروه آمار، دانشگاه گلستان*

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۵/۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۷/۲۲)

چکیده

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در شیب و کاربری‌های مختلف اراضی تغییر می‌کند. ارزیابی و تجزیه و تحلیل این تغییرات در زمینه‌ی ویژگی‌های خاک، رواناب و رسوب به برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح منجر می‌شود. تحقیق حاضر، در حوزه‌ی آبخیز کچیک شهرستان مراوه‌تپه در استان گلستان اجرا شده‌است. پنج کاربری اراضی شامل جنگل طبیعی، جنگل دست‌کاشت، مرتع و زراعت هندوانه و گندم درو شده است که در چهار طبقه شیب ۱۲- ۳، ۱۸-۱۲، ۲۵-۱۸، ۴۰-۲۵ درصد و پلات‌های ۴ مترمربعی انتخاب شد. رواناب و رسوب در هر مرحله‌ی جمع‌آوری و مقدار رسوب، حجم رواناب، مواد مغذی (فسفر، نیتروژن و مواد آلی)، ظرفیت تبادل کاتیونی، رطوبت پیشین و وزن مخصوص خاک در آزمایشگاه اندازه‌گیری شده‌است. نتایج نشان داد با تغییر کاربری از جنگل به زراعت، رواناب و رسوب به ترتیب ۳/۷ و ۲۲ برابر شده و وزن مخصوص خاک، به میزان ۰/۵۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب افزایش یافته‌است. میزان نیتروژن، فسفر، ماده‌آلی، رطوبت پیشین خاک و ظرفیت تبادل کاتیونی از کاربری جنگل به زراعت، به ترتیب ۲/۷، ۳، ۵/۸، ۳/۲ و ۲/۷ برابر کاهش یافته‌است. شیب در کاربری‌های مختلف، اثرات متفاوتی را در میزان متغیرهای اندازه‌گیری شده ایجاد کرده‌است. طبق نتایج به ترتیب ماده آلی، فسفر و ظرفیت تبادل کاتیونی بیشترین تأثیر را در میزان رواناب و رسوب نشان داده‌اند. با توجه به نقش محوری پوشش گیاهی در کاهش رواناب و رسوب، مدیریت صحیح اراضی و اصلاح کاربری می‌تواند در کاهش اثرات منفی ناشی از آنها تأثیر زیادی داشته باشد.

واژگان کلیدی: مواد مغذی، پلات، اراضی لسی، هدررفت خاک.

* نویسنده مسئول: Mohammad_abbasi1382@yahoo.com

١ـ مقدمه

فرسایش خاک و پیامدهای ناشی از آن، امروزه یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی به شمار می‌رود (Ekwue et al, 2009). تقاضا برای اراضی کشاورزی، به گسترش مرز کشاورزی در اکوسیستم‌های طبیعی منجر شده‌است. از نیمه-ی دوم قرن بیستم به دلیل رشد جمعیت و شرایط اقتصادی و اجتماعی، بزرگی و شدت تغییر کاربری با سرعت زیادی افزایش یافته‌است (Vanacker et al, 2003). تغییر کاربری اراضی و رژیم بارش به شدت بر نرخ فرسایش اثر می‌گذارد؛ این امر از طریق تغییر دینامیک رسوب و هیدرولوژی صورت می‌گیرد (Boix-Fayos et al, 2007). تغییر کاربری اراضی از عوامل اصلی تعیین‌کننده‌ی شدت فرسایش است که حتی در برخی موارد اثر آن از شدت بارش و شیب نیز بیشتر است (Garcia-Ruiz and Lana-Renault, 2010). جنگل‌تراشی به کاهش قابل‌توجه مقادیر رس، موادآلی، نیتروژن و رطوبت پیشین خاک منجر می‌شود و درصد شن، pH و چگالی خاک را افزایش می‌دهد (Kavian et al, 2013).

با تبدیل اراضی از جنگل به کشاورزی، خصوصیات خاک از جمله ظرفیت تبادل کاتیونی، هدایت الکتریکی، مواد آلی و نیتروژن کل موجود کاهش می‌یابد (Bahrami et al, 2010). علاوه بر کاربری اراضی، شیب نیز به عنوان یکی از عوامل ایجادکننده‌ی فرسایش و رواناب قابل‌توجه است؛ به‌طوری‌که با افزایش درجه‌ی شیب، میزان هدر رفت مواد آلی و رسوب افزایش می‌یابد (Wei et al, 2003). خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از متغیرهای مهم و مؤثر بر تولید رواناب و رسوب است. شبیه‌سازهای باران به منظور تعیین فاکتورهای مؤثر بر رواناب و فرسایش، امکان اندازه‌گیری‌های متعدد را در اراضی مختلف فراهم می‌سازد که از داده‌های حاصل از آن، می‌توان در اهداف مختلف استفاده کرد. با وجود چالش‌های موجود، استفاده از شبیه‌سازهای باران در جهان رایج است؛ این امر به دلیل برتری متعدد در پژوهش‌های هدررفت خاک و تولید رسوب می‌باشد (Seeger, 2007). شبیه‌ساز بارش، ابزار مهمی برای مطالعه‌ی تولید رواناب و هدر رفت خاک به شمار می‌رود؛ چون می‌تواند تحت شرایط آزمایشگاهی یا در شرایط طبیعی استفاده شود (Sanguesa et al, 2010). تحقیقات مختلفی در خصوص تأثیر ویژگی‌های خاک بر هدر رفت رواناب و رسوب انجام شده‌است که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌شود.

آرمین و همکاران (١٣٨٥) با استفاده از شبیه‌ساز باران به تعیین اثر شیب دامنه، تداوم باران و بافت خاک بر مقدار فرسایش در پلات یک مترمربعی پرداختند. نتایج نشان داد بین حجم رواناب و وزن رسوب در سطوح مختلف شیب، اختلاف معنی‌داری وجود دارد. موریلو[1] و همکاران (2013) پاسخ هیدرولوژیکی فرسایشی اراضی بدلند را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد شدت بارش و ضریب هرز آب و شیب، بر غلظت و تولید رسوب تأثیر مثبتی دارد اما در پوشش غیریکنواخت، این شدت و ضریب براساس درصد پوشش‌گیاهی خاک متغیر است.

آزموده و همکاران (١٣٨٩) اثر ویژگی‌های خاک بر رواناب و فرسایش آن در اراضی جنگلی با استفاده از شبیه‌ساز باران در پلات ٣٠ در ٣٠ سانتی‌متری بررسی کردند. نتایج نشان داد که متغیرهای رطوبت پیشین خاک، ماده آلی، وزن

[1] Martinez-Murillo

مخصوص ظاهری و درصد ذرات شن، به ترتیب بیشترین تأثیر را در تولید رواناب داشتند. همچنین در فرآیند فرسایش خاک نیز به ترتیب متغیرهای درصد ماده آلی، رطوبت پیشین خاک و سیلت بیشترین تأثیر را در اراضی جنگلی داشتند.

زارع خورمیزی و همکاران (۱۳۹۱)، اثر شیب و خصوصیات خاک را در میزان رواناب و رسوب بررسی کردند. این امر با استفاده از شبیه‌ساز باران در پلات ۰/۰۹ صورت گرفت. نتایج نشان داد که بین فرسایش و شیب در سطح ۱ درصد، همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. نتایج همبستگی پیرسون نشان داد، درصد شن ریز در سطح ۱ درصد و درصد آهک و سیلت در سطح ۵ درصد، همبستگی مثبت و معنی‌دار با رواناب دارد. همچنین درصد رطوبت، همبستگی مثبت و مقاومت خاک سطحی، همبستگی منفی و معنی‌داری با هدر رفت خاک نشان می‌دهد.

کاویان‌پور و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیقی اثر پوشش گیاهی را بر کاهش رواناب و هدررفت خاک با استفاده از شبیه‌سازی باران بررسی کردند. شبیه‌سازی باران با شدت ۲ میلی‌متر بر دقیقه، با زمان تداوم ۱۱ دقیقه در پلات ۰/۰۹ مترمربعی انجام شد. نتایج نشان داد مقادیر مختلف پوشش‌گیاهی بر مؤلفه‌های رواناب و رسوب تأثیر معنی‌داری دارد و بار رسوب در پوشش گیاهی، حداقل ۶/۸ برابر پوشش گیاهی حداکثر مشاهده شد. همچنین براساس مقادیر درصد پوشش گیاهی، می‌توان میزان بار رسوب و حجم رواناب را به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۷۱ و ۰/۶۹ برآورد کرد. کیانی هرچگانی و همکاران (۱۳۹۴)، در تحلیلی اثر شدت باران و شیب پلات‌های آزمایشگاهی را بر مؤلفه‌های فرسایش ناشی از تأثیر قطره‌های باران (RIIE) مقایسه کردند. نتایج حاصل از ۸۱ آزمایش شبیه‌سازی بارش در پلات‌های ۱×۶ متر با شیب‌های ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد و در شدت‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌متر بر ساعت، نشان داد که تأثیرپذیری پاشمان بالادست و پایین‌دست و پاشمان کل و خالصِ ناشی از شدت بارش و تغییرات مکانی، در سطح ۹۹ درصد معنادار بود.

صادقی و همکاران (2015)، در تحقیقی کاهش غلظت رسوب و هدررفت خاک را با استفاده از تیمارهای آلی و غیرآلی در پلات‌های ۱×۶ متری بررسی کردند. نتایج حاصل از شبیه‌سازی بارش با شدت‌های ۳۰، ۵۰، ۷۰ و ۹۰ میلی‌متر بر ساعت در شیب ۳۰ درصد، نشان داد که مالچ بقایای گیاهی در بین دو تیمار کود و پلی آکریلامید بیشترین تأثیر (۴۵ درصد) را در کاهش غلظت رسوب دارند. همچنین بیشترین تأثیر در کاهش غلظت رسوب در تیمارها، در شدت ۹۰ میلی‌متر بر ساعت مشاهده شد. چنگ[1] و همکاران (2008) با استفاده از شبیه‌ساز باران، به بررسی رابطه‌ی زاویه شیب و سله سطح خاک بر رواناب و هدر رفت خاک در پلات ۵ مترمربعی مناطق تپه‌ماهوری فلات لسی چین پرداختند. نتایج نشان داد با افزایش شیب، رواناب و هدر رفت خاک افزایش و با شکستن سله سطح خاک، تولید رواناب و هدر رفت خاک کاهش می‌یابد. آقابیگی[2] و همکاران (2014)، رسوب و رواناب را در تیپ‌های مختلف پوشش گیاهی با استفاده از شبیه‌ساز باران در پلات ۰/۰۹ مترمربعی بررسی کردند. نتایج آزمون دانکن و رگرسیون چند متغیره نشان داد که علفزار، رواناب و رسوب بیشتری نسبت به بوته‌زار داشت؛ اما آستانه وقوع رواناب در علفزار نسبت به بوته‌زار کمتر بود. همچنین

[1] Cheng
[2] Aghabeigi

جهت، درجه‌ی شیب و خصوصیات خاک (فسفر، هدایت الکتریکی، کلسیم و رس)، بر رواناب و رسوب و زمان آستانه وقوع اثر معنی‌داری دارند.

جینائو[1] و همکاران (2014) با هدف اندازه‌گیری کربن آلی محلول و مواد مغذی خارج شده از اراضی شیب‌دار، کاربری‌های مختلف مجموعه آزمایش‌های شبیه‌سازی بارش را انجام دادند. براساس نتایج کمترین و بیشترین مقدار کربن آلی محلول، طی یک بارش ۴۰ دقیقه‌ای به ترتیب در اراضی لخت و اراضی جنگل‌کاری بدون لاشبرگ مشاهده شد. مو[2] و همکاران (۲۰۱۵) اثر شدت بارش و درجه شیب را بر رواناب و محتوی رطوبت خاک، در ۴ مرحله‌ی رویشی ذرت با استفاده از شبیه‌ساز باران بررسی کردند. سه شدت بارش ۰/۶۷، ۱ و ۱/۶۷ میلی‌متر بر دقیقه و ۴ شیب ۵، ۱۵ و ۲۰ درجه در مناطق نیمه‌خشک انتخاب شد. نتایج نشان داد ضریب رواناب با افزایش شدت بارش و شیب در هر مرحله‌ی رویشی افزایش یافت. رابطه بین ضریب رواناب، رطوبت اولیه‌ی خاک و درصد پوشش به صورت چند متغیره و غیرخطی برآورد شد. زمان تأخیر رواناب نیز با افزایش شدت بارش و شیب در مرحله‌ی رویشی یکسان کاهش یافت.

بررسی تحقیقات گذشته بیانگر آن است که به دلیل دشواری عملیات شبیه‌سازی بارش در سطح پلات با ابعاد بزرگ یا استفاده از شبیه‌ساز بارش با قابلیت شبیه‌سازی در مقیاس کوچک، در غالب مطالعات پلات‌های کوچک مقیاس استفاده شده‌است؛ از این رو در برخی موارد، این سطوح گویای شرایط طبیعی نبوده و تغییرات شیب در آنها نمود نداشته‌اند. از سوی دیگر تاکنون در اراضی لسی مستعد به فرسایش، بررسی جامعی از نظر عوامل تأثیرگذار (شیب، کاربری اراضی و شدت بارش) و تأثیرپذیر (رواناب و رسوب) و ارتباط آنها با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک صورت نگرفته‌است. بر این اساس، با توجه به اینکه بیش از ۶۵ درصد از اراضی لسی استان گلستان تحت اقلیم خشک و نیمه‌خشک هستند و حساسیت بالایی به فرسایش دارند، این تحقیق برای کمّی کردن اثرات تغییرات کاربری و شیب در تولید رواناب، رسوب و مواد مغذی صورت گرفت. تحقیق حاضر با هدف مقایسه‌ی میزان ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک در کاربری‌ها و شیب‌های مختلف و بررسی تأثیر این ویژگی‌ها بر تولید رواناب و رسوب، در پلات‌های ۴ متر مربعی انجام شد. شبیه‌سازی در پلات با ابعاد بزرگ در این تحقیق، این امکان را فراهم می‌سازد که تأثیر ویژگی‌های مختلف از جمله تغییرات طبقه شیب و نوع کاربری بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک به دقت کمّی و ارزیابی شود.

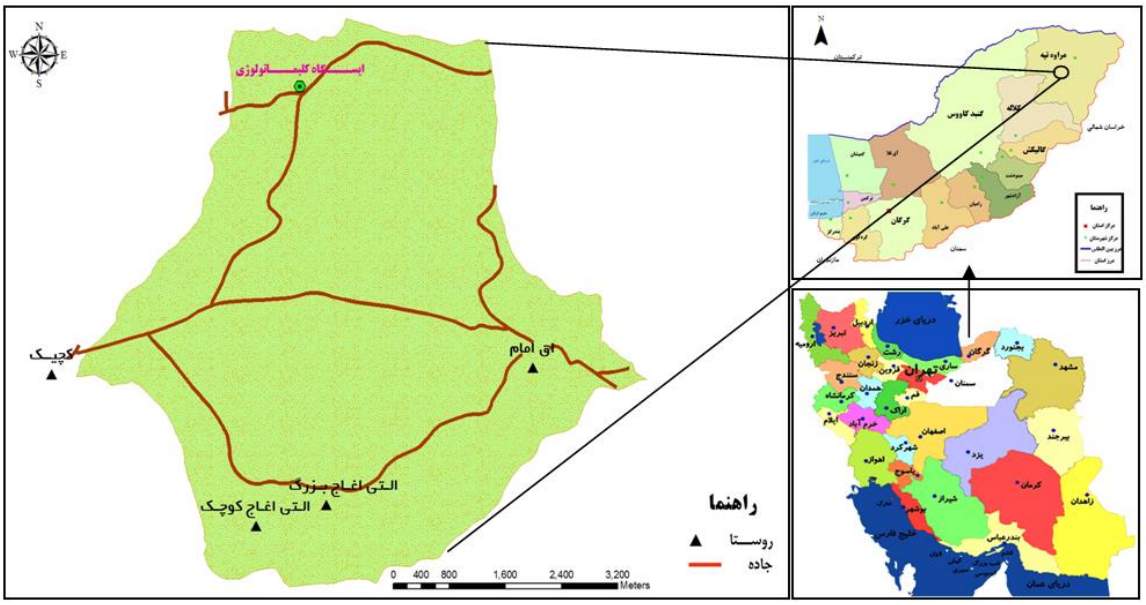
۲ـ مواد و روش

۲ـ ۱ـ منطقه مورد مطالعه

حوضه‌ی آبخیز کچیک واقع در شمال شرق استان گلستان، زیر حوضه‌ای کوچک از آبخیز گرگان‌رود محسوب می‌شود. این حوضه در شهرستان مراوه‌تپه و ″۱۵′۴۲ °۳۷ تا ″۲۵ ′۴۶ °۳۷ عرض شمالی و ″۱۰′۵۲ °۵۵ تا ″۵۲′۵۷ °۵۵ طول شرقی واقع شده‌است. حوضه‌ی کچیک دارای حداقل ارتفاع ۶۲۰ متر و حداکثر ارتفاع ۱۲۶۰ متر از سطح دریاست (شکل شماره‌ی ۱). این منطقه از نظر سنگ‌شناسی یکنواخت و سازند لسی، تقریباً تمام سطح حوزه را پوشانده‌است. میانگین

[1] Janeau
[2] Mu

بارندگی سالانه، متوسط درجه حرارت و رطوبت نسبی سالانه به ترتیب ۴۸۲ میلی‌متر، ۱۶/۷ درجه‌ی سانتی‌گراد و ۶۳/۸ درصد است. براساس روش دومارتن، این حوضه اقلیم نیمه‌خشک دارد و براساس روش آمبرژه، دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد است (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه نسبت به کشور و استان گلستان

پوشش غالب بخش‌های جنگلی این حوضه به طور عمده شامل درختان ممرز[1] و سیاه تلو[2]، به همراه آلوکوهی[3]، زالزالک وحشی[4] و انار[5] است. پوشش گیاهی غالب مرتعی در منطقه‌ی مورد مطالعه شامل علف باغ[6] به همراه شبدر شیرین[7]، بابونه[8]، ختمی[9] و Thalictrum sp است. در اراضی زراعی نیز به مدت بیش از ۴۰ سال، به طور عمده گندم[10] و هندوانه[11] کشت شده‌است. در حدود بیست سال گذشته در بخش‌هایی از حوضه، جنگل‌کاری با گونه‌ی سرو نقره‌ای[12] انجام شده‌است. به‌طور عمده، در منطقه صورت‌های فرسایشی از نوع سطحی، خندقی و کنار آبراهه‌ای وجود دارد. با توجه به اقلیم و وقوع بارش‌های رگباری در منطقه، فرسایش‌های خندقی از نوع شدید و فعال بوده‌است. همچنین به دلیل عملیات

[1] Carpinus betulus
[2] Paliurus spina
[3] Prunus sp
[4] Bursaria spinosa
[5] Punica granatum
[6] Dactylis glomerata
[7] Melilotus sp
[8] Anthemis nobilis
[9] Althaeaofficinalis
[10] Triticum aestivum
[11] Citrullus lanatus
[12] Copressus Arizonica

زراعی خارج از قاعده در شیب‌های بالا، فرسایش سطحی نسبتاً شدیدی در مناطق مختلف حوضه دیده می‌شود (مهندسین مشاور بوم آباد، ۱۳۹۰).

۲ـ ۲ـ شبیه‌سازی بارش

بررسی آمارهای هواشناسی باران‌نگار در ایستگاه کلیماتولوژی حوضه‌ی معرف و زوجی کچیک نشان داد که منطقه‌ی مورد مطالعه در پنج سال اخیر، دو رخداد بارش را با شدت بیش از ۷۰ میلی‌متر بر ساعت تجربه کرده‌است. بر این اساس، برای تعیین بارش فرساینده در منطقه از روش قهرمان - آبخضر (قهرمان و آبخضر، ۱۳۸۳) استفاده شد؛ بدین صورت که بارش با دوره‌ی بازگشت ۵۰ ساله به میزان ۹۰ میلی‌متر بر ساعت، در منطقه استخراج و ملاک شبیه‌سازی قرار گرفت. به این دلیل که حداکثر شدت بارش ۳۰ دقیقه‌ای، بیشترین همبستگی را با میزان فرسایش خاک دارد (رفاهی، ۱۳۸۲)؛ زمان تداوم بارش ۳۰ دقیقه در نظر گرفته شد. سپس بارش با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز از نوع تحت‌فشار BFTS با قابلیت شبیه‌سازی در سطح پلات ۴ متر مربعی ــ که توسط دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان اصلاح و توسعه داده شده‌است ــ شبیه‌سازی شد.

۲ـ ۳ـ انتخاب محل شبیه‌سازی و نمونه‌برداری خاک

کاربری اراضی منطقه‌ی مورد مطالعه در پنج بخش جنگل طبیعی، جنگل دست‌کاشت، مرتع، زراعت هندوانه و زراعت گندم طبقه‌بندی شد. در بازه‌ی زمانی شبیه‌سازی، بوته‌های هندوانه در حالت چهار الی شش برگی و گندم در حالت درو شده و بدون شخم قرار داشت. در این تحقیق، چهار طبقه شیب شامل ۱۲-۳، ۱۸-۱۲، ۲۵- ۱۸ و ۴۰-۲۵ تفکیک شد. از آنجایی‌که طبقه شیب بالاتر از ۴۰ درصد سطح کمی از آبخیز را به خود اختصاص می‌دهد و از سوی دیگر، با توجه به اینکه شبیه‌ساز بارش در این طبقه فاقد استقرار است، این مطالعه بر روی چهار طبقه شیب فوق‌الذکر انجام شد. برای تعیین محل آزمایش‌ها و نمونه‌برداری‌ها، از طرح آشیانه‌ای سه مرحله‌ای استفاده شد؛ به این صورت که نقشه‌های کاربری اراضی و شیب با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 9.3 روی‌هم اندازی شد (شکل ۲).

شکل ۲: عملیات میدانی و شبیه‌سازی بارش

در مرحله‌ی بعد برای تطبیق نقشه با عرصه‌ی طبیعی، به بازدید میدانی از کاربری‌های جنگل، مرتع و زراعت در طبقات شیب مختلف پرداخته شد. با توجه به گستردگی کاربری جنگل طبیعی در همه‌ی طبقات شیب، توزیع پلات‌های کاربری جنگل طبیعی در چهار طبقه شیب ۱۲-۳، ۱۸-۱۲، ۲۵-۱۸ و ۴۰-۲۵ انجام شد. کاربری جنگل دست‌کاشت به دلیل پراکنش آن در طبقات شیب ۲۵- ۱۸ و ۴۰- ۲۵، این دو طبقه شیب انتخاب شد. شبیه‌سازی در کاربری مرتع نیز در چهار طبقه‌ی ۱۲ - ۳، ۱۸- ۱۲، ۲۵- ۱۸ و ۴۰- ۲۵ انجام شد. به دلیل گستردگی کاربری زراعت هندوانه و گندم به ترتیب در هر چهار طبقه و دو طبقه‌ی پایین شیب، توزیع پلات‌ها در این طبقات انجام شد. بعد از انتخاب محل پلات‌ها با در نظر گرفتن شش مورد تکرار در ۹۶ پلات، شبیه‌سازی بارش اجرا و رواناب و رسوب حاصله در خروجی پلات‌ها جمع‌آوری شد.

در ادامه، نمونه‌برداری خاک از مجاورت پلات - برای اینکه سطح پلات کاملاً طبیعی و دست‌نخورده باشد- به‌صورت کاملاً تصادفی انجام شد؛ به این ترتیب که از مجاورت هر پلات با اوگر و سیلندر ۵ سانتی‌متری، نمونه‌ای دست‌نخورده برای تعیین وزن مخصوص و نمونه‌ای دست‌خورده از عمق ۲۰- ۰ سانتی‌متر برای بررسی سایر متغیرهای موردنظر برداشت شد (Casermeiro et al, 2004). سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه حمل شد. نمونه‌های دست‌خورده در هوای آزاد خشک و کوبیده شد و بعد از عبور از الک ۲ میلی‌متری، آزمایش‌های موردنظر بر آنها صورت گرفت. نیتروژن با استفاده از روش کجلدال[1] (Parkinson and Allen, 1975)، فسفر با استفاده از روش السن[2] (السن و همکاران، 1954) و مواد آلی با استفاده از روش والکی‌بلک[3] (Duiker et al, 2001)، ظرفیت تبادل کاتیونی با استفاده از روش فلیم‌فتومتر (Bower et al,

[1]Kjeldahl
[2]Olsen
[3]Black and Wackly

1952) و وزن مخصوص ظاهری از طریق سیلندر نمونه‌برداری و با توجه به رابطه‌ی بین وزن خاک خشک و حجم سیلندر اندازه‌گیری شد (Tejada and Gonzalez, 2008). همچنین رطوبت پیشین نمونه‌های خاک به روش وزنی (Jin et al, 2008)، در مجاور پلات‌های نمونه‌برداری تعیین شد.

۲ـ ۴ـ تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق، اجرای نمونه‌برداری و تجزیه و تحلیل داده‌ها براساس طرح آشیانه‌ای سه مرحله‌ای انجام شد؛ بدین صورت که کاربری، تغییرات شیب و شدت بارش به صورت سلسله مراتبی در نظر گرفته شد. در طرح آشیانه‌ای سه مرحله‌ای این امکان فراهم است که متغیرهای مورد بررسی، سطوح متفاوتی داشته باشند که در این تحقیق به علت عدم پراکنش یکنواخت کاربری‌های مورد مطالعه در همه‌ی کلاس‌های شیب، تعداد طبقات شیب در کاربری‌ها مختلف در نظر گرفته شده‌است. تجزیه واریانس این طرح، نحوه‌ی تأثیرگذاری هر متغیر را در حضور سایر متغیرها تعیین می‌سازد (Neter et al, 1996). برای بررسی و تجزیه و تحلیل آماری میانگین متغیرها، ابتدا تجزیه‌ی واریانس انجام شد. سپس در صورت معنی‌داری با استفاده از روش LSD، اثر شیب و کاربری اراضی بر تغییرپذیری متغیرها مطالعه شد و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم شد. همچنین، برای بررسی وجود رابطه‌ی آماری بین پارامترهای مورد مطالعه، ضریب همبستگی آنها محاسبه شد. برای بررسی میانگین متغیرهای اندازه‌گیری شده در طبقات شیب، به تفکیک کاربری‌های اراضی همچنین وجود رابطه‌ی آماری بین پارامترهای مورد مطالعه به ترتیب از نرم‌افزارهای Minitab و SAS استفاده شد.

۳ـ یافته‌ها (نتایج)

نتایج تجزیه و تحلیل‌های انجام شده در سه بخش ارائه می‌شود: الف) مقادیر متغیرهای اندازه‌گیری شده در کاربری‌ها؛ ب) مقادیر متغیرهای اندازه‌گیری شده در شیب، به تفکیک کاربری‌ها؛ ج) ضریب همبستگی بین متغیرهای اندازه‌گیری شده و میزان رواناب و رسوب.

الف) مقادیر متغیرهای اندازه‌گیری شده در کاربری‌ها

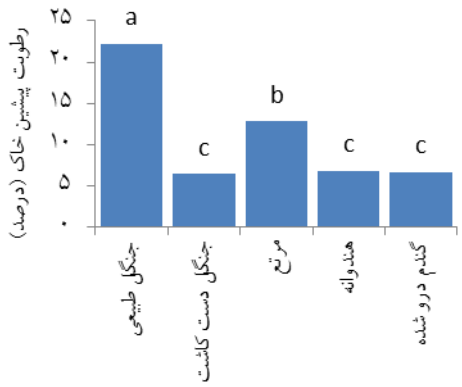
جدول ۱ نشان می‌دهد که با تغییر کاربری از جنگل به زارعت (به ترتیب جنگل طبیعی، جنگل دست کاشت، مرتع، زراعت هندوانه و گندم درو شده)، میانگین رواناب از ۱۲/۸، ۴۰، ۲۵/۲، ۴۰/۷ به ۵۴/۹ لیتر افزایش و میانگین رسوب از ۵۷/۵، ۲۳۰/۹، ۱۱۹/۱، ۱۳۶۹/۶ به ۱۱۹۰/۱ گرم افزایش می‌یابد.

جدول ۱: میانگین رواناب و رسوب در کاربری‌های مختلف

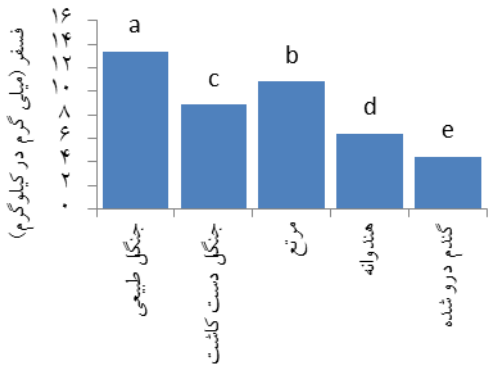
نوع کاربری	رواناب (لیتر)	رسوب (گرم)
جنگل طبیعی	۱۲/۸^{d}	۵۷/۵^{c}
جنگل مصنوعی	۴۰^{b}	۲۳۰/۹^{c}
مرتع	۲۵/۲^{c}	۱۱۹/۱^{c}
هندوانه	۴۰/۷^{b}	۱۳۶۹/۶^{a}
گندم درو شده	۵۴/۹^{a}	۱۱۹۰/۱^{b}

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

شکل‌های ۳ الی ۸ نشان می‌دهند که میانگین نیتروژن از ۰/۳۶ ، ۰/۲۵ ، ۰/۱۸ و ۰/۱۱ به ۰/۱۳ درصد کاهش می‌یابد. با تغییر کاربری از جنگل به زارعت، مقدار فسفر از ۱۳/۴، ۸/۸ ، ۱۰/۸ و ۶/۳ به ۴/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم کاهش می‌یابد که در این بین جنگل دست‌کاشت رفتار متفاوتی دارد. با تغییر کاربری از جنگل به زارعت، ماده آلی از ۶/۴ ، ۴ ، ۳/۲ و ۱/۶ به ۱/۱ درصد کاهش می‌یابد. با تغییر کاربری از جنگل به زارعت، میزان ظرفیت تبادل کاتیونی از ۱۶/۸، ۱۰/۳، ۹/۱ و ۶/۲ به ۷/۶ سانتی‌مول بر کیلوگرم کاهش می‌یابد. رطوبت پیشین خاک با تغییر کاربری از جنگل به زارعت، به صورت ۲۲/۲، ۶/۴ ، ۱۲/۸، ۶/۸ و ۶/۷ درصد تغییر می‌کند. با تغییر کاربری از جنگل به زارعت، وزن مخصوص خاک از ۱/۰۵ ، ۱/۱۶، ۱/۲۵ و ۱/۶۳ به ۱/۵۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب افزایش می‌یابد.

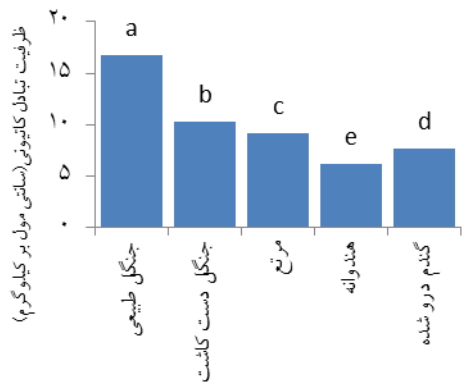


شکل ۳: میزان رطوبت پیشین خاک کاربری‌های مختلف

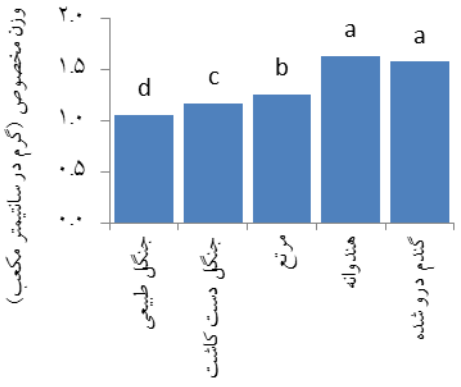


شکل ۴: میزان فسفر خاک کاربری‌های مختلف

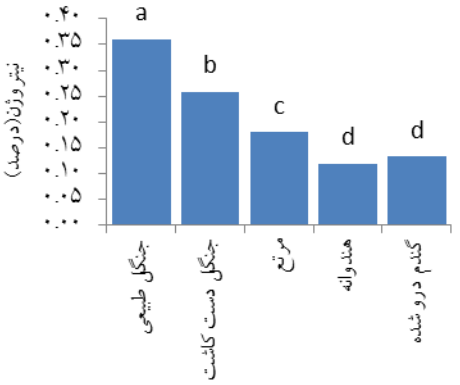
-حروف متفاوت، اختلاف معنی‌دار و حروف یکسان، عدم وجود اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد.



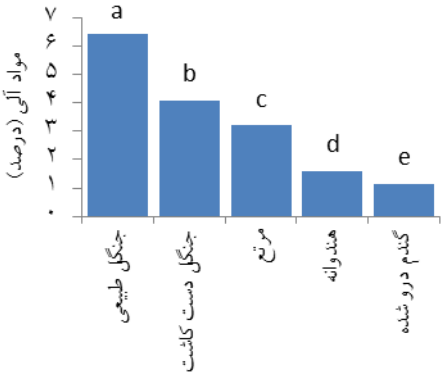
شکل ۵: ظرفیت تبادل کاتیونی خاک کاربری‌های مختلف



شکل ۶: میزان وزن مخصوص خاک کاربری‌های مختلف



شکل ۷: میزان نیتروژن خاک کاربری‌های مختلف

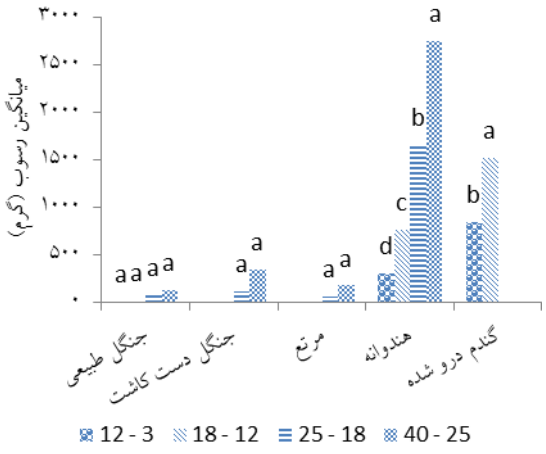


شکل ۸: میزان مواد آلی خاک کاربری‌های مختلف

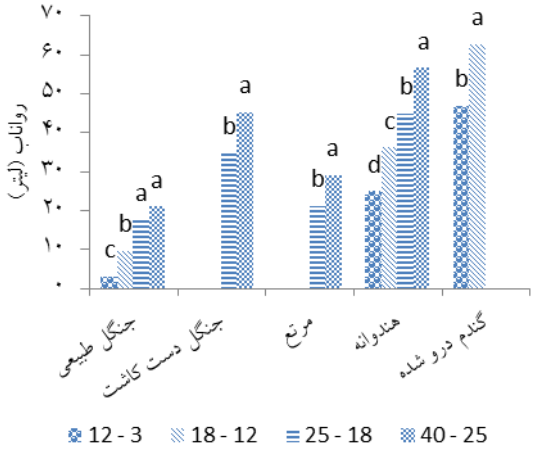
-حروف متفاوت، اختلاف معنی‌دار و حروف یکسان، عدم وجود اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد .

ب) اندازه‌گیری متغیرها در طبقات شیب، به تفکیک کاربری‌های اراضی

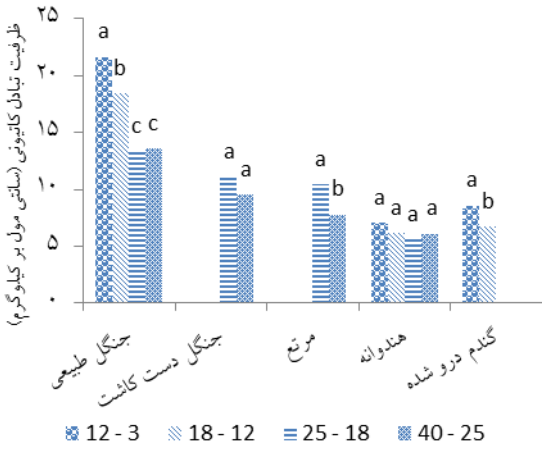
نتایج متغیرهای اندازه‌گیری شده در شیب و کاربری‌های مختلف، در شکل‌های ۹ الی ۱۶ نشان داده شده‌است.



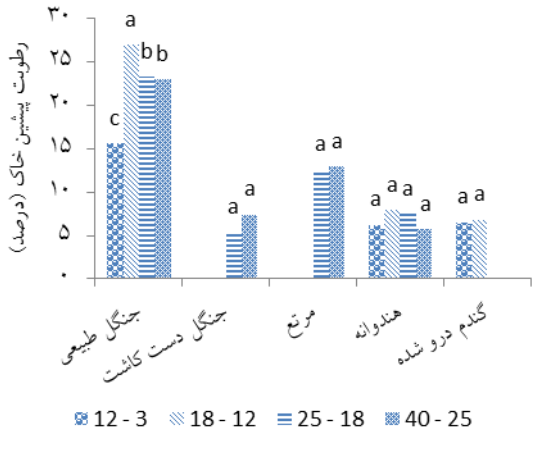
شکل ۹: میانگین رواناب در کاربری و شیب



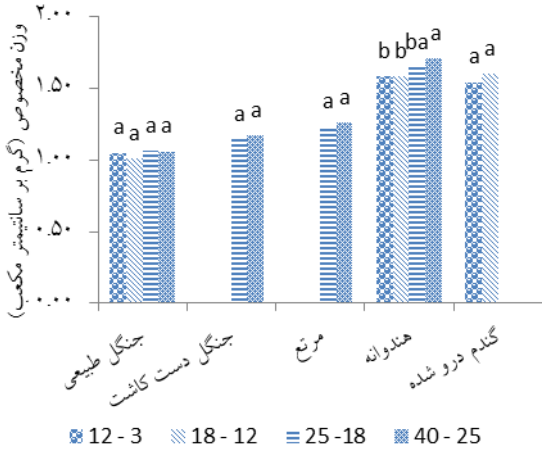
شکل ۱۰: میانگین رسوب در کاربری و شیب



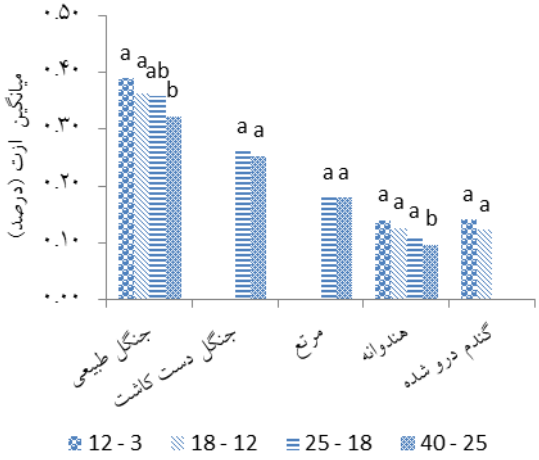
شکل ۱۱: ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در کاربری و شیب



شکل ۱۲: رطوبت پیشین خاک در کاربری و شیب

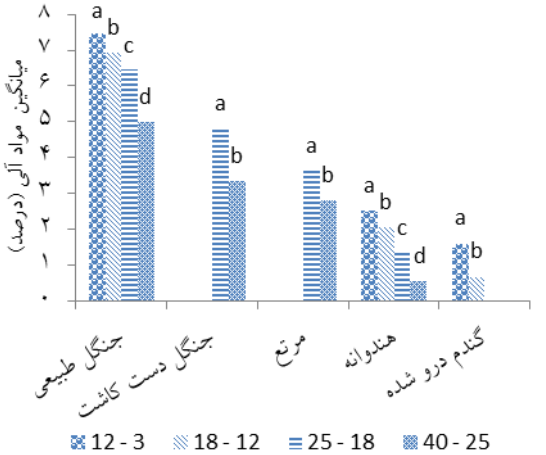


شکل ۱۳: وزن مخصوص خاک در کاربری و شیب

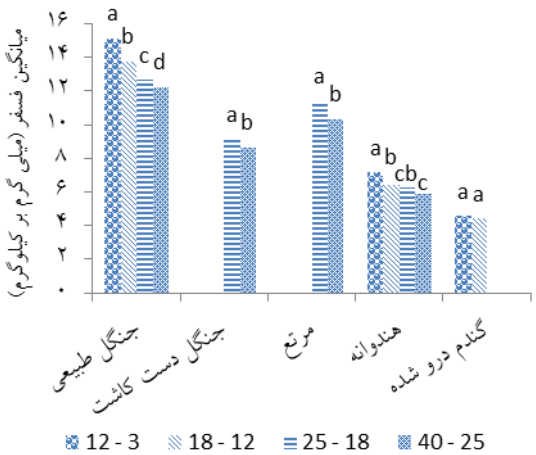


شکل ۱۴: نیتروژن خاک در کاربری و شیب

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



شکل ۱۵: مواد آلی خاک در کاربری و شیب



شکل ۱۶: فسفر خاک در کاربری و شیب

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

ج) نتایج ضریب همبستگی متغیرهای خاک با رواناب و رسوب

برای بررسی و شناخت ارتباط بین متغیرهای اندازه‌گیری شده‌ی خاک در کاربری‌های مختلف و ارتباط آنها با رواناب و رسوب، میزان همبستگی و سطح معنی‌داری متغیرها ارزیابی شد (جدول ۲).

جدول ۲: همبستگی متغیرهای اندازه‌گیری شده‌ی خاک با رواناب و رسوب

کاربری		ظرفیت تبادل کاتیونی	نیتروژن	فسفر	ماده آلی	وزن مخصوص	رطوبت پیشین
جنگل طبیعی	رسوب	-۰/۶۶**	-۰/۵۵**	-۰/۸۱**	-۰/۸۷**	۰/۲۰	۰/۲۹
جنگل دست کاشت		-۰/۶۱*	-۰/۰۵	-۰/۹۷**	-۰/۹۲**	۰/۳۷	۰/۶۶*
مرتع		-۰/۱۹	-۰/۳۴	-۰/۱۰	۰/۰۳	۰/۴۱	۰/۰۱
زراعت هندوانه		-۰/۴۰*	-۰/۷۶**	-۰/۸۳**	-۰/۸۹**	۰/۳۲	-۰/۲۹
گندم درو شده		-۰/۸۶**	-۰/۳۹	-۰/۹۴**	-۰/۸۳**	۰/۴۶	۰/۵۶
جنگل طبیعی	رواناب	-۰/۷۷**	-۰/۴۸	-۰/۹۳**	-۰/۸۶**	۰/۱۹	۰/۵۱**
جنگل دست کاشت		-۰/۶۲*	-۰/۲۳	-۰/۹۳**	-۰/۹۶**	۰/۲۹	۰/۸۲**
مرتع		-۰/۷۲**	۰/۰۶	-۰/۷۲**	-۰/۹۵**	۰/۵۹*	۰/۷۴**
زراعت هندوانه		-۰/۴۸*	-۰/۷۲**	-۰/۸۷**	-۰/۸۸**	۰/۲۰	-۰/۲۰
گندم درو شده		-۰/۸۳**	-۰/۳۸	-۰/۹۵**	-۰/۸۵**	۰/۴۱	۰/۶۷*

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

۴ـ بحث و نتیجه‌گیری

الف) مقادیر متغیرهای اندازه‌گیری شده در کاربری‌ها

طبق نتایج، رواناب در کاربری جنگل طبیعی کمترین میزان و در گندم درو شده بیشترین میزان را دارد. همچنین از نظر رواناب، بین کاربری‌های جنگل دست‌کاشت و هندوانه تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

نتایج نشان داد کمترین و بیشترین میزان رسوب اندازه‌گیری شده، به ترتیب به کاربری‌های جنگل طبیعی و هندوانه اختصاص دارد. از این نظر بین جنگل طبیعی، جنگل دست‌کاشت و مرتع همچنین بین هندوانه و گندم درو شده تفاوت معناداری وجود ندارد.

عدم وجود تفاوت معنادار در میزان رواناب جنگل دست‌کاشت در مقایسه با کاربری زراعی، می‌تواند به علت فقدان پوشش گیاهی و لاشبرگ در جنگل دست‌کاشت باشد؛ به همین علت، سطح نسبتاً زیادی از این اراضی به صورت لخت و فاقد پوشش گیاهی است. از طرف دیگر، به علت ارتفاع تاج پوشش درختان در اراضی جنگل دست‌کاشت، عملاً اندازه-گیری تأثیر تاج این پوشش در کاهش میزان رواناب و رسوب، با استفاده از شبیه‌ساز بارش ممکن نبود که این موضوع

نیز می‌تواند به عنوان یکی از علل عدم تفاوت معنی‌داری رواناب اراضی جنگل دست‌کاشت با اراضی زراعی باشد. کاهش رواناب در کاربری جنگل طبیعی در مقایسه با کاربری زراعی، توسط آزموده و همکاران (۱۳۸۹) نیز گزارش شده‌است.

افزایش رسوب در اثر تغییر کاربری از جنگل به زراعت، با نتایج تحقیقات کاویان‌پور و همکاران (۱۳۹۴) مطابقت دارد. کاهش ۲۲ برابری رسوب در کاربری جنگل طبیعی می‌تواند به علت وجود لاشبرگ و پوشش‌گیاهی در سطح جنگل باشد که نقش مهمی در کاهش غلظت رسوب دارد و به ایجاد رواناب با گل‌آلودگی کمتر در مقایسه با اراضی مرتعی و زراعی منجر می‌شود. براساس نتایج، علی‌رغم وجود رواناب بیشتر در اراضی گندم در مقایسه با کاربری هندوانه، این اراضی رسوب کمتری را ایجاد کرده‌است که علت این موضوع می‌تواند وجود بقایای گیاهی گندم باشد که سبب شده-است در مقایسه با کاربری هندوانه، رسوب کمتری به خروجی پلات‌های اندازه‌گیری برسد.

نتایج اندازه‌گیری متغیرها در کاربری‌های مختلف نشان داد که بیشترین (۲۲/۲ درصد) و کمترین (۶/۴ درصد) رطوبت پیشین خاک، به ترتیب به جنگل طبیعی و دست‌کاشت تعلق دارد. در منطقه‌ی مورد مطالعه، رطوبت پیشین خاک با تغییر کاربری از جنگل به زراعت با اختلاف معنی‌داری به میزان ۳/۲ برابر کاهش می‌یابد. برومند و همکاران (۱۳۹۳) نیز نتایج مشابهی برای کاهش رطوبت با تغییر کاربری از جنگل به زراعت بیان کردند. کاربری جنگل طبیعی به دلیل وجود تاج پوشش و لاشبرگ انبوه، از تابش مستقیم نور خورشید به کف جنگل جلوگیری می‌کند که این موضوع در افزایش رطوبت در خاک‌های این کاربری، تأثیر مهمی دارد. از سوی دیگر، کاربری جنگل دست‌کاشت از نظر میزان رطوبت با کاربری زراعت هندوانه و گندم درو شده، اختلاف معناداری از خود نشان نمی‌دهد؛ این امر به دلیل وجود درختان سوزنی برگ و تراکم پایین درختان در واحد سطح است که سبب می‌شود نور بیشتری به سطح زمین برسد.

بیشترین و کمترین میزان فسفر اندازه‌گیری شده، به ترتیب در کاربری جنگل طبیعی با ۱۳/۴ و کاربری گندم درو شده با ۴/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم اندازه‌گیری شد. با تغییر کاربری از جنگل به زراعت، فسفر به میزان ۳ برابر کاهش می‌یابد. ونگ[1] و همکاران (2001) و گائو[2] و همکاران (2009)، در کاربری‌های مختلف اراضی در فلات لس چین نتایج مشابهی ارائه کردند. نتایج نشان داد که بیشترین میزان ظرفیت تبادل کاتیونی، مربوط به کاربری جنگل طبیعی با ۱۶/۸ و کمترین آن، مربوط به کاربری هندوانه با ۶/۲ سانتی‌مول بر کیلوگرم است. کاهش ۲/۷ برابری ظرفیت تبادل کاتیونی از کاربری جنگل به اراضی زراعی در منطقه‌ی مورد مطالعه، می‌تواند ناشی از کاهش ماده‌آلی در اراضی زراعی باشد که بر میزان ظرفیت تبادل کاتیونی تأثیرگذار است. عجمی[3] و همکاران (2006) و شمسی‌محمودآبادی و همکاران (۱۳۸۸) نیز کاهش ظرفیت تبادل کاتیونی را در پی کاهش موادآلی مطرح کردند.

بیشترین میزان وزن مخصوص، در اراضی زراعی با کاربری هندوانه با ۱/۶۳ و کمترین میزان، در اراضی جنگل طبیعی با ۱/۰۵ گرم در سانتیمتر مکعب اندازه‌گیری شد. تجزیه و کاهش ماده‌آلی، کاهش تخلخل خاک و تردد زیاد ماشین‌آلات

[1] Wang
[2] Gao
[3] Ajami

کشاورزی در اراضی زراعی، به فشرده شدن لایه‌ی سطحی خاک و افزایش وزن مخصوص در این اراضی نسبت به اراضی جنگلی منجر می‌شود. خالدیان و همکاران (۱۳۹۰) و برومند و همکاران (۱۳۹۳)، نتایج مشابهی را گزارش کردند.

تغییر کاربری از جنگل به زراعت به کاهش سه برابری میزان نیتروژن منجر شد؛ به طوری که بیشترین میزان نیتروژن در جنگل طبیعی با ۰/۳۶ و کمترین میزان در زراعت هندوانه با ۰/۱۱ درصد مشاهده شد که از این نظر کاربری‌های زراعت (هندوانه و گندم درو شده)، اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند. خالدیان و همکاران (۱۳۹۰) و عجمی و همکاران (2006) در مطالعه‌ی دیگری، نتایج مشابهی را برای این امر گزارش کردند.

نتایج نشان داد که بیشترین میزان ماده‌آلی، در جنگل طبیعی ۶/۴ درصد و کمترین میزان، در کاربری گندم درو شده ۱/۱ درصد است. در خاک جنگل طبیعی به دلیل فقدان فعالیت‌های زراعی، تجمع لاشبرگ فراوان به افزایش مقدار ماده‌آلی خاک منجر می‌شود. کاهش ماده‌آلی در کاربری مرتع نیز می‌تواند ناشی از چرای مفرط دام‌ها و درنتیجه کاهش میزان لاشبرگ اضافه‌شده به خاک باشد. همچنین در کاربری زراعی، کشت و کار دائمی و عملیات شخم عمدتاً در جهت شیب، در هدر رفت و تجزیه‌ی ماده‌آلی نقش مهمی دارند. این موارد می‌تواند علت کاهش ۵/۸ برابری موادآلی در کاربری زراعی در مقایسه با کاربری جنگل در منطقه‌ی مورد مطالعه باشد. ایوبی[1] و همکاران (2011) و یوسفی‌فرد و همکاران (۱۳۸۶) نیز نتایج مشابهی را در این زمینه ارائه کردند.

ب) اندازه‌گیری متغیرها در طبقات شیب به تفکیک کاربری‌های اراضی

نتایج متغیرهای اندازه‌گیری شده در شیب و کاربری‌های مختلف نشان داد که با افزایش درصد شیب در این کاربری‌ها، حجم رواناب به‌طور معناداری زیاد می‌شود. افزایش سرعت رواناب و فقدان فرصت کافی برای نفوذ در شیب‌های بالاتر نسبت به شیب‌های پایین‌تر، می‌تواند از علل افزایش حجم رواناب در این طبقات شیب باشد. این رابطه در تحقیق آقابیگی و همکاران (2014) و اکبری مهر و نقدی[2] (2014) نیز گزارش شده‌است و با نتایج تحقیق زارع‌خورمیزی و همکاران (۱۳۸۹) مغایرت دارد که این مغایرت به علت ابعاد کوچک پلات در نظر گرفته شده در مقایسه با تحقیق حاضر است. با افزایش شیب، میزان رسوب در کاربری زراعت به‌طور معناداری افزایش می‌یابد و در سایر کاربری‌ها، تغییرات معنادار نیست. اکو[3] و همکاران (2009) و زارع‌خورمیزی و همکاران (۱۳۸۹) نیز در مطالعات خود به افزایش میزان هدررفت خاک در پی افزایش شیب اشاره کردند. وجود لاشبرگ در جنگل و مرتع، عامل مهمی در عدم وجود اختلاف معنی‌دار رسوب در طبقات شیب به شمار می‌رود. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد هیچ‌گونه رواناب و رسوبی در طبقه‌های یک و دو شیب در کاربری مرتع ایجاد نشد. ظرفیت تبادل کاتیونی در کاربری‌های مختلف با میزان شیب رابطه‌ی معکوسی دارد. کلاس‌های مختلف شیب در کاربری‌های جنگل دست‌کاشت و هندوانه، تفاوت معناداری را در ظرفیت تبادل کاتیونی نشان ندادند. بیشترین و کمترین میزان ظرفیت تبادل کاتیونی، به ترتیب در کلاس یک شیب

[1] Ayoubi
[2] Akbarimehr and Naghdi
[3] Ekwue

کاربری جنگل طبیعی (۲۱/۶ سانتی‌مول بر کیلوگرم) و کلاس سه شیب کاربری زراعت هندوانه (۵/۵ سانتی‌مول بر کیلوگرم) اندازه‌گیری شد. براساس نتایج، رطوبت خاک در شیب‌های مختلف تفاوت معنی‌داری ندارد. دلیل این موضوع می‌تواند فقدان زهکشی قابل ملاحظه در شیب‌های مختلف منطقه‌ی مورد مطالعه باشد. زارع‌خورمیزی و همکاران (۱۳۸۹) نیز نتایج مشابهی را گزارش داده‌اند. به طور کلی، در کاربری جنگل طبیعی، بیشترین میزان رطوبت به مقدار ۲۷ درصد و کمترین میزان در کاربری جنگل دست‌کاشت، به مقدار ۵/۳۷ درصد مشاهده شد.

تغییر درصد شیب، تفاوت معنی‌داری را در میزان وزن مخصوص خاک در کاربری‌های مختلف نشان نداد و از این نظر بیشترین و کمترین مقدار وزن مخصوص، به ترتیب به کلاس چهار شیب زراعت هندوانه با ۱/۷۱ و کلاس دو شیب جنگل طبیعی با ۱/۰۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب تعلق دارد. عدم اختلاف معنی‌دار وزن مخصوص در کلاس‌های مختلف شیب، در نتایج تحقیق زارع‌خورمیزی و همکاران (۱۳۸۹) و آیتن‌یو[1] (2015) نیز ارائه‌شده‌است. آمویو[2] و همکاران (2013) نیز بیان کردند که خصوصیات فیزیکی خاک در مقایسه با خصوصیات شیمیایی آن، کمتر تحت‌تأثیر شیب قرار می‌گیرند. تغییرات میزان نیتروژن در هر یک از کاربری‌ها در کلاس‌های مختلف شیب، تفاوت معنی‌داری را نشان نداد و بیشترین و کمترین میزان نیتروژن، در کلاس یک شیب جنگل طبیعی با ۰/۳۹ و کلاس چهار شیب کاربری هندوانه با ۰/۱ درصد اندازه‌گیری شد. بالاتر بودن میزان نیتروژن در اراضی جنگلی در همه کلاس‌های شیب در مقایسه با اراضی زراعی، با نتایج خرمالی[3] و همکاران (2009) مطابقت دارد. ژنگ[4] و همکاران (2011) در تحقیق دیگری تغییرپذیری نیتروژن را در کلاس‌های شیب بررسی و نتایج مشابهی ارائه کردند. نتایج نشان داد بیشترین و کمترین میزان موادآلی، در کلاس یک شیب جنگل طبیعی با ۷/۴ و کلاس چهار شیب کاربری هندوانه با ۰/۵۵ درصد اندازه‌گیری شد. افزایش درصد شیب در کاربری‌های مختلف، به کاهش معنادار در میزان موادآلی منجر شده‌است. نتایج تحقیقات ژنگ و همکاران (2011) و آیتن یو (2015) با تحقیق حاضر مطابقت دارد.

بیشترین و کمترین میزان فسفر، در کلاس یک شیب جنگل طبیعی با ۱۵/۷ و کلاس چهار شیب کاربری هندوانه با ۴/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم اندازه‌گیری شد. افزایش درصد شیب در کاربری‌های مختلف، اثرات متفاوتی در میزان فسفر به وجود آورده‌است. در کاربری جنگل و مرتع، تغییرات فسفر با افزایش درصد شیب به‌طور معناداری کاهش می‌یابد. تغییرات میزان فسفر در کاربری زراعت در طبقات مختلف شیب معنادار نیست. براساس نتایج، تغییرات فسفر در طبقات مختلف شیب تقریباً مشابه موادآلی است. این موضوع نشان می‌دهد که موادآلی در حضور یا فقدان فسفر نقش دارد. این نتیجه با نتایج تحقیق هدگو[5] و همکاران (2014) مطابقت دارد.

[1] Aytenew
[2] Amuyou
[3] Khormali
[4] Zhang
[5] Hadgu

ج) نتایج ضریب همبستگی متغیرهای خاک با رواناب و رسوب

نیتروژن و رسوب همبستگی معنی‌داری در کاربری‌های مختلف به جز زراعت هندوانه و جنگل طبیعی نشان نداند که با نتایج تحقیق ایجاز[1] و همکاران (2006) مطابقت دارد. فسفر همبستگی معکوس و قوی را با رسوب نشان داد. به جز کاربری مرتع، بیشترین و کمترین همبستگی معکوس به ترتیب ۰/۹۷ و ۰/۸۱ است. بهرامی و همکاران (۱۳۹۰) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند. رابطه‌ی ماده‌آلی با رسوب در کاربری‌های مختلف به‌جز کاربری مرتع معکوس قوی تجزیه و تحلیل شد، از این نظر بیشترین و کمترین همبستگی معکوس به ترتیب ۰/۹۲ و ۰/۸۳ محاسبه شد. کاویان[2] و همکاران (2013) نیز رابطه‌ی همبستگی معکوس قوی ماده‌آلی را با رواناب و رسوب گزارش کرده‌اند.

وزن مخصوص خاک در کاربری‌های مختلف، همبستگی معناداری با رسوب نشان نداد. نهتانی و همکاران (۱۳۹۴) نتایج مشابهی را گزارش کردند. همبستگی رطوبت پیشین با میزان رسوب در کاربری‌ها متفاوت است؛ به عبارت دیگر، رطوبت پیشین خاک در همه‌ی کاربری‌های به جز جنگل دست‌کاشت (با ضریب همبستگی مستقیم ۰/۶۶)، رابطه‌ی معناداری را با رسوب نشان نداد. نتایج نشان داد رواناب، رابطه‌ی معکوسی را با میزان ظرفیت تبادل کاتیونی نشان می‌دهد که از این نظر بیشترین و کمترین همبستگی معکوس به ترتیب ۰/۸۳ و ۰/۴۸ است. میزان نیتروژن در کاربری‌های مختلف به جز زراعت هندوانه، همبستگی معناداری را با رواناب نشان نداد. فسفر با میزان رواناب، همبستگی معکوس قوی را نشان داد که از این نظر بیشترین و کمترین مقدار همبستگی معکوس به ترتیب ۰/۹۵ و ۰/۷۲ مشاهده شد که با نتایج آقابیگی و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت دارد. ماده‌آلی، رابطه‌ی همبستگی معکوس قوی را با رواناب نشان داد. از این نظر بیشترین و کمترین همبستگی معکوس به ترتیب ۰/۹۶ و ۰/۸۵ تحلیل شد. آزموده و همکاران (۱۳۸۹) نتایج مشابهی را گزارش کردند. وزن مخصوص در کاربری‌های مختلف ــ به جز رابطه‌ی مستقیم در مرتع ــ رابطه معنی‌داری را با میزان رواناب نشان نداد. نتایج همبستگی رطوبت پیشین با رواناب، رابطه‌ی مستقیم را در کاربری‌های جنگل طبیعی، جنگل دست‌کاشت، مرتع و گندم درو شده نشان داد. رابطه‌ی همبستگی مستقیم رواناب با رطوبت پیشین، با نتایج تحقیق کاویان و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت دارد. لی‌بیزونانس[3] و همکاران (1995) در نتایج مشابهی به پیچیدگی اثر رطوبت پیشین خاک در ایجاد رواناب، اشاره کردند.

این مطالعه با هدف ارزیابی برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در کاربری و شیب‌های مختلف و تجزیه و تحلیل ارتباط این ویژگی‌ها با میزان رواناب و رسوب با استفاده از شبیه‌ساز بارش و پلات‌های نسبتاً بزرگ در حوضه‌ی آبخیز کچیک شهرستان مراوه‌تپه انجام شد. نتایج تحقیق نشان داد، ماده‌آلی تنها متغیری است که با تغییر طبقات شیب در همه‌ی کاربری‌ها اختلاف معناداری دارد. همچنین در فرآیند بررسی ارتباط بین متغیرهای اندازه‌گیری شده با مقدار رواناب و رسوب، مشاهده شد که به ترتیب ماده‌آلی، فسفر و ظرفیت تبادل کاتیونی بیشترین تأثیر را بر ایجاد رواناب و رسوب در کاربری‌های مختلف دارند. تغییرات معنی‌دار در میزان ویژگی‌های خاک در یک گرادیان شیب نشان‌دهنده‌ی تأثیر

[1] Ijaz
[2] Kavian
[3] Le Bissonnais

قابل‌توجه نوع کاربری بر این ویژگی‌هاست. افزایش میزان رواناب در کاربری زراعی در مقایسه با جنگل، اهمیت جنگل‌ها را در کاهش میزان رواناب، سیلاب و تغذیه‌ی آب‌های زیرزمینی نشان می‌دهد. از طرف دیگر، تولید رسوب بیش از ۲۰ برابر در اراضی زراعی شیب‌دار در مقایسه با جنگل، نقش این اراضی را در تولید رسوب و پر شدن مخازن سدها و تأسیسات پایین‌دست و از دست رفتن خاک با ارزش، بیش از پیش آشکار می‌سازد.

منابع

1. Aghabeigi Amin, S., H.R. Moradi, and B. Fattahi, 2014. Sediment and Runoff Measurement in Different Rangeland Vegetation Types using Rainfall Simulator. ECOPERSIA. 2(2): p. 525-538.
2. Ajami, M., F. Khormali, S. Ayoubi, and R.A. Omrani. 2006. Changes in soil quality attributes by conversion of land use on a loess hillslope in Golestan province, Iran. in 18th International Soil Meeting (ISM) on Soil Sustaining Life on Earth, Maintaining Soil and Technology Proceedings, Soil Science Society of Turkey.
3. Akbarimehr, M. and R. Naghdi, 2014. Assessing the relationship of slope and runoff volume on skid trails (Case study: Nav 3 district). Journal of Forest Science. 58(8): p. 357-362.
4. Amuyou, U.A., E.B. Eze, P.A. Essoka, J. Efiong, and O.O. Egbai, 2013. Spatial Variability of Soil Properties in the Obudu Mountain Region of Southeastern Nigeria, in International Journal of Humanities and Social Science. p. 14.
5. Armin, M., et al., Determination of hill slope, rainfall duration and soil texture in soil erosion using FEL3 rainfall simulator, in 4th National Conference on Science and Engineering of watershed management Watershed. 2008. p. 17.
6. Ayoubi, S., F. Khormali, K.L. Sahrawat, and A.C. Rodrigues de Lima, 2011.Assessing impacts of land use change on soil quality indicators in a loessial soil in Golestan Province, Iran. Journal of Agricultural Science and Technology. 13: p. 727-742.
7. Aytenew, M., 2015. Effect of Slope Gradient and Management Practices in Selected Soil Chemical and Physical Properties of Dawja Watershed, East Gojjam Zone, Ethiopia. Haramaya University.
8. Azmoudeh, A.L.I., et al., Comparing runoff and soil erosion in forest, dry farming and garden land uses soils using rainfall simulator. Journal of Water and Soil, 2010. 24(3): p. 490-500.
9. Bahrami, A., H. Noor, and S.K. Mirnia, Nutrients and organic matters transform by suspended load. NATURAL ECOSYSTEMS OF IRAN, 2012: p. 13.
10. Bahrami, A., I. Emadodin, M. Ranjbar Atashi, and H.R. Bork, 2010. Land-use change and soil degradation: A case study, North of Iran. Agriculture and Biology Journal of North America. 1(4): p. 600-605.
11. Boix-Fayos, C., G.G. Barbera, F. Lopez-Bermudez, and V.M. Castillo, 2007.Effects of check dams, reforestation and land-use changes on river channel morphology: Case study of the Rogativa catchment (Murcia, Spain). Geomorphology. 91(1): p. 103-123.
12. Boom Abad, 2010,chenarli watershed studies, Natural resources office of Golestan, 120 p.
13. Boroumand, M., S.M. Ghajar, and M.A. Bahmanyar, THE EFFECT OF LAND USE CHANGE ON SOME OF THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF SOIL (CASE STUDY: SEMESKANDE AREA OF SARI). 2014.
14. Bower, C.A., R.F. Reitemeier, and M. Fireman, 1952. Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. Soil Science. 73(4): p. 251-262.
15. Casermeiro ,M.A., J.A. Molina, M.T. De La Cruz Caravaca, J.H. Costa, M.I.H. Massanet, and P.S. Moreno, 2004.Influence of scrubs on runoff and sediment loss in soils of Mediterranean climate. Catena. 57(1): p. 91-107.

16. Cheng, Q., W. Ma, and Q. Cai, 2008.The relative importance of soil crust and slope angle in runoff and soil loss: a case study in the hilly areas of the Loess Plateau, North China. GeoJournal. 71(2-3): p. 117-125.
17. Duiker, S.W., D.C. Flanagan, and R. Lal, 2001.Erodibility and infiltration characteristics of five major soils of southwest Spain. Catena. 45(2): p. 103-121.
18. Ekwue, E.I., C. Bharat, and K. Samaroo, 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): p. 236-243.
19. Gao, Y., B. Zhu, P. Zhou, J.-L. Tang, T. Wang, and C.-Y. Miao, 2009. Effects of vegetation cover on phosphorus loss from a hillslope cropland of purple soil under simulated rainfall: a case study in China. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 85(3): p. 263-273.
20. Garcia-Ruiz, J.M. and N. Lana-Renault, 2010. Hydrological and erosive consequences of farmland abandonment in Europe, with special reference to the Mediterranean regionâ€“a review. Agriculture, ecosystems and environment. 140(3): p. 317-338.
21. Ghahraman, B. and H. Abkhezr, Improvement in intensity-duration-frequency relationships of rainfall in Iran. JWSS-Isfahan University of Technology, 2004. 8(2): p. 1-14.
22. Hadgu, F., H. Gebrekidan, and K. Kibret, 2014. BirruYitaferu. 2014. Study of phosphorus adsorption and its relationship with soil properties, analyzed with Langmuir and Freundlich models. Agriculture, Forestry and Fisheries. 3(1): p. 40-51.
23. Ijaz, A., K. Farmanullah, and A.U .Bhatti, 2006. Some physico-chemical properties of soil as influenced by surface erosion under different cropping systems on upland-sloping soil. Soil and Environ. 25(1): p. 28-34.
24. Janeau, J.L., L.C. Gillard, S. Grellier, P. Jouquet, T.P.Q. Le, T.N.M. Luu, Q.A. Ngo, D. Orange, et al., 2014.Soil erosion, dissolved organic carbon and nutrient losses under different land use systems in a small catchment in northern Vietnam. Agricultural Water Management. 146: p. 314-323.
25. Jin, K., W.M. Cornelis, D. Gabriels, W. Schiettecatte, S. De Neve, J. Lu, T. Buysse, H. Wu, et al., 2008.Soil management effects on runoff and soil loss from field rainfall simulation. Catena. 75(2): p. 191-199.
26. Kavian, A., A. Azmoodeh, and K. Solaimani, 2013.Deforestation effects on soil properties, runoff and erosion in northern Iran. Arabian Journal of Geosciences. 7(5): p. 1941-1950.
27. Kavianpoor, A.H., et al., Effect of vegetation covers on decreasing runoff and soil loss using rainfall simulation in Nesho rangeland, Mazandaran province. Geography and Enviromental Planning :(٢)٢٦ .٢٠١٥ ,p. 179-190.
28. Khaledian, Y., et al., Impact of forest degradation, changing land use and building villas on some indicators of soil quality in the watershed, Golestan province. 2011.
29. Khormali, F., M. Ajami, S. Ayoubi, C. Srinivasarao, and S.P. Wani, 2009.Role of deforestation and hillslope position on soil quality attributes of loess-derived soils in Golestan province, Iran. Agriculture ,ecosystems and environment. 134(3): p. 178-189.
30. Kiani Harchegani, M. Sadeghi, S.H.R. Asadi, H. Comparative Analysis of the Effects of Rainfall Intensity and Experimental Plot Slope on Raindrop Impact Induced Erosion (RIIE), Iranian Journal of Soil and Water Research, Volume 46, Issue 4, Page 631-640.
31. Le Bissonnais, Y., B. Renaux, and H. Delouche, 1995.Interactions between soil properties and moisture content in crust formation, runoff and interrill erosion from tilled loess soils. Catena. 25(1): p. 33-46.
32. Martinez-Murillo, J.F., E. Nadal-Romero, D. Regues, A. Cerda , and J. Poesen, 2013. Soil erosion and hydrology of the western Mediterranean badlands throughout rainfall simulation experiments: A review. Catena. 106: p. 101-112.
33. Mu, W., F. Yu, C .Li, Y. Xie, J. Tian, J. Liu, and N. Zhao, 2015.Effects of Rainfall Intensity and Slope Gradient on Runoff and Soil Moisture Content on Different Growing Stages of Spring Maize. Water. 7(6): p. 2990-3008.

34. Neter, J., M.H. Kutner, C.J. Nachtsheim, and W .Wasserman, 1996.Applied Linear Regression Models. McGraw-Hill. New York.
35. Nohtani, M., et al., Investigation of Effective Factors on Sedimentation of Loess Deposits Using Rainfall Simulator. Iranian Journal of Natural Resources, 2015. 68(2): p. 14.
36. Olsen S, Cole C, Watanabe F, Dean L (1954) Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circular Nr 939, US Gov. Print. Office, Washington, D.C.
37. Parkinson, J.A. and S.E. Allen, 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): p. 1-11.
38. Refahi, H. 2012, water erosion and soil conservation. 647 p.
39. Sadeghi, S. H. R., Gholami, L., Homaee, M., & Darvishan, A. K. (2015). Reducing sediment concentration and soil loss using organic and inorganic amendments at plot scale. Solid Earth, 6(2), 445.
40. Sanguesa, C., J. Arumi, R. Pizarro, and O. Link, 2010.A rainfall simulator for the in situ study of superficial runoff and soil erosion. Chilean Journal of Agricultural Research. 70(1): p. 170-177.
41. Seeger, M., 2007.Uncertainty of factors determining runoff and erosion processes as quantified by rainfall simulations. Catena. 71(1): p. 56-67.
42. Shamsi, M.S., et al., Effect of vegetation cover and the type of land use on the soil quaility indicators in loess derived soils in AGH-SU area (Golestan Provience). JOURNAL OF WATER AND SOIL CONSERVATION, 2011. 17(4): p. 19.
43. Tejada, M. and J.L. Gonzalez, 2008.Influence of two organic amendments on the soil physical properties, soil losses, sediments and runoff water quality. Geoderma. 145(3): p. 325-334.
44. Usefi Fard, M., A. Jalalian, and H. Khademi, Estimation of soil erosion and nutrient due to land use change using a rainfall simulator. JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY OF AGRICULTURE AND NATURAL RESOURCES, 2008. 40(1): p. 14.
45. Vanacker, V., G. Govers, S. Barros, J. Poesen, and J. Deckers, 2003.The effect of short-term socio-economic and demographic change on landuse dynamics and its corresponding geomorphic response with relation to water erosion in a tropical mountainous catchment, Ecuador. Landscape Ecology. 18(1): p .1-15.
46. Wang, J., B. Fu, Y. Qiu, and L. Chen, 2001.Soil nutrients in relation to land use and landscape position in the semi-arid small catchment on the loess plateau in China. Journal of Arid Environments. 48(4): p. 537-550.
47. Wei, S., L. Puling, Y .Mingyi, and X. Yazhou, 2003.Using REE tracers to measure sheet erosion changing to rill erosion. JOURNAL-CHINESE RARE EARTH SOCIETY-CHINESE EDITION. 21(6): p. 711-715.
48. Zare, K.M., et al., Effects of slope and soil properties on runoff and soil loss using
49. Zhang, S., X. Zhang, T. Huffman, X. Liu, and J. Yang, 2011.Influence of topography and land management on soil nutrients variability in Northeast China. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 89(3): p. 427-438.

Investigating Land Use and Slope Effects on Soil Properties, Runoff and Sediment Using Rainfall Simulator Case Study of Kechik Watershed in Golestan Province

Mohammad_Abbasi [1]***:*** *Ph.D Student, Department of Watershed Management, Gorgan University of agriculture and natural resources sciences*
Ali Najafineja: *Associate professor, Department of Watershed Management, Gorgan University of agriculture and natural resources sciences*
Vahed berdi Sheikh: *Associate professor, Department of Watershed Management, Gorgan University of agriculture and natural resources sciences*
Majid Azim Mohseni: *Assistant Professor, Department of Statistics, Golestan University*

Article History (Received: 2016/07/24 Accepted: 2016/10/13)

Extended abstract

1- INTRODUCTION

Soil erosion and its issues are among the most important environmental challenges. In many areas, soil erosion affected valuable natural resources and soil fertility. The recognition of the factors affecting runoff and soil erosion, and the determination of their issues are essential for soil and water management conducive to sustainable development. The assessment and analysis of the changes associated with the soil characteristics; runoff and sediment lead to proper planning and management.

2- THEORETICAL FRAMEWORK

Review of former studies shows that the land use change is one of the main effective factors regarding the erosion intensity whose effect is sometimes more than the rainfall intensity and slope. For quantifying the effects of land use change and slope on runoff, sediment and soil nutrients, the present study was carried out with the aim of comparing the chemical and physical properties of soil in different land uses and slope classes, and of investigating their effects on runoff and sediment.

3- METHODOLOGY

This research was accomplished in Kechik watershed on loess formation located in Maravetape township, Golestan province.Rainfall simulations were done in 4-square-meter plots on five land use including forest (Natural forest and Reforestation), rangeland, farmland (Watermelon and Harvested Wheat) and four-slope classes including 3-12%, 12-18%, 18-25% and 25-40%. Based on the three-nested design, 96 simulation experiments and samplings were done. Output runoff and sediment and soil samples were collected. Nutrient amount (Phosphorus, Nitrogen, and Organic matter), Cation Exchange Capacity, Antecedent moisture content and Soil density were measured at the laboratory.

4- RESULTS

The result showed a change in the type of land use (natural forest, forestation, rangeland, watermelon farmland and harvested wheat) due to the increase in runoff from 12.8, 40, 25.2, and

[1] **Corresponding Author:** mohammad_abbasi1382@Yahoo.com

40.7 to 54.9 lit., respectively. The average sediment changed from 57.5, 230.9, 119.1, and 1369.6 to 1190.1 regarding the land uses, respectively. The reduction of phosphorus was found from 13.4, 8.8, 10.8, and 6.3 to 4.4 in different land uses. The organic matter reduced from 6.4, 4, 3.2, and 1.6 to 1.1 in different land uses, respectively. The cation exchangeable capacity reduced from 16.8, 10.3, 9.1, and 6.2 to 7.6 c mol kg^{-1} in different land uses, respectively. The soil moisture changed from 22.2, 6.4, 12.8, and 6.8 to 6.7 in different land uses, respectively. The soil density in different land uses increased from 1.05, 1.16, 1.25, and 1.63 to 1.57 gr cm^3, respectively.

5- Discussion

According to the results, organic matter is the only variable that has significant difference affected by slope changing in all of the land uses. Also, the investigation of the relation between measured variables of runoff and sediment showed that the organic matter, phosphorus, cation exchange capacities have the highest effects on runoff and sediment, respectively. The increase in runoff in farmland comparing to the forest shows the importance of forests in reducing runoff, flood management, and ground water recharge. On the other hand, sediment production in farmlands 20 times more than in forests shows the important of forest in preventing sediment production, filling the reservoir of dams, and losing valuable soil.

Key Words: loess lands, nutrients, plot, soil loss

* Corresponding Author Email: Mohammad_abbasi1382@yahoo.com