



دوره ۳۰، شماره ۱، شماره پیاپی ۱۱۴، بهار ۱۳۹۶، صفحات ۱۳-۲  
شناسه‌ی دیجیتال: 10.22092/WMEJ.2017.115559

# پژوهش‌های مانی

(پژوهش و سازندگی)

## تغییرات زمانی کوتاه مدت رواناب، غلظت رسوب در کاربری‌های اراضی مختلف و دو شدت بارش

### • حامد روحانی

(نویسنده مسئول) استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس

### • سودابه قره محمودلو

دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس

### • طهمینه ترکاشوند

کارشناسی مرتع و آبخیزداری

### • مجتبی کاشانی

مربی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گنبد کاووس

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۲

\* Corresponding Email: rouhani.hamed@gonbad.ac.ir

### چکیده

تغییر کاربری اراضی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و در نتیجه آن بر مؤلفه‌های هیدرولوژیکی مانند حجم روان‌آب و غلظت رسوب تأثیر می‌گذارد. اطلاعات کمی درباره تغییر پذیری زمانی این مؤلفه‌های هیدرولوژیکی در کاربری‌ها و شدت بارش‌های مختلف وجود دارد، لذا هدف از این تحقیق بررسی اثر کاربری‌های مختلف اراضی بر زمان شروع روان‌آب، حجم روان‌آب و غلظت رسوب در دو شدت انتخابی است. به این منظور با استفاده از شبیه‌ساز باران اثر دو شدت بارش ۵۱ و ۸۶ میلی‌متر بر ساعت در چهار کاربری مرتع، عدس، کاه و کلش و زمین بایر در پلات یک متر مربعی در ایجاد روان‌آب و رسوب در پایگاه تحقیقاتی دانشگاه گنبد مورد بررسی قرار گرفت. هم‌چنین تغییرات زمانی میزان روان‌آب و غلظت رسوب برای مدت ۳۰ دقیقه در فواصل زمانی ۶ دقیقه برای هر کاربری اندازه‌گیری شد. نتایج تحقیق حاکی از تفاوت معنی‌دار زمان شروع روان‌آب، حجم روان‌آب و غلظت رسوب در سطح احتمال پنج درصد در دو شدت بارش مورد مطالعه با توجه به نوع کاربری بود. حجم روان‌آب و غلظت رسوب در همه‌ی بازه‌های زمانی مورد بررسی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری داشت. حجم روان‌آب در کاربری‌های مختلف در شدت‌های بارش ۵۱ و ۸۶ میلی‌متر بر ساعت به ترتیب از ۲/۳ تا ۲۴ لیتر و از ۶/۳۸ تا ۴۶/۸ لیتر در ۳۰ دقیقه متغیر بود. هم‌چنین غلظت رسوب در شدت بارش ۸۶ میلی‌متر بر ساعت به ترتیب در کاربری مرتع، عدس، کاه و کلش و بایر ۰/۵۹، ۰/۶۳، ۱/۱۶ و ۱/۸۵ گرم در لیتر و در شدت بارش ۵۱ میلی‌متر به ترتیب ۰/۳۵، ۰/۴۸، ۰/۷۹ و ۱/۲۶ گرم در لیتر بود. در دو شدت بارش مورد بررسی، اختلاف میانگین حجم روان‌آب و غلظت رسوب در کاربری‌های مطالعه شده با آزمون T استودنت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌داری بود. هم‌چنین نتایج آزمون T استودنت نشان داد که حجم روان‌آب به غیر از کاربری عاری از پوشش، در بقیه کاربری‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد دارند و غلظت رسوب فقط در پلات کاربری مرتع در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری دارند.

واژه‌های کلیدی: شبیه‌ساز باران، پاسخ هیدرولوژیکی، فرسایش، گنبد

## Short-Term Temporal Variations in Runoff, Sediment Concentration in Different Land uses under Two Rainfall Intensities

• H.Rouhani

(Corresponding Author) Assistant Prof., Faculty of Agricultural and Natural Resources, Gonbad\_e\_ Kavous University

• S. Ghareh-mahmodlu

M.Sc. Student of watershed management, Tarbiat Modares University

• T. Torkashvand

Graduated student in Range and watershed management

• M.kashani

Lecturer, Faculty of Science, Gonbad\_e\_ Kavous University

### Abstract

Land use change has a significant effect on soil physical and chemical characteristics and subsequent changes in hydrologic responses such as runoff volume and sediment concentration. Although numerous studies have mentioned vegetation cover impacts on soil erosion, relatively a few studies have quantified the temporal variation of hydrological response of runoff and sediment production under different land use and rainfall intensities. A replicated field-based rainfall simulation were performed at two selected intensities (51 and 86 mmh<sup>-1</sup>) in 1m<sup>2</sup> plots on four types of land cover (rangeland, bare soil, straw mulching, and lentil filed) at Gonbad University research site. Behaviors of runoff and sediment concentrations during 30 min rainfall simulation test were made at every 6 min intervals. The ANOVA results showed that there were significant differences between the hydrological response of the soil depending on the vegetation covers and rainfall intensities over time. The different land uses in this study resulted in runoff volumes ranging from 2.3 lit to 24 lit and from 6.38 to 46.8 lit at 30 min for 51 and 86 mmh<sup>-1</sup> - rainfall intensity, respectively. On the other hand, bare soil was most easily detached, followed by straw mulching, lentil, and rangeland. Although Student's t-test showed that there were significant effects of rainfall intensities in runoff volume on all plots except on bare soil plot. These differences are all significant at the P = 0.05 level. Moreover, only there was a statistically significant difference in sediment concentrations of rangeland plot.

Keywords: Rainfall simulator, Hydrological response, Erosion, Gonbad

منجر به کاهش نقش پوشش گیاهی در کنترل روان آب شده و باعث وقوع جریان های طغیانی با شدت بیشتری شده است. تغییر کاربری اراضی بدون در نظر گرفتن پتانسیل و قابلیت اراضی تأثیرات منفی و غیرقابل جبرانی مانند تغییر در پوشش گیاهی، افزایش زمین های بایر و شخم خورده، قطع درختان جنگلی، دگرگونی و تخریب اراضی، افزایش فرآیند بیابانی شدن، آلودگی آبها و منابع زیستی و... به همراه داشته است. با علم بر محدودیت منابع آب و خاک استفاده بهینه از آنها با

### مقدمه

امروزه فرسایش تشدید شونده خاک یک معضل مهم جهانی با اثرات زیست محیطی و اقتصادی بخوبی شناخته شده است (Dimoyiannis و همکاران، ۲۰۰۱). در ایران طی دهه های اخیر جمعیت انسانی بیش از دو برابر افزایش یافته و بدلیل اجرای طرح های توسعه کشاورزی، صنعتی و شهرسازی و هم چنین افزایش تعداد دام وابسته به مراتع بسیاری از توده های طبیعی مورد هجوم واقع شده و تخریب شده است. این امر

داد که در شدت بارش ۱۲۰ میلی-متر بر ساعت (برابر با شدت بارش معمول منطقه) به مدت یک ساعت در بازه‌ی زمانی ۳ دقیقه افزایش پوشش گیاهی سبب کاهش روان آب (به دلیل کاهش عدد فرود و رینولد)، افزایش زبری سطح خاک (با توجه به ضریب زبری مانینگ و ضریب اصطکاک ویزباخ<sup>۲</sup>) و در نهایت کاهش متوسط سرعت روان آب می‌شود. از طرف دیگر در این تحقیق کاهش بار رسوبی رابطه‌ی نمایی با درصد پوشش گیاهی داشت. پژوهش Romero و همکاران (۲۰۱۱) در مورد اثر سه کاربری بوته زار، علفزار و لکه‌های سنگی بر نفوذپذیری، تولید روان آب، غلظت رسوب در پلات ۰/۲۵ مترمربعی با شدت ۵۶ میلی‌متر بر ساعت به مدت ۳۰ دقیقه در اسپانیا نشان داد که اثر پوشش گیاهی زمین بر پاسخ‌های هیدرولوژیک و فرسایش ضعیف بود ولی جدا شدن ذرات رسوب همبستگی منفی با پوشش گیاهی زمین و همبستگی مثبت با لکه‌های سنگی داشت.

Ahmadi Iikhchi و همکاران (۲۰۰۳) مطالعه‌ای را به منظور تعیین اثر تغییر کاربری مرتع به دیم‌کاری بر میزان روان آب و فرسایش انجام دادند. نتایج نشان داد که به دلیل تخریب پوشش گیاهی، کاهش کیفیت خاک و تخریب خاک طی تغییر کاربری مرتع، مقدار روان آب سطحی و فرسایش خاک در اراضی کشاورزی به ترتیب ۳ و ۸ برابر در موقعیت پشت شیب، و ۱۱ و ۵۵ برابر در موقعیت شانه شیب بیشتر از موقعیت‌های مشابه مرتع است. مطالعات Sadeghi و همکاران (۲۰۰۶) در حوزه آبخیز گرگک در استان چهارمحال و بختیاری در مورد اثر دو کاربری دیم‌زار و مرتع فقیر بر تولید روان آب در دو فصل تابستان و زمستان با استفاده از باران‌ساز با شدت ۳۴ میلی‌متر در ساعت نشان داد که میزان روان آب در فصل تابستان در مراتع فقیر بیش‌تر از دیم‌زارها بوده است، در صورتی که در فصل زمستان، تولید روان آب در دیم‌زارها بیشتر از مراتع فقیر بوده است. Yousefi fard و همکاران (۲۰۰۷) مطالعه‌ای را با هدف برآورد رسوب، روان آب و هدررفت عناصر غذایی در چهار کاربری اراضی، شامل مرتع با پوشش گیاهی تقریباً خوب مرتع، با پوشش گیاهی ضعیف، دیم‌زار و دیم‌زارهای رهاشده واقع در منطقه سولیمان استان چهارمحال و بختیاری انجام دادند. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار روان آب در کاربری دیم‌زار رهاشده و کمترین مقدار در کاربری مرتع با پوشش گیاهی خوب ایجاد شد. بیشترین مقدار رسوب و هدررفت عناصر غذایی در کاربری دیم‌زار مشاهده شد. هم‌چنین کم‌ترین مقدار رسوب و هدررفت عناصر غذایی در کاربری مرتع با پوشش گیاهی خوب دیده شد. Najafian و همکاران (۲۰۱۰) نتیجه گرفتند که فرم‌های رویشی و مقادیر مختلف پوشش گیاهی هر یک به تنهایی بر مؤلفه‌های حجم روان آب، غلظت و بار رسوب، ضریب روان آب و زمان شروع روان آب اثر معنی‌داری

اعمال برنامه ریزی اصولی و مدیریت صحیح اراضی امکان‌پذیر است (Hajabbasi و همکاران، ۲۰۰۸).

درک و جمع‌آوری اطلاعات مربوط به جنبه‌های مختلف فرآیند روان آب و رسوب در پهنه‌های طبیعی به واسطه محدودیت‌های مالی و زمانی، شرایط سخت فیزیکی حاکم بر خاک‌های تحت پوشش کاربری‌های مختلف و نیز نوسانات غیر قابل پیش‌بینی (اقلیمی) میسر نیست (Sadeghi، ۲۰۱۰). هم‌چنین، دو رویداد بارش طبیعی از نظر تنوع در شدت، اندازه، توزیع قطر قطره و توزیع انرژی جنبشی یکسان نمی‌باشند، که در نتیجه آن درک مکانیسم‌های اساسی فرسایش خاک تحت بارش طبیعی تقریباً غیرممکن می‌باشد. به‌منظور درک این مکانیسم‌ها نیاز به یک راهکار قابل تکرار و ساده از طبیعت می‌باشد. در این رابطه استفاده از باران‌ساز<sup>۱</sup> (Lal و همکاران، ۲۰۰۰؛ Cantón و همکاران، ۲۰۰۹) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین وسایل شبیه‌سازی اجزای مختلف چرخه هیدرولوژی به خصوص باران و روان آب ناشی از آن در اولین مراحل شکل‌گیری و رخداد فرآیند فرسایش بوده است. مزایای مهم استفاده از شبیه‌ساز باران سرعت در عمل، کارایی، قابلیت کنترل و تکرار است (Paige و Stone، ۲۰۰۳). از جمله محدودیت‌های استفاده از شبیه‌ساز باران عدم توانایی ایجاد شرایط طبیعی به طور کامل (Jordan و همکاران، ۲۰۰۸)، محدودیت ایجاد شرایط رگبار و بارندگی در سطح کوچک پلات (Sheridan و همکاران، ۲۰۰۸) و نیروی انسانی فنی و ماهر برای انجام و اجرای دقیق، موفق و موثر یک برنامه مطالعاتی یا تحقیقی است.

پژوهش‌های گسترده‌ای در مورد اثر کاربری‌های مختلف بر میزان روان آب و فرسایش خاک با استفاده از شبیه‌ساز باران انجام شده است. Casermeiro و همکاران (۲۰۰۴) به بررسی تأثیر بوته‌ها بر روان آب و هدررفت خاک در خاک‌های مناطق مدیترانه‌ای پرداختند. نتایج نشان داد ساختار و فرم رویشی پوشش گیاهی عامل مهمی در شکل‌گیری روان آب است. نتایج Adekalu و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد که وزن مخصوص ظاهری خاک نقش موثری در کاهش نفوذپذیری خاک و در نتیجه افزایش روان آب دارد. Khera و Singh (۲۰۰۸) با بررسی شاخص‌های رسوب‌زایی در چهار کاربری نتیجه گرفتند که میزان این شاخص در مرتع بیش از جنگل و در کشاورزی و بایر بیش از مرتع و جنگل می‌باشد. هم‌چنین تحقیقات Martínez-Zavala و همکاران (۲۰۰۸) در اسپانیا با استفاده از باران‌ساز در دامنه‌های جنگلی پوشیده و عاری از گیاه در دو فصل زمستان و تابستان نشان داد که در فصل زمستان با وجود رطوبت بیشتر دارای روان آب و فرسایش خاک بیشتری است. پژوهش Liu و همکاران (۲۰۱۰) در جاده لسی پوشیده با درصد مختلف پوشش گیاهی نشان

## 1-Rainfall simulator

## 2-Darcy-Weisbach friction factors

کاربری‌های مختلف و شناسایی فاکتورهای موثر در روان آب از بین متغیرهای خاک کمک موثری داشته باشد.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه و کاربری‌های مورد مطالعه

با توجه به تغییر کاربری اراضی در منطقه گنبد از مرتع به کشاورزی، با توجه به نوع کشت منطقه اثر دو شدت بارش مختلف در چهار کاربری مرتع، عدس، کاه و کلش و زمین بایر در ایجاد روان آب و رسوب مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل ۲ (۲ شدت بارش و ۴ کاربری) در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار و در کل به تعداد ۲۴ پلات ۱۱ متر در پایگاه تحقیقاتی دانشگاه گنبد به وسعت ۸۵ هکتار اجرا گردید. ارتفاع متوسط منطقه مورد مطالعه ۳۶ متر بالاتر از سطح دریا می‌باشد که طبق آمار اخذ شده از ایستگاه سینوپتیک گنبد در طی سال‌های ۸۷-۱۳۷۵ شمسی متوسط بارندگی ۴۳۵ میلی‌متر و دمای متوسط سالانه ۱۸/۶۸ درجه سانتی‌گراد بود. در آزمایش از یک شبیه‌ساز باران قابل حمل مدل Delta lab Eid۳۳۰ ساخت کشور فرانسه استفاده شد (شکل ۱). پلات مورد استفاده از ورق فولادی و به مساحت ۱ متر مربع ساخته شد تا استحکام و قابلیت کوبیدن در زمین را داشته باشد. محل ورود به لوله خروجی پلات جهت جلوگیری از فرسایش موضعی و عدم نفوذ آب در آن بخش با پلاستیک پوشش داده شد.

داشتند. یافته‌های تحقیقاتی Azmoodeh و همکاران (۲۰۱۰) در مورد مقایسه میزان روان آب و فرسایش در خاک‌های تحت پوشش کاربری‌های جنگل، زراعی و باغ با استفاده از شبیه‌ساز باران مشخص کرد که کاربری جنگل مورد مطالعه به نسبت اراضی کشاورزی دارای حجم روان آب بیشتر و فرسایش و غلظت رسوب کمتر می‌باشد. طبق مطالعات انجام شده می‌توان دریافت که کاربری‌های مختلف و همچنین خصوصیات فیزیکی خاک اثر قابل ملاحظه‌ای در پاسخ هیدرولوژیکی دارند. طبق بررسی نگارندگان مقاله، روند تغییرات ایجاد روان آب و رسوب در واحد زمان در سطح پلات در مطالعات میدانی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. از آنجا که رشد و توسعه پایدار منابع طبیعی و کشاورزی بدون توجه به تناسب اراضی امکان پذیر نیست؛ پژوهش حاضر با هدف تعیین زمان شروع روان آب و مقدار روان آب و غلظت رسوب با استفاده از شبیه‌ساز باران بر پلات یک متر مربعی پاسخ به سوالات زیر بوده است:

- ۱- تأثیر چهار کاربری مرتع، عدس، کاه و کلش و زمین بایر در دو شدت بارش ۵۱ و ۸۶ میلی‌متر بر ساعت بر زمان شروع روان آب.
  - ۲- تأثیر کاربری‌های ذکر شده در دو شدت ۵۱ و ۸۶ میلی‌متر بر ساعت بر میزان روان آب و غلظت رسوب در گام‌های زمانی ۶ دقیقه‌ای برای مدت ۳۰ دقیقه.
- نتایج این مطالعه می‌تواند در مدیریت اراضی و حفاظت خاک در



شکل ۱- شبیه‌ساز باران قابل حمل مدل Delta lab Eid۳۳۰

بهره‌گیری در همانندسازی باران، از داده‌های مربوط به ایستگاه سینوپتیک گنبد در فاصله ۵۰۰ متری سایت مورد مطالعه استفاده شد. با توجه به این که در عملیات اصلاحی آبخیزداری به منظور اقدامات کنترلی فرسایش و رسوب، بارندگی‌هایی با دوره بازگشت ۱۰ تا ۲۰ ساله مورد نظر است (Esmali و همکاران، ۱۳۸۹)؛ مطابق این داده‌ها، بیشینه شدت ۳۰ دقیقه‌ای با دوره بازگشت‌های ۱۰ و ۱۰۰ ساله در یک دوره آماری ۱۲ ساله، از روش لوگ پیرسون تیپ بترتیب برابر با ۵۱ و ۸۶ میلی‌متر بر ساعت محاسبه گردید. برای اینکه بتوان تنها متغیرهای کمی مد نظر خاک و پوشش گیاهی بر میزان روان آب دخالت داد؛ مدت بارش، شیب، میکروتوپوگرافی در تمامی آزمایش‌های شبیه

برای اندازه‌گیری پاسخ هیدرولوژیکی در تیمارهای مورد بررسی از آن جا که انرژی جنبشی حاصل از شدت بارندگی ۳۰ دقیقه‌ای در میزان فرسایش موثر شناخته شده است (Hosseini, Refahi, ۱۳۸۵) و همکاران، ۲۰۰۹؛ Romero و همکاران، ۲۰۱۱) در زمان‌های ۶ دقیقه‌ای به مدت ۳۰ دقیقه در محل انتهایی هر پلات یک ورق پلاستیکی در نظر گرفته شد تا روان آب ایجاد شده پس از عبور از روی آن به استوانه مدرج هدایت و اندازه‌گیری گردد.

### روش انجام پژوهش

به منظور دستیابی به ویژگی‌های بارندگی منطقه مورد مطالعه برای

در دو شدت مورد بررسی آزمون T- استودنت با نمونه‌های مستقل استفاده شد. همچنین مقایسه روان آب و رسوب تولیدی در هر کاربری و در دو شدت بارش به‌طور مستقل از تجزیه واریانس در سطح احتمال ۵ درصد در محیط نرم‌افزاری SPSS ۱۸ انجام شد.

### نتایج

نتایج مربوط به آنالیز نمونه‌های خاک در جدول (۱) ارایه شده است. طبق جدول (۱) بیشترین درصد رس و شن در پلات عاری از پوشش مشاهده گردید. جرم ویژه ظاهری خاک در کاربری‌های عدس، مرتع، کاه و کلش و زمین بایر به‌ترتیب ۱/۲۱، ۱/۱۶، ۱/۲۲ و ۱/۴۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود. در آزمون مقایسه بین واریانس‌ها (جدول ۲) برای متغیر وابسته کاربری اراضی، زمان شروع روان آب در دو شدت بارش در کاربری‌های مورد مطالعه، اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد مشاهده نشد. به‌عبارت دیگر در هر دو شدت بارش، پیش فرض همسانی واریانس‌ها برای زمان شروع روان آب پذیرفته شد، لذا از روش حداقل تفاوت معنی‌داری استفاده گردید. در صورتی که در مورد بقیه متغیرهای مورد بررسی با توجه عدم همسانی واریانس‌ها، آزمون گیمز- هوول اعمال گردید. همچنین همسانی واریانس‌ها برای متغیر وابسته زمان (جدول ۲) پذیرفته نشد و آزمون گیمز- هوول استفاده شد.

سازی باران ثابت و یکسان در نظر گرفته شد (Azmoodeh و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین پس از هر شبیه سازی، نمونه‌های روان آب به طور مستقیم در خروجی پلات توسط استوانه مدرج در فواصل زمانی مشخص اندازه گیری شد (Marques و همکاران، ۲۰۰۷). با ثبت فاصله زمانی آغاز بارش تا آغاز روان آب با زمان سنج، زمان آغاز روان آب مشخص گردید. قبل از آزمایش نمونه‌های خاک، از نقاط مجاور هر پلات از عمق ۵ سانتی‌متری برای تعیین برخی ویژگی‌های فیزیکی، خاک تهیه و به آزمایشگاه ارسال شد. سپس نمونه خاک هر کاربری وزن شد و به مدت یک شبانه روز با دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد در آن گذاشته شد و مجدداً وزن گردید. از تفاضل میزان وزن اولیه و ثانویه رطوبت وزنی خاک به دست آمد. بافت خاک از روش هیدرومتری، جرم ویژه ظاهری خاک از روش سیلندر، درصد ماده آلی از روش والکلی بلاک محاسبه گردید. تغییرات زمانی میزان روان آب و غلظت رسوب در فواصل زمانی ۶ دقیقه برای هر کاربری مورد مقایسه قرار گرفت. آزمون تساوی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لون<sup>۱</sup> بررسی شد. در مرحله بعد جهت بررسی تفاوت بین گروه‌ها، اگر فرضیه برابری واریانس‌ها قبول شود، از روش حداقل تفاوت معنی‌داری در غیر این صورت آزمون گیمز- هوول<sup>۲</sup> انجام می‌گیرد (Behboodan، ۲۰۰۹). برای مقایسه اختلاف میانگین زمان شروع روان آب، حجم روان آب و غلظت رسوب

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی میانگین متغیرهای اندازه گیری شده خاک

متغیر	عدس	کاه کلش	مرتع	بایر
رس (%)	۳۲ <sup>c</sup>	۳۱ <sup>c</sup>	۳۷ <sup>b</sup>	۴۳ <sup>a</sup>
سیلت (%)	۳۳ <sup>ab</sup>	۳۴ <sup>a</sup>	۳۲ <sup>bc</sup>	۳۱ <sup>c</sup>
شن (%)	۳۵ <sup>a</sup>	۳۵ <sup>a</sup>	۳۱ <sup>b</sup>	۲۶ <sup>c</sup>
وزن مخصوص ظاهری (g/cm <sup>3</sup> )	۱/۲۱ <sup>b</sup>	۱/۱۶ <sup>b</sup>	۱/۲۲ <sup>b</sup>	۱/۴۵ <sup>a</sup>
ماده آلی (%)	۱/۵ <sup>b</sup>	۲ <sup>c</sup>	۱/۸ <sup>a</sup>	۰/۷ <sup>d</sup>
رطوبت قبلی خاک (%)	۹ <sup>b</sup>	۸ <sup>c</sup>	۱۰ <sup>a</sup>	۷ <sup>d</sup>
pH	۷/۵	۷/۶	۷/۶	۷/۸

1- Levene's Test

2- Games-Howell

جدول ۲- آزمون همسانی راریانس ها در کاربری های مختلف

شدت بارش (میلی متر در ساعت)	کاربری		زمان		
	معنی طری	آماره لون	معنی طری	آماره لون	
۵۱	-/۵۶	-	-	-	زمان شروع روان آب
۸۶	۱/۵۷	-/۲۷	-	-	
۵۱	۲۸/۵۸	-/۰۱	۲/۸۵۵	-/۰۸۱	حجم روان آب
۸۶	۴/۱۸	-/۰۰	۲/۳۴۵	-/۱۲۵	
۵۱	۱۲/۰۵	-/۰۰	۱/۶۱۵	-/۲۴۵	غلظت رسوب
۸۶	۵/۴۷	-/۰۲	-/۴۹۶	-/۴۹۶	

مطالعه بر کاربری های مورد تحقیق نمایانگر بیشترین حجم روان آب در کاربری عاری از پوشش می باشد؛ که به طور معنی داری با سایر تیمارها اختلاف داشت (شکل ۲). بیشترین غلظت رسوب در دو شدت بارش مربوط به کاربری بایر (با میانگین ۱/۸۵ و ۱/۲۶ گرم در لیتر به ترتیب در شدت بارش ۸۶ و ۵۱ میلی متر در ساعت) بود که تفاوت معنی داری با سایر کاربری ها داشت. کمترین غلظت رسوب در دو شدت مورد بررسی مربوط به کاربری مرتع سپس عدس بود که تفاوت معنی داری با هم نشان نداد (شکل ۲).

طرح آزمایشی مورد استفاده برای بررسی تفاوت روند زمانی تغییرات روان آب و غلظت رسوب در دوره زمانی ۳۰ دقیقه بصورت طرح کرت های خرد شده در زمان در قالب بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار بود. نتایج اولیه به دست آمده از تجزیه واریانس در جدول ۳ نشان می دهد که حجم روان آب و غلظت رسوب در سطوح مختلف زمانی در کاربری های مورد مطالعه اختلاف معنی داری را در سطح ۵ درصد دارند.

زمان شروع روان آب، حجم روان آب و غلظت رسوب در سطح احتمال پنج درصد در دو شدت بارش مورد مطالعه با توجه به کاربری و زمان اختلاف معنی داری را نشان دادند (جدول ۳). نتایج آنالیز واریانس در شکل ۲ بیانگر اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد برای زمان شروع روان آب در کاربری های مختلف با شدت بارش با دوره برگشت ۱۰ ساله بود. زمان شروع روان آب در کاربری مرتع، عدس، کاه و کلش و کاربری عاری از پوشش به ترتیب ۲۹۱، ۲۶۵، ۱۷۵ و ۱۴۸ ثانیه بود. اثر شدت بارش ۸۶ میلی متر در ساعت بر زمان شروع روان آب نشان داد که هر چند زمان شروع روان آب در کاربری مرتع بیشتر از کاربری عدس می باشد، بین کاربری های مرتع و عدس اختلاف معنی دار وجود ندارد، اما بین کاربری کاه و کلش و بایر با کاربری های مرتع و عدس اختلاف معنی داری وجود دارد (شکل ۲). به طوری که زمان شروع روان آب در کاربری مرتع، عدس، کاه و کلش و کاربری عاری از پوشش به ترتیب ۲۲۷، ۲۲۱، ۱۲۷ و ۷۸ ثانیه می باشد. همچنین نتایج در دو شدت مورد

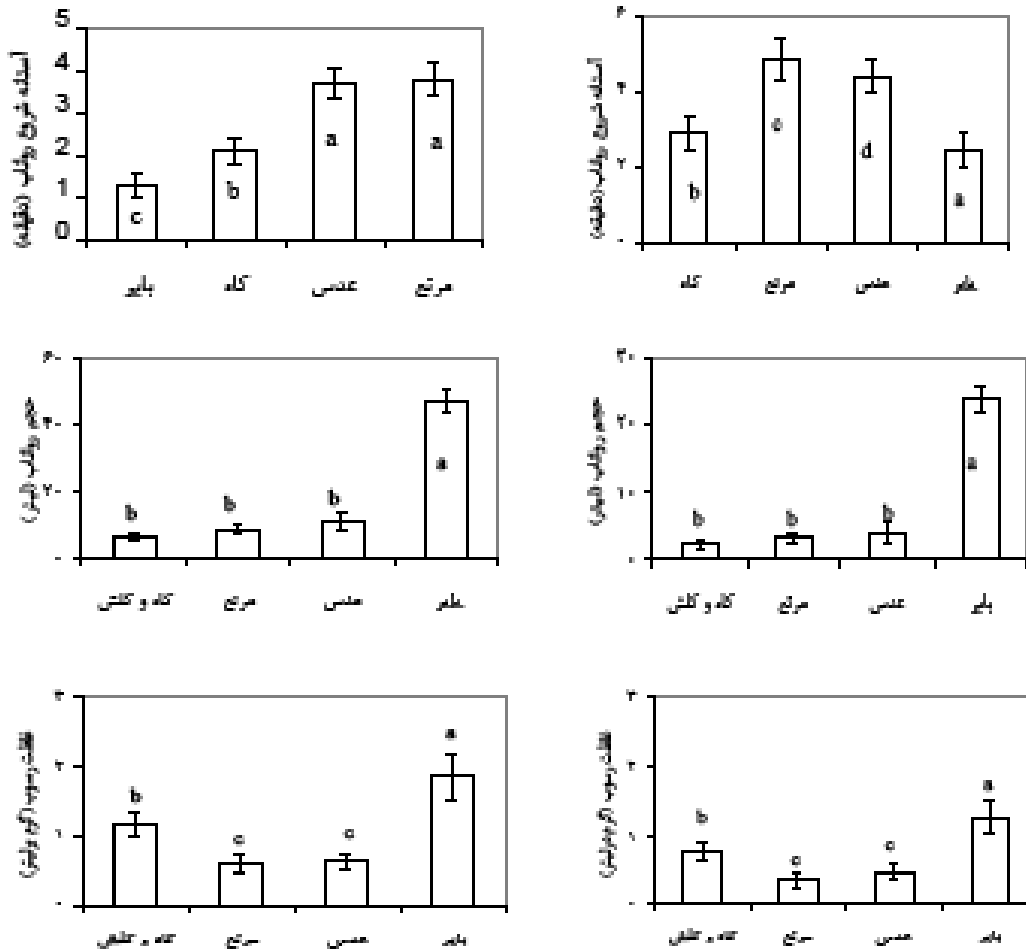
جدول ۳- تجزیه واریانس در شدت بارش مورد بررسی بر عامل های مورد تحقیق

متغیر	درجه آزادی	میانگین مربعات مقادیر مورد بررسی					
		(شدت بارش ۵۱ میلی متر در ساعت)		(شدت بارش ۸۶ میلی متر در ساعت)			
تنسور	آزمایی	زمان شروع	حجم روان	غلظت رسوب	زمان شروع	حجم روان	غلظت رسوب
کاربری	۲	۴/۶۸۸*	۶۷/۸۴*	۲/۴۴۲*	۴/۴۴۳*	۲۲۵/۲۸*	۵/۲۷۰*
زمان	۴	-	-/۶۶۷*	-/۸۲۲*	-	۲/۳۶۸*	۱/۳۴۵*

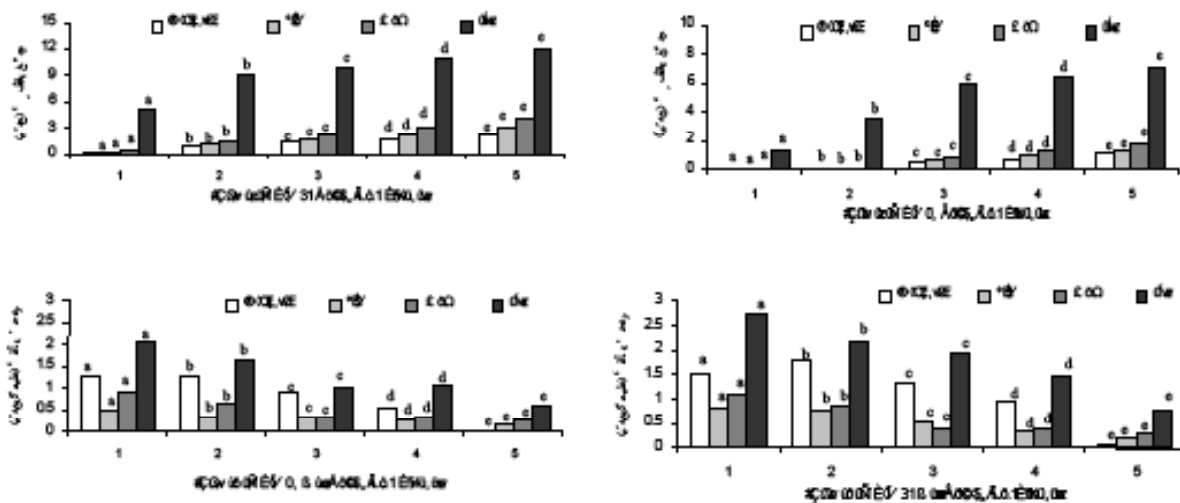
\* سطح معنی داری ۵ درصد

در دقایق اولیه آزمایش در کاربری‌های مورد بررسی بالاترین مقدار ثبت شد. هم‌چنین مطابق شکل ۳ در دو گام زمانی اول، افزایش حجم روان‌آب در شدت بارش ۸۶ میلی‌متر در ساعت در کاربری مرتع و عدس تقریباً بین ۱۲ تا ۱۵ برابر حجم روان‌آب در شدت بارش ۵۱ میلی‌متر در ساعت در گام زمانی مشابه می باشد.

شکل ۲ تغییرات زمانی حجم روان‌آب و غلظت رسوب در پاسخ به بارش در کاربری‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. حجم روان‌آب و غلظت رسوب در همه‌ی بازه‌های زمانی مورد بررسی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری دارند. مطابق شکل ۳ حجم روان‌آب در همه کاربری‌ها با گذشت زمان افزایش می یابد؛ به‌طوری‌که غلظت رسوب



شکل ۲- ملایسه میانگین‌های تاثیر کاربری‌ها مختلف بر زمان شروع روان‌آب، حجم روان‌آب و غلظت رسوب در شدت بارش ۵۱ میلی‌متر در ساعت (سمت راست) و ۸۶ میلی‌متر در ساعت (سمت چپ). اختلاف یا حروف مشخص شده است (میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری و کیمر- هول در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارد).



شکل ۳- مقایسه میانگین روان‌آب (۱) و میانگین رسوب (۲) و میانگین زمان شروع روان‌آب (۳) و میانگین غلظت رسوب (۴) در سطوح مختلف بارش مورد بررسی در کاربری‌های مورد مطالعه

با آزمون T- استودنت بررسی شد. نتایج نشان داد که حجم روان‌آب به غیر از کاربری عاری از پوشش، در بقیه کاربری‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد دارند (جدول ۵). هم‌چنین نتایج آنالیز نشان داد که غلظت رسوب در کاربری مرتع در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری دارند و در کاربری عدس در سطح ۱۰ درصد اختلاف معنی‌داری دارد (جدول ۵).

برای اثبات معنی‌دار بودن اختلاف میانگین زمان شروع روان‌آب، حجم روان‌آب و غلظت رسوب در دو شدت بارش در کاربری‌های مورد مطالعه با آزمون T- استودنت با نمونه‌های مستقل (در سطح اطمینان ۹۵ درصد) مقایسه شد (جدول ۴). نتایج نشان داد که زمان شروع روان‌آب در دو تیمار شدت بارش مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری ندارند ولی حجم روان‌آب و غلظت رسوب تفاوت معنی‌داری دارند. در مرحله بعد در هر کاربری مربوط به صفات مورد بررسی تحت دو شدت

جدول ۴- آزمون T- استودنت با نمونه‌های مستقل

t	معنی‌داری	
۳/۵۴	۰/۰۰۰	حجم روان‌آب
۲/۷۳	۰/۰۱۷	غلظت رسوب
۰/۷۵	۰/۲۴	زمان شروع روان‌آب



## جدول ۵- آزمون T- استرکت برای مقایسه میانگین حجم روان آب و غلظت رسوب در دو شدت بارندگی

مورد بررسی: کاربری‌های مورد مطالعه

معنی طری	حجم روان آب			رسوب		
	بایر	عدس	مرتع	بایر	عدس	مرتع
	۰/۲۵۹	۰/۰۳۲	۰/۰۲۷	۰/۲۸۱	۰/۰۲۴	۰/۰۰۲
T	۵/۳۱۶	۳/۵۱۷	۳/۲۶۶	۳/۳۵۰	۱/۲۵۵	۲/۹۲۴

## بحث و نتیجه گیری

نتایج آنالیز خاک نشان داد که کاربری عاری از پوشش، میزان رس بیشتری از دیگر کاربری‌های این مطالعه دارد. وجود مواد رسی خیلی زیاد (بیش از چهل درصد) باعث افزایش ضریب روان آب و فرسایش می شود (Refahi, ۲۰۰۶). وجود مواد شنی به دلیل آنکه ذرات آنها از نظر انتقال درشت است سبب افزایش نفوذپذیری خاک می‌گردند، ضریب روان آب و در نتیجه فرسایش کاهش می یابد (Refahi, ۲۰۰۶). Santos و همکاران (۲۰۰۳) بیان کردند که خاک‌های دارای مقادیر بیشتر شن، به دلیل داشتن سرعت نفوذ آب بیشتر، روان آب کمتری تولید می‌کنند که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. کاربری کاه و عدس میزان ذرات شن بیشتر و حجم روان آب کمتری دارد که در مقالات مشابه نیز گزارش شده است (Azmoodeh و همکاران، ۲۰۱۰ و Adekalu و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین ملاحظه شد به دلیل عدم پوشش گیاهی و کاهش ماده آلی در کاربری زمین بایر، وزن مخصوص ظاهری خاک افزایش یافته است که باعث کاهش تخلخل و نفوذپذیری و تراکم زیاد سطح خاک می شود و موجب می‌شود حجم بیشتری از روان آب جاری شود. این امر به ارتباط مثبت وزن مخصوص ظاهری خاک با میزان روان آب اشاره دارد (Azmoodeh و همکاران، ۲۰۱۰؛ Adekalu و همکاران، ۲۰۰۶؛ Masri و Ryan، ۲۰۰۶؛ Commandeur، ۱۹۹۲).

Siegriest و همکاران (۱۹۹۸) بیان کردند که وجود ماده آلی در خاک، ظرفیت نگهداری آب، تخلخل و در نتیجه نفوذپذیری افزایش و حجم روان آب کاهش می‌یابد؛ که با نتایج تحقیق حاضر مطابق می‌باشد. از طرف دیگر کاربری بایر دارای محتوی مواد آلی کمی بوده (جدول ۱) و در نتیجه دارای خاکدانه (Oades و Tisdall، ۱۹۸۲) و ساختار سست (Farres، ۱۹۸۷) می باشد و با توجه به حجم روان آب زیاد و ماده آلی کم، غلظت رسوب در کاربری بایر زیاد می‌باشد که با یافته‌های تحقیقاتی Ghoddusi و همکاران (۲۰۰۶)، کانتو و همکاران (۲۰۰۹) و Najafian و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت دارد. از طرفی طبق اظهارات Najafian و همکاران (۲۰۱۰) برگرفته از Pan و Shangguan (۲۰۰۶) مقدار حجم روان آب

در خاک عاری از پوشش استعداد قابل توجهی در تولید روان آب و رسوب داشته و در اثر بارش بر روی سطح خاک حجم قابل توجهی از روان آب و رسوب ایجاد می کند. حجم روان آب در کاربری کاه و کلس در دو شدت مورد بررسی نسبت به کاربری‌های مرتع و عدس کمتر بود هر چند تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. دلیل این امر این است که کاه و کلس باقیمانده از زراعت‌های قبل در مقایسه با آسمانه گیاه در درصد‌های پوشش مساوی به دلیل در برگرفتن قطرات باران در سطح زمین اجازه نمی‌دهد که آنها مجدداً سقوط نمایند و همچنین مالچ سطحی با داشتن سطح تماس کافی با زمین از جریان هرز آب ممانعت می‌کند (Refahi، ۲۰۰۶). با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که روان آب تولید شده در کاربری‌های مختلف که از لحاظ فاکتورهای کمی خاک و پوشش گیاهی در وضعیت یکسانی نبودند کاملاً متفاوت است.

همچنین طبق جدول (۱) بیشترین درصد ماده آلی در کاربری کاه و کلس، مرتع و عدس مشاهده می‌گردد؛ که نشان دهنده پتانسیل این دو کاربری در کاهش روان آب و فرسایش می‌باشد. زمان شروع روان آب در کاربری کاه و کلس نسبت به کاربری‌های مرتع و عدس زودتر شروع شده است که در نتیجه آن هر چند حجم روان آب نسبت به دو کاربری دیگر اختلاف معنی‌داری ندارد؛ اما غلظت رسوب در کاربری کاه و کلس تفاوت معنی‌داری با دو کاربری دیگر دارد (شکل ۲). این یافته با نتایج Raisiayn و Charkhabi (۲۰۰۴) همسو می‌باشد. بررسی‌های آماری نشان داد که به دلیل زمان کمتر برای رسیدن به حالت اشباع در کاربری فاقد پوشش گیاهی که دارای شن کمتر و رس بیشتری نسبت به کاربری‌های دیگر مورد مطالعه می‌باشد؛ زمان شروع روان آب سریع‌تر آغاز شده است که با نتایج Hosseini و همکاران (۲۰۰۹) هم‌خوانی دارد. مطابق شکل ۲ زمان شروع روان آب در کاربری بایر در بارش با شدت ۵۱ میلی متر بر ساعت تقریباً ۲ برابر زمان شروع روان آب در بارش با شدت ۸۶ میلی‌متر بر ساعت می باشد اما این نسبت در سه کاربری دیگر بین ۱/۲ تا ۱/۴ می باشد؛ که نتایج این مطالعه نیز نقش پوشش گیاهی در افزایش شروع زمان روان آب را نشان می‌دهد.

- Bakhtiari Province. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 6 (4).103-115. (In Persian)
4. Azmoodeh A., Kaviani, A., Soleimani, K. and Vahabzadeh, Gh. (2010) Comparing runoff and soil erosion in forest, dry farming and garden land uses soils using rainfall simulator. Journal of Water and Soil. 24: 3. 490-500. (In Persian).
5. Behboodian, J., 2009. Introductory statistics and probability. Astan Ghods Razavi Press, Mashhad. 349p. (In Persian)
6. Cantón, Y., Solé-Benet, A., Asensio, C., Chamizo, S. and Puigdefábregas, J. (2009) Aggregate stability in range sandy loam soils relationships with runoff and erosion. Catena. 77. 192-199.
7. Casermeiro, M.A., Molina, J.A., Delacruz Caravaca, M.T., Hernando Massanet, M.I. and Moreno, P.S. (2004) Influence of scrubs on runoff and sediment loss in soils of Mediterranean climate. Catena. 57: 97-107.
8. Commandeur, P.R. (1992) Soil erosion studies using rainfall simulation on forest harvested areas in British Columbia, Erosion, Debris Flows and Environment in Mountain Regions Proceedings of the Chengdu Symposium, July. IAHS Publ. no. 209.
9. Dimoyiannis, D.J., Valmis, S. and Vyrlas, P. (2001) A rainfall simulation study of erosion of some calcareous soils. GlobalNest International Journal. 3 (3). 179-183.
10. Esmali, A., and Abdollahi, Kh. 2009. Watershed management and soil conservation. 2nd Edition. Mohaghegh Ardabil Univ. Press, 574p. (In Persian)
11. Farres, P.J. (1987) The dynamics of rainsplash erosion and the role of soil aggregate stability. Catena. 14. 119-130.
12. Hosseini, S.H., Feiznia, S., Peyrovan, H.R., and Zehtabian, Gh.R. (2009) Assessment of runoff and sediment generation in Neogene units under rainfall simulator (Case study: Taleghan Basin). Journal of Range and

در تحقیق حاضر غلظت رسوب در کاربری کاه و کلش نسبت به دو کاربری عدس و مرتع اختلاف معنی داری داشت. شاید هر چند بعد از خاک و ریزی خلل و فرج افزایش یافته است و منجر به کاهش وزن مخصوص ظاهر خاک شده ولی سست شدن خاک، باعث کاهش مقاومت برشی و در نهایت افزایش غلظت رسوب نسبت به دو کاربری دیگر می شود؛ هر چند حجم روان آب در آن کاربری بر اثر عملیات شخم و افزایش قدرت جذب خاک نسبت به دو کاربری مرتع و عدس کمتر است.

غلظت های رسوب در دقایق اولیه آزمایش بالاترین مقدار ثبت شد که می توان دلیل آن را شرایط رطوبتی کم در اوایل آزمایش ذکر کرد که مستعد برای فرسایش پاشمانی می شود؛ بعد از مدتی ورقه نازکی از لایه آب در مرحله بعدی در مقابل فرسایش پاشمانی محافظت می کند و باعث کاهش پاسخ فرسایشی می شود.

تخریب پوشش گیاهی، تنزل کیفیت خاک، کاهش نفوذ آب در خاک (Moghadam, 2008)، ایجاد سله در سطح خاک و افزایش حساسیت خاک سطحی (Yousefi fard و همکاران، 2007) تولید روان آب را در پی خواهد داشت. وجود گیاهان از سفت شدن یکنواخت سطح خاک جلوگیری می کند و این امر در نفوذ آب حاصل از بارندگی موثر است (Moghadam, 2010). پوشش گیاهی یک عامل حفاظتی می باشد که خسارت ناشی از باران را کاهش می دهد و در نتیجه خاک استوار و پایدار می ماند (Moghadam, 2010). لذا به دلیل تأثیر مثبت و موثر پوشش گیاهی در کاهش حجم روان آب و غلظت رسوب پیشنهاد می شود فعالیت های مدیریتی متناسب با استعداد های اراضی و متغیر های کمی موثر بر کیفیت خاک و توان برگشت پذیری کیفیت خاک از دست رفته طراحی و اجرا گردد.

## منابع

1. Adekalu, K.O., Okunade, D.A. and Osunbitan, J.A. (2006) Compaction and mulching effects on soil loss and runoff from two southwestern Nigeria agricultural soils. Geoderma. 137. 226-230.
2. Adekalu K.O., Olorunfemi I.A. and Osunbitan J.A. (2007) Grass mulching affects on infiltration, surface runoff and soil loss on three agricultural soils in Nigeria. Bioresource Technology. 98. 912-917.
3. Ahmadi Ikhchi, M., Hajabbassi, A. and Jalalian, A. (2003) Effects of converting range to dry-farming land on runoff and soil loss and quality in Dorahan, Chaharmahal &

21. Moghadam, M. (2008) Range and range management, 5Th Edition, Tehran Univ. Press, 470p. (In Persian)
22. Najafian, L., Kaviani, A., Ghorbani, J. and Tamartash, R. (2010) Effect of life form and vegetation cover on runoff and sediment yield in rangelands of Savadkooch region, Mazandaran. Rangeland. 4 (2). 334-347. (In Persian)
23. Pan, Ch. and Shangguan, Zh. (2006) Runoff hydraulic characteristics and sediment generation in sloped grassplots under simulated rainfall condition. Journal of Hydrology. 331 (1-2). 178-185.
24. Raisiayn, R. and Charkhabi, A.H. (2004) Effect of slope and land uses on soil erosion and sedimentation on Gorgag watershed. 1st National conference on Watershed Management and Soil and Water Management. Kerman, Iran. (In Persian)
25. Refahi, H.Gh. (2006) Soil erosion by water and conservation. Tehran Univ. Press, 671p. (In Persian)
26. Romero, N.E., Lasanta, T., Regüés, D., Renault, L.N. and Creda, A., (2001) Hydrological response and sediment production under different land cover in abandoned farmland fields in a Mediterranean mountain environment. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles. 55. 303-323.
27. Sadeghi, S.H.R. (2010) Study and measurement of water erosion, Tarbiat Modares Univ. Press, 200p. (In Persian)
28. Sadeghi, S.H.R., Razavi, S.L. and Reeisian, R. (2006) Comparison between rainfed and poor land rangeland uses in runoff and sediment yield in summer and winter. Agricultural Research. 6 (4). 11-21. (In Persian)
29. Santos F.L., Reis, J.L., Martins O.C., Castanheria N.L., and Serralherio, R.P. (2003) Comparative assessment of infiltration, Watershed Management. 62 (2). 215-229. (In Persian)
13. Hajabbasi, M.A., Besalatpour, A. and Melali, A.R. (2008) Impacts of converting rangelands to cultivated land on physical and chemical properties of soils in West and Southwest of Isfahan. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 11 (42). 525-534. (In Persian)
14. Ghoddusi, J., Tavakoli, M., Khalkhali, S.A., and Soltani, M.J. (2006) Assessing effect of rangeland exclusion on control and reduction of soil erosion rate and sediment yield. Journal of Iranian Pajouhesh and Sazandegi. 19(3). 136-142. (In Persian)
15. Jordan, A., Martinez-Zavala, L., and Bellinfante, N. (2008) Heterogeneity in soil hydrological response from different land cover types in southern Spain. Catena. 74. 137-143.
16. Lal, R., Ahmadi, M. and Bajracharya, R.M. (2000) Erosional impacts on soil properties and corn yield on Alfisols in central Ohio. Land Degradation and Development. 11. 575- 585.
17. Liu, G., Tian, F.X., Warrington, D.N., Zheng, S.Q., and Zhang, Q. (2010) Efficacy of grass for mitigation runoff and erosion from an artificial loessial earthen road. Transactions of the ASABE. 53(1). 119-125.
18. Marques, M.J., Bienes, R., Jimenez, L and Perez-Rodrigues, R. (2007) Effect of vegetal cover on runoff and soil erosion under light intensity event. Rainfall simulation over USLE Plots. Science of the Total Environment. 378. 161-1650.
19. Martínez-Zavala, L., López, A.J. and Bellinfante, N. (2008) Seasonal variability of runoff and soil loss on forest road backslopes under simulated rainfall. Catena. 74. 73-79.
20. Masri, Z., and Ryan, J. (2006) Soil organic matter and related physical properties in a Mediterranean wheat- based rotation trial. Soil Tillage Research. 87.146-154

Variable rainfall intensity rainfall simulator experiments on semi-arid rangelands. In Proc. 1st Interagency Conf. on Research in the Watersheds, 83-88. K.G. Renard, S. McElroy, W. Gburek, E. Canfield, and R.L. Scott, eds. Washington, D.C., USDA Agricultural Research Service.

34. Tisdall, J.M. and Oades, J.M. (1982) Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Sciences*. 62. 141-163.

35. West, L. T., Miller, W.P., Langdale, G.W., Bruce, R.R., Lafren, J.M. and Thomas, A.W. (1991) Cropping system effects on interrill soil loss in the Georgia Piedmont. *Soil Science Society of America Journal*. 55. 460-466.

36. Yousefi fard, M., A. Jalalian, and Khademi, H. (2007) Estimating nutrient and soil loss from pasture land use change using rainfall simulator. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. 40: 93-106. (In Persian)

runoff and erosion of sprinkler irrigation soils. *Biosystems Engineering*. 86 (3). 355-364.

30. Sheridan G., Noske P., Lane P., and Sherwin, C. (2008) Using rainfall simulation and site measurements to predict annual inter rill erodibility and phosphorus generation rates from unsealed forest roads: Validation against in-situ erosion measurements. *Catena*. 73. 49-62.

31. Siegrist, S., Schaub D., Pfiffner, L. and Mader, P. (1998) Does organic agriculture reduce soil erodibility? The results of a long-term field study on losse in Switzerland. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 69. 253-264

32. Singh, M.J. and Khera, K.L. (2008) Soil erodibility indices under different land uses in Lower Shiwaliks. *Tropical Ecology*. 49 (2). 113-119.

33. Stone, J.J., and Paige, G.B. (2003)

