

ارزیابی اثرات هیدرولوژیکی بهره‌برداری تک‌گزینی جنگل بر رواناب سطحی و رسوب (مطالعه موردی: جنگل خیرود)

مریم اتحادی ابری^{۱*}، باریس مجنونیان^۲، آرش ملکیان^۳ و مقداد جورغلامی^۴

۱. دانشجوی دکتری مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۲. استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۳. دانشیار گروه مهندسی احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۴. دانشیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۰۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۲۹)

چکیده

کاهش پوشش جنگلی و گیاهی در اثر بهره‌برداری، عمدتاً باعث افزایش حجم رواناب سطحی می‌شود. یکی از روش‌های بهره‌برداری جنگل، در شمال ایران به شیوه گزینشی است. این تحقیق در بخش گرازین جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود، با هدف تعیین تأثیرات بهره‌برداری گزینشی بر حجم رواناب سطحی، ضریب رواناب و غلظت رسوب، انجام شده است. بر این اساس پلات‌های دو متر مربعی و در قالب چهار تکرار در دو منطقه شاهد (بدون بهره‌برداری) و منطقه بهره‌برداری شده به روش تک‌گزینی در دو کلاسه شیب ۰-۲۰٪ و ۲۰-۴۰٪ ایجاد شد و بارندگی‌های طبیعی به وقوع پیوسته از آذر ۱۳۹۳ تا آذر ۱۳۹۴، برای تعیین میزان رواناب سطحی و میزان رسوب، اندازه‌گیری شدند. نتایج تحقیق بیان‌گر عدم تأثیر معنی‌دار ($P_{\text{value}} \geq 0.05$)، تغییر پوشش تاجی و علفی در اثر بهره‌برداری و شیب، بر میزان رواناب سطحی و رسوب است. همچنین نتایج نشان داد تغییر فصل، تنها بر میزان رسوب معنی‌دار بوده است. میزان رواناب، ضریب رواناب و غلظت رسوب در منطقه بهره‌برداری شده به روش تک‌گزینی، به ترتیب ۱/۴، ۲/۳ و ۱/۱۶ برابر بیشتر از منطقه شاهد (بدون بهره‌برداری) بوده است. همچنین نتایج تجزیه واریانس رگرسیونی نشان داد که بین میزان بارندگی و میزان رواناب، ارتباط معناداری ($P_{\text{value}} \leq 0.05$) وجود دارد.

کلید واژگان: بهره‌برداری تک‌گزینی، جنگل خیرود، ضریب رواناب، حجم رواناب، غلظت رسوب

۱. مقدمه

رواناب می‌شود و وقتی رشد مجدد آغاز شد، رواناب به آرامی کاهش می‌یابد (Swank *et al.*, 1988). در یک حوزه جنگلی، بهره‌برداری جنگل با کاهش تبخیر و تعرق و باران ربایی بر توازن آب تأثیر می‌گذارد (Bosch & Hewlett, 1982). Marques و همکاران (۲۰۰۷)، با بررسی اثر پوشش گیاهی بر رواناب و فرسایش خاک در حوزه آبخیز جنگلی در اسپانیا و تحت رگبارهای شدید در پلات‌های استاندارد، نتیجه گرفتند که در پلات‌های دارای پوشش گیاهی، مقدار رسوب و رواناب ناچیز است، ولی در پلات‌های فاقد پوشش این مقادیر زیاد است. به طوری که ضریب رواناب به ۳۵ درصد نیز رسیده است. Kuras و همکاران (۲۰۱۲)، سناریوهای مختلف بهره‌برداری را در یک حوزه آبخیز در بریتیش کلمبیا آزمایش کردند. این مطالعه نشان داد که بهره‌برداری به روش قطع یکسره، منجر به افزایش ۹٪-۲۵٪ در اوج جریان آب می‌شود در صورتی که بهره‌برداری ۲۰٪-۳۰٪ از حوزه، هیچ اثر معنی‌داری در رژیم جریان اوج ندارد. Hartanto و همکاران (۲۰۰۳)، فاکتورهای اکولوژیکی تأثیرگذار بر رواناب و فرسایش خاک را در اثر بهره‌برداری در کلیمانتال اندونزی بررسی کردند. نتایج نشان داد که تاج پوشش، تراکم نهال‌ها، عمق لایه لاشبرگی و مازاد مقطوعات از مهم‌ترین فاکتورهای اکولوژیکی تعیین کننده اندازه و بزرگی رواناب است.

درجه شیب نیز بر میزان رواناب سطحی و رسوب تولید شده در منطقه تأثیر می‌گذارد. Liu و همکاران (۱۹۹۴)، در تحقیقی میزان تولید رسوب در سه پلات رواناب با شیب‌های مختلف از ۹٪ تا ۵۵٪ را بررسی کردند. نتایج نشان داد نرخ فرسایش به صورت خطی با توجه به زاویه شیب، افزایش می‌یابد. Kara و Sensoy (۲۰۱۴)، به بررسی تأثیر اشکال مختلف شیب جنگل بر میزان رواناب و فرسایش در منطقه بالتین در شمال غرب ترکیه پرداختند. نتایج نشان داد رواناب و میزان رسوب در منطقه هموار بیشتر از دو منطقه با شیب محدب و مقعر

تغییر پوشش گیاهی می‌تواند تأثیر زیادی بر روی چرخه هیدرولوژیکی داشته باشد. پوشش گیاهی به وسیله تاج پوشش، سیستم ریشه‌ای و لایه لاشبرگی، باعث کنترل فرسایش خاک می‌شود (Gyssels *et al.*, 2005). بنابراین کاهش پوشش گیاهی در منطقه، باعث افزایش میزان رواناب و فرسایش خاک می‌شود (Singer & Bissonais, 1998). تأثیر فعالیت‌های مختلف انسانی بر میزان رواناب و رسوب، در تحقیق‌های زیادی در سرتاسر جهان مورد بررسی قرار گرفته است (Zhang *et al.*, 2013; Pamukcu *et al.*, 2014). بیشتر این تحقیقات بر روی تغییر کاربری‌های مختلف جنگل زدایی و جنگل‌کاری (Cosandey *et al.*, 2005; Chaves *et al.*, 2008) و همچنین تأثیرات بهره‌برداری (Van Der Plas & Bruijnzeel, 1993) تمرکز داشته است.

تحقیقات انجام شده در سراسر دنیا، همگی آن‌ها بر اهمیت جنگل، در حفاظت از آب و خاک تطابق نظر دارند (Lal, 1996; Zhang *et al.*, 2003; Bowes *et al.*, 2005; Suryatmojo, 2009). بهره‌برداری حوزه‌های جنگلی می‌تواند بر فرآیندهای هیدرولوژیکی تأثیر بگذارد (Hotta *et al.*, 2007). کاهش پوشش گیاهی در اثر بهره‌برداری عموماً باعث افزایش میانگین رواناب در منطقه می‌شود. به طور گسترده‌ای این موضوع پذیرفته شده است که برداشت چوب و بهره‌برداری جنگل می‌تواند میزان تولید رسوب را به وسیله افزایش آب‌های سطحی و شتاب دادن به شدت فرسایش در یک منطقه، افزایش دهد (Sensoy & Kara, 2014). بسیاری از مطالعات (Harr *et al.*, 1975; Jones & Grant, 1996)، به این نتیجه رسیده‌اند که بهره‌برداری جنگل می‌تواند به افزایش حجم کل رواناب، در اثر تغییر در الگوهای رواناب منجر شود. بهره‌برداری جنگل در ابتدا باعث افزایش حجم

اینکه در ایران، در این زمینه، تحقیقی صورت نگرفته، بنابراین انجام تحقیقی در زمینه بررسی تأثیرات هیدرولوژیکی بهره‌برداری گزینشی بر روی رواناب و رسوب ضروری است. هدف کلی این تحقیق، ارزیابی کمی تأثیر بهره‌برداری تک‌گزینی، بر مؤلفه‌های هیدرولوژی از جمله میزان حجم رواناب، ضریب رواناب و غلظت رسوب و همچنین بررسی ارتباط بین میزان بارندگی، با میزان رواناب و رسوب است.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. معرفی منطقه مورد بررسی

جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود به مساحت ۱۰۰۰۰ هکتار در حدود ۷ کیلومتری شرق نوشهر قرار گرفته است. پایین‌ترین قسمت آن که مرز شمالی آن را نیز تشکیل می‌دهد با ارتفاع حدود ۱۰ متر بالاتر از سطح دریای آزاد در مجاورت روستای نجارده شروع شده و تا ارتفاع حدود ۲۲۰۰ متر در بیلاق بالا می‌رود. این جنگل به هشت سری تقسیم شده که سری گرازین به وسعت ۱۰۰۱/۵ هکتار، سومین سری از آن محسوب می‌شود (شکل ۱). به‌منظور انجام مطالعه حاضر، براساس هدف پژوهش بعد از انجام بازدید صحرایی، منطقه‌ای با دارا بودن ویژگی‌های هدف تحقیق (منطقه جنگلی با دسترسی آسان و سهل الوصول به منطقه، امکانات موجود در منطقه، وجود اطلاعات پایه و وجود امنیت لازم برای تجهیزات مورد استفاده)، مشخص گردید. به منظور انجام این پژوهش پارسل‌های ۳۱۸ و ۳۱۷ از این بخش انتخاب شده‌اند. قطعات نمونه مربوط به منطقه بهره‌برداری نشده (در حال حاضر) در پارسل ۳۱۸ بخش گرازین جنگل خیرود و قطعات نمونه مربوط به قسمت‌های بهره‌برداری به شیوه تک‌گزینی، در پارسل ۳۱۷ بخش گرازین جنگل خیرود قرار گرفته‌اند.

است و اکثریت ذرات ایجاد شده در اثر فرسایش در قطعه هموار، یک اندازه‌تر از دو منطقه با شیب محدب و مقعر است بوده است. در واقع در دو منطقه مقعر و محدب اندازه قطعات رسوب متفاوت‌تر بوده است.

استفاده از حوزه‌های جفت به طور گسترده‌ای برای بررسی تغییرات هیدرولوژیکی در اثر تغییر پوشش گیاهی به‌کار رفته است (Brown et al., 2005). در این روش از دو حوزه با خصوصیات مورفولوژی مشابه از قبیل اندازه، شیب، جهت، خاک و آب و هوا استفاده می‌شود. بررسی خصوصیات رواناب به‌وسیله حوزه‌های جفت در جنگل‌های بهره‌برداری شده به روش گزینشی در جنگل‌های بارانی در مرکز کالیمانتان اندونزی نشان داد که ضریب رواناب در منطقه شاهد (بدون بهره‌برداری) ۳۱/۳۵ درصد و در منطقه بهره‌برداری شده به شیوه گزینشی، ۴۴/۸ درصد بوده است. در نتیجه انجام بهره‌برداری به شیوه گزینشی نسبت به سایر شیوه‌های بهره‌برداری، باعث کاهش تأثیرات بهره‌برداری بر رواناب سطحی می‌شود (Suryatmojo et al., 2011).

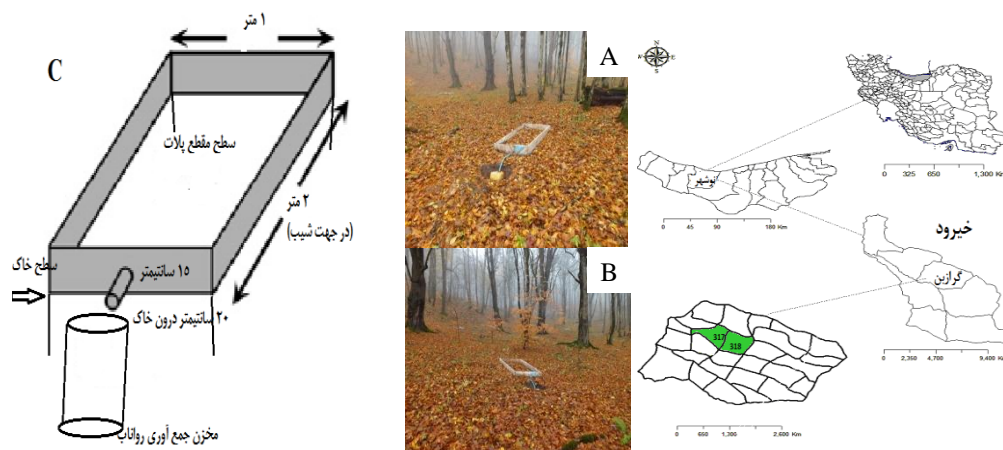
در ایران نیز Ghorbani (۲۰۰۵)، با بررسی اثر میکروکلیمایی تخریب جنگل‌های هیرکانی به این نتیجه رسید که با قطع درختان جنگلی، هیدرولوژی، اقلیم و حیات فون و فلور منطقه تغییر می‌یابد و چشم انداز منطقه نیز به صورت زنجیره‌ای دستخوش نوسان می‌شود. Khazayi و همکاران (۲۰۱۱)، به بررسی آثار هیدرولوژیکی تخریب جنگل پرداختند. نتایج تحقیق نشان دهنده تأثیر معنی‌دار تخریب جنگل بر مؤلفه‌های هیدرولوژی مانند رواناب، ضریب رواناب، غلظت و تولید رسوب بوده است. به نحوی که مقدار تولید رواناب، ضریب رواناب و غلظت و تولید رسوب در منطقه تخریب شده، نسبت به منطقه جنگلی تخریب نشده به ترتیب ۵، ۷، ۶، ۱۸ برابر بیشتر ارزیابی شد.

در زمینه تأثیر بهره‌برداری تک‌گزینی بر روی رواناب و رسوب، تحقیقات کمتری در سایر کشورها، صورت گرفته است (Suryatmojo et al., 2011). با توجه به

۲.۲. روش بررسی

در این تحقیق برای تعیین میزان تغییر در رواناب سطحی و رسوب تولید شده در اثر بهره‌برداری از جنگل، از بارش‌های طبیعی منطقه استفاده گردید. در مجموع ۱۶ پلات آزمایشی به ابعاد یک متر (عرض) در دو متر (طول در جهت شیب) و در چهار تکرار در هر دو منطقه، در دو کلاسه شیب ۰-۲۰٪ و ۲۰-۴۰٪ نصب شدند. این پلات‌ها از جنس چوب ساخته شده‌اند و برای اطمینان از ورود و خروج آب به پلات‌ها، به وسیله نایلون پلاستیکی عایق‌بندی شدند و به اندازه ۱۵ سانتیمتر بیرون سطح خاک و ۲۰ سانتیمتر در خاک فرو رفتند تا رواناب حاصله

از این سطح ۲ متر مربعی به بیرون تراوش نکند و نمایانگر میزان واقعی رواناب سطحی باشد. پوشش گیاهی داخل این پلات‌ها در تمام آمار برداری‌ها دست نخورده نگه داشته شد. در انتهای این پلات‌ها لوله‌ای تعبیه شده تا رواناب سطحی جاری شده در سطح پلات را به مخزن جمع آوری هدایت کند. برای اندازه‌گیری بارش باران در منطقه، باران سنج استوانه‌ای قرار داده شد. بعد از هر بار واقعه بارندگی، میزان بارندگی ثبت گردید. شروع آماربرداری از آذر ۱۳۹۳ آغاز و تا آذر سال ۱۳۹۴ ادامه یافت و در طول یک سال بارندگی‌هایی که منجر به ایجاد رواناب و رسوب شده بودند، ثبت و اندازه‌گیری شدند.



شکل ۱. نمایی از پلات‌های مستقر در منطقه بدون بهره‌برداری (A) و بهره‌برداری شده به روش تک‌گزینی (B)، نمای شماتیک از پلات و مخزن جمع‌آوری رواناب و رسوب (C) در بخش گرازین جنگل آموزشی خیرود

خالی کردن آب اضافی، رسوبات موجود در کف ظرف را شسته و درون فویل‌های از قبل تهیه و توزین شده ریخته و در آن در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شد. با توزین نمونه‌های فویل همراه رسوب و کسر نمودن وزن فویل‌های اولیه، وزن رسوب نمونه برحسب گرم در لیتر محاسبه شد.

۳.۲. تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های جمع‌آوری شده در محیط نرم‌افزار SPSS 17

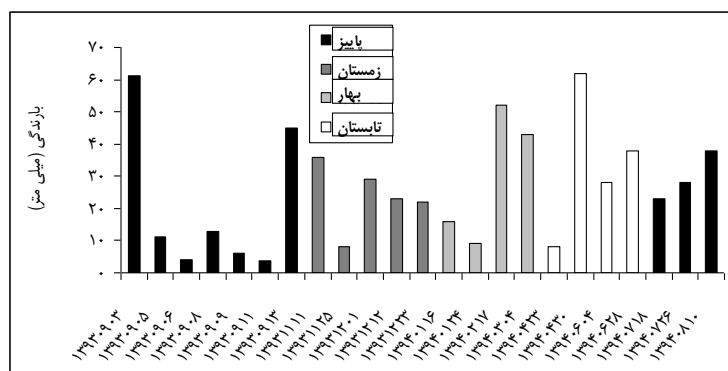
پس از هر بارندگی، نمونه‌های رواناب که توسط خروجی پلات به ظروف جمع‌آوری هدایت شده، جمع‌آوری و حجم رواناب هر نمونه بر حسب سی‌سی اندازه‌گیری شد. بعد از نمونه‌برداری، ظروف حاوی آب و رسوب به آزمایشگاه منتقل شدند. برای اندازه‌گیری غلظت رسوب از روش تخلیه آب استفاده شد. در این روش ابتدا یک لیتر نمونه آب و رسوب را درون بشر ریخته، سپس آن را به مدت ۴۸ ساعت به حالت سکون نگه داشته و سپس به آرامی اقدام به تخلیه آب بالای رسوبات گردید. بعد از

۳. نتایج

شکل ۲ نشان‌دهنده تاریخ و میزان بارندگی در طی آماربرداری است. در طی یک‌سال آماربرداری، در مجموع ۲۳ واقعه بارندگی که منجر به ایجاد رواناب شده بود، اندازه‌گیری شدند که از این تعداد، ۱۰ واقعه مربوط به فصل پاییز، ۵ واقعه مربوط به زمستان، ۴ واقعه بهار و ۴ واقعه مربوط به فصل تابستان می‌شود.

جدول ۱ میانگین و انحراف معیار رواناب سطحی، رسوب و ضریب رواناب را در هر دو منطقه شاهد و بهره‌برداری شده به روش تک‌گزینی، در دو کلاسه شیب ۲۰-۴۰٪ و ۰-۲۰٪ نشان داده است.

وارد شده تا آنالیز و تحلیل آماری توسط آن صورت گیرد. این آزمایش‌ها در قالب طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی انجام شد تا به وسیله آن اثر نوع پوشش تاجی و گیاهی، شیب، فصل و اثرات متقابل آن‌ها بر میزان رواناب و رسوب در دو منطقه مطالعاتی، ارزیابی و کمی شوند. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا با آزمون کولموگراف-اسمیرنوف نرمال بودن داده‌ها بررسی شد. از آزمون تجزیه واریانس دو طرفه، برای بررسی تأثیر پوشش گیاهی، شیب و فصل بر میزان رواناب و رسوب استفاده شد. همچنین ارتباط بین میزان بارندگی با میزان رواناب و غلظت رسوب، به وسیله آزمون تجزیه واریانس رگرسیونی بررسی شدند.



شکل ۲. میزان بارندگی به وقوع پیوسته در تاریخ‌های مختلف در طی یک‌سال آمار برداری

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار حجم و ضریب رواناب و رسوب در هر دو منطقه در دو کلاسه شیب

متغیر	منطقه شاهد		منطقه بهره‌برداری شده تک‌گزینی	
	شیب ۰-۲۰ درصد	شیب ۲۰-۴۰ درصد	شیب ۰-۲۰ درصد	شیب ۲۰-۴۰ درصد
بارندگی (میلی متر)	میانگین ۲۶/۳۸ انحراف معیار ۱۷/۵۸	میانگین ۲۶/۳۸ انحراف معیار ۱۷/۵۸	میانگین ۲۶/۳۸ انحراف معیار ۱۷/۵۸	میانگین ۲۶/۳۸ انحراف معیار ۱۷/۵۸
رواناب (سی سی)	میانگین ۳۷۲/۳۱ انحراف معیار ۴۴۱	میانگین ۷۹۱/۰۲ انحراف معیار ۱۲۸۹	میانگین ۸۷۸/۹۶ انحراف معیار ۱۶۹۲	میانگین ۱۰۹۲/۶۳ انحراف معیار ۱۳۲۷
ضریب رواناب	میانگین ۲/۱۷ انحراف معیار ۱/۷۵	میانگین ۴/۳۹ انحراف معیار ۴/۳۴	میانگین ۴/۹ انحراف معیار ۴/۱۱	میانگین ۷/۰۵ انحراف معیار ۶/۹
غلظت رسوب (گرم در لیتر)	میانگین ۰/۲۱ انحراف معیار ۰/۲	میانگین ۰/۲۴ انحراف معیار ۰/۳۵	میانگین ۰/۲۵ انحراف معیار ۰/۲۶	میانگین ۰/۳ انحراف معیار ۰/۳۵

نسبت به منطقه شاهد (بدون بهره‌برداری) داشته است. بیشترین میزان میانگین رواناب سطحی و رسوب به

با توجه به جدول ۱ مشاهده می‌شود که منطقه بهره‌برداری شده حجم رواناب و غلظت رسوب بیشتری

مقدار P_{value} که بزرگتر از ۰/۰۵ است، اثر معنی‌داری بر میزان رواناب نداشته است که با توجه به اختلاف میانگین‌ها در دو منطقه شاهد و بهره‌برداری شده، این عدم معنی‌داری به احتمال زیاد به خاطر تکرار کم بوده است. همچنین نتایج تجزیه واریانس برای رسوب نشان داد که بین میزان رسوب در دو منطقه بدون بهره‌برداری و بهره‌برداری شده در دو کلاسه شیب، با توجه به مقدار P_{value} که بزرگتر از ۰/۰۵ است، اختلاف معنی‌داری از نظر آماری وجود ندارد. ولی تغییر فصل، اثر معنی‌داری بر میزان رسوب داشته است.

ترتیب ۱۰۹۲/۶۳ سی سی و ۰/۳ گرم در لیتر است که مربوط به منطقه بهره‌برداری شده با شیب بالای ۲۰ درصد است. ضریب رواناب در منطقه بهره‌برداری شده با شیب کمتر از ۲۰ درصد، ۲/۲۵ برابر و در شیب بیشتر از ۲۰ درصد، ۱/۶۰ برابر منطقه شاهد است.

نتایج تجزیه واریانس تأثیر پوشش‌های جنگلی ناشی از بهره‌برداری تک‌گزینی، شیب‌های مختلف و فصول مختلف، بر میزان رواناب سطحی و رسوب در جدول ۲ و ۳ نشان داده شده است. تجزیه و تحلیل واریانس نشان می‌دهد که پوشش‌های جنگلی ناشی از بهره‌برداری، شیب، فصول مختلف و اثرات متقابل آن‌ها، با توجه به

جدول ۲. آنالیز واریانس اثر پوشش‌های گیاهی، شیب و فصول بر میزان رواناب

P_{val}	آماره F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	منبع تغییرات
۰/۳۴۵	۰/۹۱	۱۸۸۴۴۰۴/۴۱	۱	۱۸۸۴۴۰۴/۴۱	پوشش
۰/۳۰۵	۱/۰۵	۲۲۲۹۴۰۸/۵۷	۱	۲۲۲۹۴۰۸/۵۷	شیب
۰/۷۵۸	۰/۴۲۰	۸۸۷۹۹۳/۹۹	۳	۲۶۳۳۹۸۱/۹۸	فصل
۰/۷۵۹	۰/۰۹۶	۲۰۱۲۶۴/۴۹	۱	۲۰۱۲۶۴/۴۹	پوشش و شیب
۰/۹۴۴	۰/۱۲۶	۲۶۳۱۹۹/۶۷	۳	۷۸۹۵۹۹	پوشش و فصل
۰/۹۵۴	۰/۱۱۰	۲۳۰۰۱۳/۳۰	۳	۶۹۰۰۳۷/۷۴	شیب و فصل
۰/۹۵۷	۰/۰۷۱	۱۴۹۰۷۹/۸۹	۳	۴۴۷۲۳۹/۰۹	پوشش، شیب و فصل
		۸۹/۴۹	۷۶	۱۱۷۲۴/۲۱	خطا
			۹۲	۲۰۶۰۲/۸۲	مجموع

* معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد، ** معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد

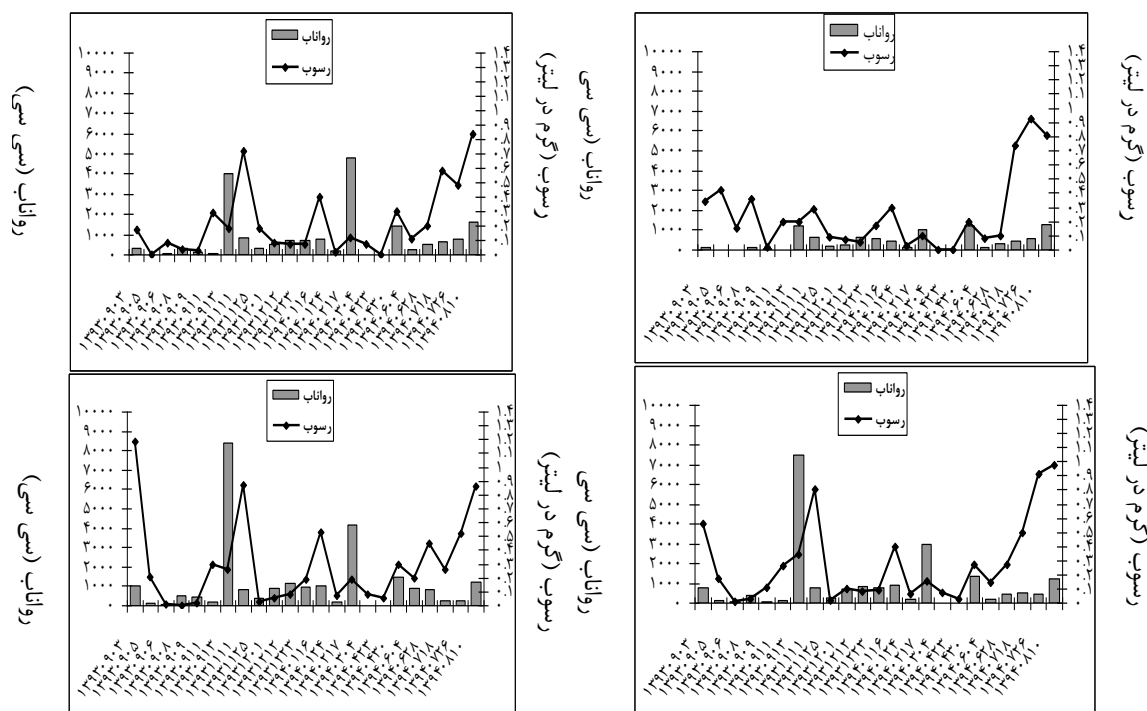
جدول ۳. آنالیز واریانس اثر پوشش‌های گیاهی، شیب و فصول بر میزان رسوب

P_{val}	آماره F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	منبع تغییرات
۰/۳۴۵	۰/۸۶	۰/۶۷	۱	۰/۶۷	پوشش
۰/۹۷	۰/۰۰۵	۰/۰۰۹	۱	۰/۰۰۹	شیب
۰/۰۳۱	۳/۰۴*	۰/۲۶۵	۳	۰/۷۰۶	فصل
۰/۸۶	۰/۰۵۷	۰/۰۰۴	۱	۰/۰۲	پوشش و شیب
۰/۹۸	۰/۱۲۶	۰/۰۶۷	۳	۰/۱۳	پوشش و فصل
۰/۳۱۵	۱/۱۱۰	۰/۰۹۳	۳	۰/۲۷۹	شیب و فصل
۰/۹۹	۰/۰۲	۰/۰۰۲	۳	۰/۰۰۵	پوشش، شیب و فصل
		۰/۷۷	۷۶	۵/۸۸	خطا
			۹۲	۱۳/۰۲	مجموع

* معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد، ** معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد

سی سی بوده که در تاریخ ۱۳۹۳/۰۹/۱۳ با میزان بارندگی ۴۵ میلی‌متر و بیشترین میزان رسوب ۱/۱ میلی‌گرم بر لیتر بوده که در تاریخ ۱۳۹۳/۰۳/۰۵ با میزان بارندگی ۶۲ میلی‌متر رخ داده است و هر دو مربوط به منطقه بهره‌برداری شده به روش تک‌گزینی بوده است.

شکل ۳ نشان‌دهنده تغییرات میزان رواناب و رسوب در طی یک‌سال آماربرداری است. شکل (A) مربوط به منطقه شاهد (بدون بهره‌برداری) و شکل (B) مربوط به منطقه بهره‌برداری شده به روش تک‌گزینی است. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین میزان رواناب ۸۴۱۲



شکل ۳. تغییرات رواناب و رسوب در طی یک‌سال در دو منطقه بدون بهره‌برداری (A) و بهره‌برداری شده تک‌گزینی (B) سمت راست مربوط به کلاسه شیب ۰-۲۰ درصد و سمت چپ کلاسه شیب ۲۰-۴۰ درصد

۰/۰۵ است می‌توان بیان کرد که بین بارندگی و میزان رواناب در سطح معنی‌داری پنج درصد (با اطمینان ۰/۹۵) ارتباط معناداری وجود دارد.

جدول ۴، نتایج تجزیه واریانس رگرسیونی برای ارتباط بین بارندگی و میزان رواناب را در منطقه شاهد و بهره‌برداری شده به روش تک‌گزینی نشان می‌دهد. با توجه به این‌که مقدار سطح معنی‌داری کوچکتر از

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس رگرسیونی بین بارندگی و رواناب

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	R ²	r	P _{value}
شاهد	۹۷۹۴۱۰۹/۴۱	۱	۹۷۹۴۱۰۹/۴۱	۱۴/۵**	۰/۲۴	۰/۴۹	۰/۰۰۰
تک‌گزینی	۶۸۹۴۱۰۹/۵۶	۱	۵۹۴۱۰/۸۷	۱۱/۶**	۰/۲۱	۰/۴۵	۰/۰۰۱

* معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد، ** معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد

ارتباط معنی‌دار وجود دارد ولی بین میزان بارندگی و میزان رسوب در منطقه شاهد ارتباط معناداری وجود ندارد. میزان رسوب بیشتر تحت تأثیر فصول مختلف است تا تحت تأثیر میزان بارندگی.

جدول ۵، نتایج تجزیه واریانس رگرسیونی برای ارتباط بین بارندگی و میزان رسوب را در منطقه شاهد و بهره‌برداری شده به روش تک‌گزینی نشان می‌دهد. با توجه نتایج به‌دست آمده می‌توان بیان کرد که تنها بین بارندگی و میزان رسوب در منطقه بهره‌برداری شده،

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس رگرسیونی بین بارندگی و رسوب

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	R ²	r	P
شاهد	۰/۹۴	۱	۰/۹۴	۱/۵۹	۰/۰۳	۰/۱۸	۰/۲۱
تک‌گزینی	۰/۶۳	۱	۰/۶۳	۷/۶**	۰/۱۴	۰/۳۶	۰/۰۰۸

* معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد، ** معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد

خاک به‌طرف پایین شیب را به حداقل می‌رساند (Mohammad & Adam, 2010). نتایج این تحقیق، هم‌راستا با نتایج تحقیق Zhang و همکاران (۲۰۰۳) و Suryatmojo (۲۰۰۹)، است که بیان کردند، عمق و ضریب رواناب در حوزه‌های با پوشش جنگلی دست‌نخورده و بدون بهره‌برداری به ترتیب ۳ و ۵ برابر کمتر از مناطق با پوشش جنگلی بهره‌برداری شده است و همچنین تولید رسوب در آبخیز جنگلی با پوشش بیش‌تر، نسبت به حوزه‌های آبخیز با پوشش کم‌تر ۳ برابر کاهش پیدا می‌کند (Zhang et al., 2003).

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که تغییر تاج پوشش و پوشش گیاهی در اثر بهره‌برداری، تأثیر معنی‌داری بر میزان رواناب سطحی و رسوب نداشته است که علت این عدم معنی‌داری، با توجه به اختلاف میانگین‌ها در دو منطقه بهره‌برداری شده و منطقه شاهد (بدون بهره‌برداری) و همچنین زیاد بودن انحراف معیار داده‌ها، تکرار کم داده‌ها و کوتاه بودن زمان مطالعه است و برای تعیین تأثیر تاج پوشش و پوشش گیاهی در اثر بهره‌برداری بر میزان رواناب سطحی و رسوب به حجم آماری بیشتر و زمان مطالعه طولانی‌تر نیاز است.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

بهره‌برداری تک‌گزینی، با کاهش تاج پوشش جنگلی بر خصوصیات هیدرولوژیکی تأثیر می‌گذارد. به‌طوری‌که در یک حوزه جنگلی، بهره‌برداری جنگل با کاهش تبخیر و تعرق و باران ربایی بر توازن آب تأثیر می‌گذارد (Bosch & Hewlett, 1982). با توجه نتایج به‌دست آمده، میانگین رواناب، ضریب رواناب و غلظت رسوب در منطقه بهره‌برداری شده، همانند تحقیقات دیگر در این زمینه (Harr et al., 1975; Jones & Grant, 1996) افزایش یافته است که این میزان به ترتیب ۱/۴، ۲/۳ و ۱/۱۶ برابر منطقه شاهد (بدون بهره‌برداری) است. این موضوع نشان دهنده تأثیر تراکم بیشتر تاج پوشش و لاشبرگ کف جنگل در منطقه بدون بهره‌برداری است. پوشش تاجی با تأثیر روی توزیع، شدت و قدرت بارش، تبخیر و تعرق، توازن آب، باعث کاهش انرژی جنبشی بارندگی و در نتیجه کاهش تولید رواناب و در نهایت کاهش تولید ذرات رسوبی می‌شود (Gyssels et al., 2005). لایه لاشبرگ نیز سطح خاک را محافظت و از طریق ایجاد سطحی محافظ، از جداسازی ذرات خاک جلوگیری و باعث اخذ رسوبات معلق موجود در آب می‌گردد که حرکت ذرات

در دو منطقه شاهد (بدون بهره‌برداری) و منطقه بهره‌برداری شده به روش تک‌گزینی و در هر دو کلاسه شیب، تا حدودی تحت تأثیر تغییرات رواناب است. در تاریخ‌هایی که میزان رواناب بیشتر بوده، میزان رسوب بیشتری نیز تولید شده است. اما میزان رسوب علاوه بر اینکه تحت تأثیر رواناب باشد، تحت تاثیر تغییرات فصل نیز بوده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده، بیشترین میزان رسوب در ابتدای فصل پاییز رخ داده است. زیاد شدن رسوب در پاییز نه تنها به خاطر زیاد بودن بارندگی و به طبع آن افزایش میزان رواناب بوده است، بلکه به خاطر ریزش برگ‌ها و حذف تاج پوشش جنگلی است که با کاهش باران ربایی و افزایش اندازه و بزرگی بارش‌ها، ضربات سنگین‌تری به خاک وارد می‌کند و روی میزان رسوب تولید شده تأثیر می‌گذارد که هم‌راستا با نتایج تحقیق Hartanto و همکاران (۲۰۰۳) می‌باشد. همچنین با توجه به نتایج تحقیق Bowes و همکاران (۲۰۰۵) و Khazayi و همکاران (۲۰۱۱)، دلیل دیگر افزایش میزان رسوب در ابتدای فصل پاییز و بعد از وقوع بارندگی در دوره طولانی بعد از فصل خشک، به خاطر کم شدن موجودیت و سیاریت رسوب در بارندگی‌های متوالی و آب‌گریزی خاک‌های جنگلی است.

بیشترین میزان رواناب در تاریخی رخ داده است که بیشترین میزان بارندگی را داشته است. در نتیجه بارندگی نقش مهمی در تولید رواناب ایفا می‌کند که هم‌راستا با نتایج تحقیقات Hartanto و همکاران (Suryatmojo 2003) و Adam و Mohammad (۲۰۱۱) است. به‌طوری‌که بیشترین میزان رواناب تولید شده در منطقه شاهد ۱۲۵۰ سی سی (کلاسه شیب ۰-۲۰٪) و ۴۰۰۰ سی سی (کلاسه شیب ۲۰-۴۰٪) و در منطقه بهره‌برداری شده ۷۵۱۰ سی سی (کلاسه شیب ۰-۲۰٪) و ۸۴۱۲ سی سی (کلاسه شیب ۲۰-۴۰٪) بوده است که در تاریخ ۱۳۹۳/۰۹/۱۳ با میزان بارندگی ۴۵ میلی‌متر اتفاق افتاده است. در تاریخ‌های ۱۳۹۴/۰۴/۳۰ و ۱۳۹۳/۰۹/۰۵ میزان بارندگی به ترتیب ۶۲ و ۶۱ میلی

در روش تک‌گزینی، عمل برداشت درختان پس از رسیدن به قطر مشخص (قطر هدف) و به صورت پراکنده در سطح جنگل صورت می‌گیرد. بنابراین در این شیوه بر خلاف شیوه‌های دیگر، میزان باز شدن تاج پوشش جنگلی کمتر است و توده و جنگل به طور کامل از بین نمی‌روند. از طرفی با افزایش تابش نور خورشید در اثر کاهش تاج پوشش، میزان پوشش علفی کف جنگل نیز افزایش می‌یابد (Suryatmojo *et al.*, 2011). همچنین در این روش، با باقی ماندن شاخ و برگ درختان قطع شده در عرصه بهره‌برداری شده، باعث افزایش و پایداری فلور کف جنگل می‌شود (Hartanto *et al.*, 2003)، که این خود باعث کاهش میزان رواناب و رسوب می‌شود. بنابراین با توجه به نتایج تحقیق Suryatmojo و همکاران (۲۰۱۱)، انجام بهره‌برداری گزینشی، باعث کاهش تأثیرات بهره‌برداری بر میزان رواناب سطحی می‌شود.

Ghorbani (۲۰۰۵) و Khazayi و همکاران (۲۰۱۱)، به این نتیجه رسیدند که قطع درخت و تخریب جنگل با تغییر فلور و فون و اقلیم منطقه، تأثیر معنی‌داری بر مؤلفه‌های هیدرولوژیکی مانند رواناب و رسوب دارد که این نتایج، با نتایج این تحقیق مغایرت دارد. با وجود افزایش میانگین رواناب و رسوب در منطقه بهره‌برداری شده نسبت به منطقه شاهد، ولی از نظر آماری میزان رواناب و رسوب معنی‌دار نشده است، بنابراین بهره‌برداری به روش تک‌گزینی باعث تخریب جنگل و تأثیر معنی‌داری بر مؤلفه‌های هیدرولوژیکی نمی‌شود.

در هر دو منطقه شاهد (بدون بهره‌برداری) و منطقه بهره‌برداری شده به روش تک‌گزینی، میزان رواناب و رسوب در کلاسه شیب ۲۰-۴۰٪ بیشتر از کلاسه شیب ۰-۲۰٪ بوده است که نشان می‌دهد با افزایش شیب منطقه، میزان رواناب و رسوب نیز افزایش می‌یابد که هم‌راستا با نتایج تحقیق Liu و همکاران (۱۹۹۴)؛ Sensoy و Kara (۲۰۱۴) است.

نتایج مربوط به تغییرات رواناب و رسوب در طی یک‌سال آماربرداری نشان داد که تغییرات رسوب در هر

جمع‌بندی نتایج حاصل از تحقیق حاضر و مقایسه آن با نتایج مطالعه محققان دیگر در سراسر دنیا می‌توان نتیجه گرفت که بهره‌برداری جنگل همواره سبب هدررفت آب و خاک می‌گردد، اما مقدار تأثیرگذاری آن بسته به شیوه بهره‌برداری و نوع سیستم حمل و نقل، نوع پوشش جنگلی، تراکم و توزیع گونه‌های جنگلی متفاوت است. با این حال انتخاب شیوه مناسب بهره‌برداری و استفاده از تکنیک‌ها و ابزار مناسب قطع و حمل و نقل، می‌تواند باعث کاهش اثرات وارده به خاک و توده جنگل شود. امروزه استفاده از تکنیک‌های بهره‌برداری گزینشی کنترل شده، می‌تواند باعث کاهش میزان تولید رواناب و رسوب شود که شامل زهکشی مناسب جاده‌ها برای عبور رواناب سطحی، ایجاد مسیرهای چوبکشی با شیب کم، ممنوعیت بهره‌برداری اطراف رودخانه‌ها می‌شود. همچنین وجود یک سیستم نظارت کارآمد، امکان شناسایی مشکل را به برنامه‌ریزان و مدیران جنگل می‌دهد و آن‌ها را در اولویت‌بندی عملیات مدیریتی کمک خواهد کرد.

متر بوده است، که در این تاریخ‌ها نیز رواناب افزایش یافته است ولی میزان رواناب، در این تاریخ‌ها کمتر از میزان رواناب در تاریخ ۱۳/۰۹/۱۲۹۳ با میزان بارندگی ۴۵ میلی متر است که دلیل آن، رطوبت قبلی خاک حاصل از بارش‌های قبل است. به طوری که بارندگی بعدی در مدت کوتاهی بعد از بارندگی قبلی به وقوع پیوسته، در همین رابطه نیز، Lal (۱۹۹۶) به نتایج مشابهی رسیده‌اند.

با توجه به نتایج به دست آمده، میزان رواناب تولید شده در هر دو منطقه بدون بهره‌برداری و منطقه بهره‌برداری شده، علاوه بر میزان تاج پوشش و پوشش گیاهی، تحت تأثیر میزان بارندگی منطقه نیز است. به نظر می‌رسد که در بارندگی‌های شدید، نقش کنترلی پوشش تاجی و پوشش علفی کمتر است و در این بارندگی‌ها میزان رواناب و رسوب تولید شده بیشتر تحت تأثیر میزان بارندگی است تا میزان پوشش تاجی و علفی کف جنگل (Zhang *et al.*, 2003; Mohammad & Adam, 2010).

References

- Bosch, J., Hewlett, J., 1982. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *Journal of Hydrology* 55(4), 3-23
- Bowes, M.J., House, W.A., Hodgkinson, R.A., Leach, D.V., 2005. Phosphorus-discharge hysteresis during storm events along a river catchment: the River Swale. *Water Research* 39, 751-762
- Brown, A.E., Zhang, L., McMohan, T.A., Western, A.W., Vertessy, R.A., 2005. A review of paired catchment studies for determining changes in water yield resulting from alterations in vegetation. *Journal of Hydrology* 310, 28-61
- Chaves, J., Neill, C., Gerner, S., Neto, S.G., Krusche, A., Elsenbeer, H., 2008. Land Management Impacts on Runoff Sources in Small Amazon Watersheds. *Hydrological Processes* 22(12), 1766- 1775
- Cosandey, C., Andreassian, V., Martin, C., Didon-Lescot, J.F., Lavabre, J., Folton, N., Mathys, N., Richard, D., 2005. The Hydrological Impact of The Mediterranean Forest: a review of French research. *Journal of Hydrology* 301(1), 235-249
- Ghorbani, D., 2005. Effects of microclimate on Hirkani forest degradation. *Forests Range Journal* 64, 29-34 (In Persian)
- Gyssels, G., Poesen, J., Bochet, E., Li, Y., 2005. Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: a review. *Progress in Physical Geography* 22, 189-217
- Harr, R., Harper, W., Krygier, J., Hsieh, F., 1975. Changes in storm hydrographs after road building and clear-cutting in Oregon coast range. *Water Resources Research* 1(3), 436- 444

- Hartanto, H., Prabhu, R., Widayat, A.S.E., Asdak, C., 2003. Factors affecting runoff and soil erosion: plot-level soil loss monitoring for assessing sustainability of forest management. *Forest Ecology and Management* 180, 361-374.
- Hotta, N., Kayama, T., Suzuki, M., 2007. Analysis of suspended sediment yields after low impact forest harvesting. *Hydrological Processes* 21, 3565-3575
- Sensoy, H., Kara, O., 2014. Slope shape effect on runoff and soil erosion under natural rainfall conditions. *iForest* 7, 110-114
- Jones, J., Grant, G., 1996. Peak flow responses to clear-cutting and roads in small and large basins, western Cascades, Oregon. *Water Resources Research* 32(4), 959-974
- Kuras, P., Alila, Y., Weiler, M., 2012. Forest harvesting effects on the magnitude and frequency of peak flows can increase with return period. *Water Resources Research* 48(1), 1- 19
- Khazayi, M., Sadeghi, S.H.R., Mirnia, S.Kh., 2011. Hydrological effects of forest surface disturbance. *Iranian Journal of forest* 3, 2. 145-155 (In Persian)
- Lal, R., 1996. Deforestation and land-use effects on soil degradation and rehabilitation in western Nigeria. *Land Degrad Development* 7, 99-119
- Liu, B., Nearing, M., Risse, L., 1994. Slope gradient effects on soil loss for steep slopes. *the American Society of Association Executives* 37(6), 1835-1840
- Marques, M.J., Jiménez, L., Pérez-Rodríguez, R., García-Ormaechea, S., Bienes, R., 2007. Reducing water erosion in a gypsic soil by combined use of organic amendment and shrub revegetation. *Land Degrad Development* 16, 339-50
- Mohammad, A., Adam, M. A., 2010. The impact of vegetative cover type on runoff and soil erosion under different land uses. *Catena* 8, 97-103
- Pamukcu, P., Serengil, Y., Yurtseven, I., 2014. Role of forest cover, land use change and climate change on water resources in Marmara basin of Turkey. *iforest* 8, 480-486
- Richard, M., 2005. The Hydrological Impact of The Mediterranean Forest: a review of French research. *Journal of Hydrology* 301(1), 235- 249
- Sensoy, H., Kara, O., 2014. Slope shape effect on runoff and soil erosion under natural rainfall conditions. *iForest* 7, 110-114
- Singer, M.J., Bissonnais, Y.L., 1998. Importance of surface sealing in the erosion of some soils from a Mediterranean climate. *Geomorphology* 24, 79-85
- Suryatmojo, H., 2009. The Effect of Line Planting Toward Infiltration. In: *Proceeding of international seminar research on plantation. forest management*, 2-5 December, University of New Brunswick, Japan. pp. 65 -78
- Suryatmojo, H., Masamitsu, F., Kosugi, K., Mizuyama, T., 2011. Effects of selective logging methods on runoff characteristics in paired small headwater catchment, In: *Proceedings the third International Conference on Sustainable Future for Human Security*, *Procedia Environmental Sciences*, 30 July, Kyoto University, Japan. pp. 221-229
- Swank, W. T., Swift, J.R., Douglass, J. E., 1988. Streamflow changes associated with forest cutting, species conversions, and natural disturbances. *Forest Hydrology and Ecology at Coweeta* 66, 297-312
- Van Der Plas, M.C., Bruijnzeel, L.A., 1993. Impact of Mechanized Selective Logging of Rainforest on Topsoil Infiltrability in the Upper Segama Area, Sabah, Malaysia. *Hydrology of Warm Humid Regions* 216, 203-211
- Vacca, A., Loddo, S., Ollesch, G., Puddu, R., Serr, G., Tomasi, D., Aru, A., 2000. Measurement of runoff and soil erosion in three areas under different land use in Sardinia (Italy). *Catena* 40, 69-92
- Zhang, Z. Q., Yu, X. X., Zhao, Y. T., Qin, Y. S., 2003. Advance in researches on the effect of forest on hydrological process. *Chineses Journal of Applied Ecology* 14(1), 113-116
- Zhang, X., Guo Qiang, Y., Zhan, B. L., Peng, L., 2013. Experimental Study on Slope Runoff, Erosion and Sediment under Different Vegetation Types. *Water Resource Management* 28, 2415-2433

