Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Water and Soil Conservation

Print ISSN: 2322 - 2069
Online ISSN: 2322 - 2794

Evaluation of watershed management measures effects on particle size distribution and phosphorus and organic carbon amounts in sediments (Case study: Taleghan paired watersheds)

Majid Kazemzadeh[*1] | Mohammad Jahantigh[2] | Zahra Noori[3] | Asghar Bayat[4] | Ali Asghar Elyasi[5]

1. Corresponding Author, Ph.D. Graduate of Watershed Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran. E-mail: mkazemzadeh@ut.ac.ir
2. M.Sc. Graduate of Chemistry and Soil Fertility and Plant Nutrition, Faculty of Agriculture, University of Tehran.
3. Ph.D. Graduate of Watershed Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.
4. M.Sc. Graduate of Watershed Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.
5. M.Sc. Graduate of Environmental Engineering - Water and Wastewater, Faculty of Natural Resources, Bandar Abbas Branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 03.09.2021
Revised: 05.23.2021
Accepted: 09.18.2021

Keywords:
Erosion and sediment,
Paired watershed,
Particle size distribution,
Phosphorus,
Zidasht Taleghan

ABSTRACT

Background and Objectives: Soil erosion is one of the factors that can reduce soil permeability in the watersheds and thus increase the risk of floods. Erosion also causes the separation and transfer of surface fertile soil from natural areas and weakens the potential for land production in terms of vegetation cover and biodiversity. The produced sediments pollute the surface water and fill dam reservoirs. In recent decades, various watershed management measures have been taken, including the construction of check dams and conservation measures such as exclosure in watersheds to reduce the effects of erosion throughout the country. The present study was conducted to investigate the effect of watershed management measures on vegetation, sediment, phosphorus content, organic carbon and sediment granulation in Zidasht Taleghan paired watersheds.

Materials and Methods: The study area is Zidasht Taleghan paired watersheds located in Alborz province, which includes control and treated watersheds with an area of 92 and 104 hectares, respectively. Using 1: 25000 topographic maps and field survey in rangeland areas, vegetation types were identified and studied. Also, the percentage of canopy cover, stone and gravel, residue mulch and bare soil were measured in 35 plots in control and treated watersheds and then the average of each factor was calculated. The amount of sediment was also calculated by measuring the total volume of sediment accumulated in the reservoir tank of both sub-watersheds. Three samples were taken from the sediments of each outlet tank in the watersheds and the amounts of total phosphorus, organic carbon and particle size distribution were measured.

Results: The results of vegetation assessment showed that the percentage of vegetation in the treated watershed (53.9) was about 8.7% higher than the control watershed (45.2). The results of evaluation of outflow sediments showed that the amount of sediment in the treated watershed (520.5 tons) was about 72% less than the control watershed (34.06 tons). In other words, the portion of total reservoir sediments in the output were

86.05% and 13.95% for the control and treated watersheds, respectively. The results of particle size distribution also showed that the percentage of particles with a diameter less than 0.5 mm in the treated watershed (26.8%) was 18.6% higher than the control watershed (8.2%). Also, the amount of total organic carbon (40.26 kg) and total phosphorus (13.44 kg) in the sediments of the treated watershed were 11.81% and 70.88% less than organic carbon (51.9 kg) and total phosphorus (78.82 kg) of control watershed, respectively.

Conclusion: Watershed management measures have prevented the transfer of sediment and fertile soil to downstream, especially in the reservoir of Taleghan Dam. These elements in the watershed increase soil fertility, improve plant nutrition, increase soil permeability and create strengthening conditions for plants and soil. If these elements enter the downstream and the main river due to erosion, they will have the opposite role and cause pollution and reduction. The cost of compensation will be much higher than the low cost of watershed management.

Cite this article: Kazemzadeh, Majid, Jahantigh, Mohammad, Noori, Zahra, Bayat, Asghar, Elyasi, Ali Asghar. 2022. Evaluation of watershed management measures effects on particle size distribution and phosphorus and organic carbon amounts in sediments (Case study: Taleghan paired watersheds). *Journal of Water and Soil Conservation*, 28 (3), 93-113.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/jwsc.2022.18950.3441
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

شاپا چاپی: ۲۰۶۹-۲۳۲۲
شاپا الکترونیکی: ۲۷۹٤-۲۳۲۲

ارزیابی تأثیر اقدامات آبخیزداری بر توزیع اندازه ذرات و مقادیر فسفر و کربن آلی رسوبات (مطالعه موردی: حوزه آبخیز زوجی طالقان)

مجید کاظم‌زاده*[۱] | محمد جهان‌تیغ[۲] | زهرا نوری[۳] | اصغر بیات[٤] | علی‌اصغر الیاسی[٥]

۱. نویسنده مسئول، دانش‌آموخته دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران. رایانامه: mkazemzadeh@ut.ac.ir
۲. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد شیمی و حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
۳. دانش‌آموخته دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
٤. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
۵. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد مهندسی محیط زیست - آب و فاضلاب، دانشکده منابع طبیعی، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۲/۱۹
تاریخ ویرایش: ۰۰/۰۳/۰۲
تاریخ پذیرش: ۰۰/۰۶/۲۷

واژه‌های کلیدی:
توزیع اندازه ذرات،
حوزه آبخیز زوجی،
زیدشت طالقان،
فرسایش و رسوب،
فسفر

چکیده

سابقه و هدف: فرسایش خاک ازجمله عواملی بوده که می‌تواند باعث کاهش نفوذپذیری خاک در حوزه‌های آبخیز و درنتیجه آن افزایش خطر سیل شود. هم‌چنین فرسایش موجب جدا شدن و انتقال خاک حاصلخیز سطحی از عرصه‌های طبیعی شده و پتانسیل تولیدات اراضی را ازنظر پوشش و تنوع زیستی گیاهی، تضعیف می‌کند. رسوبات حاصل از آن نیز باعث آلودگی آب‌های سطحی و برشدن مخازن سدها می‌شود. در دهه‌های اخیر اقدامات آبخیزداری مختلفی ازجمله احداث بندهای رسوب‌گیر و اقدامات حفاظتی مانند قرق و حفاظت پوشش گیاهی در عرصه‌های آبخیز به‌منظور کاهش اثرات فرسایش در سراسر کشور صورت گرفته است. پژوهش حاضر به‌منظور بررسی تأثیر اقدامات آبخیزداری بر پوشش گیاهی، مقدار رسوب و فسفر، کربن آلی و دانه‌بندی رسوبات در حوزه آبخیز زوجی زیدشت طالقان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: منطقه موردمطالعه حوزه‌های آبخیز زوجی زیدشت طالقان واقع در استان البرز است که شامل زیرحوضه شاهد و زیرحوضه نمونه به ترتیب با مساحت ۹۲ و ۱۰٤ هکتار است. با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و پیمایش میدانی در محدوده‌های مرتعی، نسبت به تشخیص و تفکیک تیپ‌های مرتعی از یکدیگر اقدام شد. هم‌چنین درصد تاج‌پوشش، درصد سنگ و سنگریزه، درصد خار و خاشاک و درصد خاک لخت نیز در ۳۵ پلات موجود در زیرحوزه‌های آبخیز نمونه و شاهد اندازه‌گیری شده و میانگین هر یک از این عوامل محاسبه شد. مقدار رسوب نیز از طریق اندازه‌گیری حجم کل رسوبات انباشت شده در مخزن رسوب‌گیر خروجی هر دو زیرحوضه و وزن مخصوص ظاهری رسوبات اندازه‌گیری شد. از رسوبات هر یک از مخازن خروجی زیرحوزه آبخیز نیز تعداد ۳ نمونه برداشت شد و مقادیر فسفر کل، کربن آلی و توزیع اندازه ذرات با سه تکرار در آن‌ها اندازه‌گیری شد. مقدار کل فسفر خروجی و کربن آلی خروجی از حوزه نیز با داشتن وزن کل رسوبات و مقادیر فسفر کل و کربن آلی نمونه‌ها محاسبه شد.

یافته‌ها: نتایج ارزیابی پوشش گیاهی نشان داد که درصد پوشش گیاهی در زیرحوضه نمونه (۵۳/۹) ۸/۷ درصد بیش‌تر از زیرحوضه شاهد (٤٥/۲) بوده است. نتایج ارزیابی رسوبات خروجی نشان داد که مقدار رسوب خروجی در زیرحوضه نمونه (۵/۵۲۰ تن) ۷۲ درصد کم‌تر از زیرحوضه شاهد (۳٤/۰٦ تن) بوده است. به عبارتی سهم زیرحوضه شاهد ۸٦/۰۵ درصد و زیرحوضه نمونه ۱۳/۹۵ درصد از کل رسوبات مخازن در خروجی زیرحوضه‌ها بوده است. نتایج توزیع اندازه ذرات نیز نشان داد که درصد ذرات با قطر کوچک‌تر از ۰/۵mm در زیرحوضه نمونه (۲٦/۸) به‌میزان ۱۸/٦ درصد بیش‌تر از زیرحوضه شاهد (۸/۲) بوده است که نشان‌دهنده کم‌تر بودن قدرت جریان رواناب در زیرحوضه نمونه در فرسایش و انتقال رسوب است. هم‌چنین مقدار کل کربن آلی (٤۰/۲٦kg) و کل فسفر (۱۳/٤٤kg) در رسوبات زیرحوضه نمونه به ترتیب ۱۱/۸۱ و ۷۰/۸۸ درصد کم‌تر از کربن آلی (۵۱/۰۹kg) و کل فسفر (۷۸/۸۲kg) در رسوبات زیرحوضه شاهد بوده است.

نتیجه‌گیری: اقدامات آبخیزداری از انتقال رسوب و خاک حاصلخیز به پایین‌دست به‌خصوص از انباشت آن در مخزن سد طالقان جلوگیری کرده است. بااین‌که این عناصر در حوزه آبخیز باعث افزایش حاصلخیزی خاک، بهبود تغذیه گیاه، افزایش نفوذپذیری خاک و ایجاد شرایط تقویتی برای گیاه و خاک می‌شوند، اگر در اثر فرسایش به پایین‌دست و رودخانه اصلی حوزه آبخیز وارد شوند نقش عکس داشته و باعث آلایندگی و کاهش کیفیت آب خواهند شد که هزینه‌های جبران آن، در مقایسه با هزینه‌های اندک اجرای اقدامات آبخیزداری، بسیار زیاد خواهد گردید.

استناد: کاظم‌زاده، مجید، جهان‌تیغ، محمد، نوری، زهرا، بیات، اصغر، الیاسی، علی‌اصغر (۱۴۰۰). ارزیابی تأثیر اقدامات آبخیزداری بر توزیع اندازه ذرات و مقادیر فسفر و کربن آلی رسوبات (مطالعه موردی: حوزه آبخیز زوجی طالقان). *پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، ۲۸ (۳)، ۱۱۳-۹۳.
DOI: 10.22069/jwsc.2022.18950.3441

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

فرسایش خاک یکی از آشکارترین عوامل تخریب خاک است که در سال‌های اخیر با توجه به رشد جمعیت و به دنبال آن افزایش فشار بهره‌برداری به عرصه‌های منابع طبیعی و کشاورزی، تغییرات آب و هوایی، ساخت‌وسازها و گسترش مناطق شهری و روستایی باعث افزایش میزان فرسایش خاک در بعضی از مناطق کشور گردیده است (۷). امروزه فرسایش خاک به‌عنوان خطری جدی برای رفاه و حیات انسان‌ها به‌شمار می‌رود (۲٦). به‌عنوان‌مثال، با فرسایش خاک، حاصلخیزی و مواد مغذی خاک از بین خواهد رفت و به‌دنبال این موضوع تولیدات اراضی کشاورزی و منابع طبیعی به‌تدریج کاهش خواهد یافت. در این میان، اقدامات آبخیزداری و حفاظتی و مدیریتی، با ایجاد پوشش گیاهی می‌تواند با کاهش رواناب و رسوب در حفظ خاک و کاهش خسارت حاصلخیزی خاک مؤثر باشد (۸ و ۱۰). یکی از این عناصر مهم خاک فسفر است، چراکه این عنصر یکی از عناصر حیاتی برای رشد گیاهان و حیات جانداران است (۱۵). علاوه بر مشکلات ایجادشده در محل برداشت و فرسایش‌یافته و فقیر شدن خاک منطقه از این عنصر مهم، طی فرآیند فرسایش، با انتقال فسفر به رودخانه‌ها، مخازن آب، دریاچه‌ها و سایر منابع آب، در کیفیت آن‌ها اثرات منفی بر جای می‌گذارد. عنصر نیتروژن نیز از عناصر بسیار مهم در خاک حوزه آبخیز و آلاینده مهم در کیفیت آب خروجی حوزه است (۳٤)؛ اما با توجه این‌که حلالیت عنصر نیتروژن بسیار بالا بوده و تحت‌تأثیر فرآیندهای نیتریفیکاسیون، دنیتریفیکاسیون و غیره به‌سرعت از رسوب و خاک خارج می‌شود (۲۵). ماده آلی نیز نقش مهمی در نگهداشت آب در خاک و نفوذپذیری آن دارد (۲۷). بالا بردن دسترسی عناصر غذایی برای گیاه، جذب آلاینده‌ها، افزایش تبادل کاتیونی، نگهداشت عناصر غذایی در برابر آبشویی، بهبود نفوذپذیری آب و ساختمان خاک ازجمله کارکردهای ماده آلی یا کربن آلی در خاک است (۲۰ و ۲۹).

اعتراف و همکاران (۲۰۱٤) در مطالعه‌ای نشان دادند که گیاهان کشت‌شده تأثیر بسیار کمی در جلوگیری از تولید رسوب داشته‌اند و علت این امر عدم موفقیت استقرار گونه‌های مرتعی چندساله در کرت‌های تحت مطالعه در مراتع مراوه‌تپه گلستان بوده است (۸). قورقی و اوسطی (۲۰۱۸) نشان دادند که متوسط رسوب تولیدی کرت‌ها در زیرحوضه شاهد (تحت کنترل) حدود ۱۷ درصد بیش‌تر از زیرحوضه نمونه (تحت اقدامات آبخیزداری، قرق) در استان کردستان بوده است (۹). مقدمی‌راد و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که پوشش گیاهی تأثیر و نقش مثبتی در کاهش مؤلفه‌های رواناب و رسوب در جنگل کوهمیان-آزادشهر داشته است (۲۳). حسینعلی‌زاده و همکاران (۱۳۹۹) فرسایش خاک و خاک‌ورزی را در سطح زیرحوضه کچیک مراوه‌تپه استان گلستان با استفاده مدل‌سازی و برداشت میدانی مطالعه کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که مقدار فرسایش و رسوب به خاطر وجود نهشته‌های لسی در منطقه بالا بوده است (۱۳). در سطح خارج از کشور نیز، مطالعات گسترده‌ای در خصوص تأثیر اقدامات حفاظتی بر روی رسوب انجام گردیده است. به‌عنوان‌مثال، هانگ و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که رواناب و رسوب تجمعی به ترتیب در حوزه آبخیز تحت مدیریت ۲۵ و ۳۸ درصد کم‌تر از حوزه آبخیز کنترل (شاهد) در فلات لسی چین بوده است (۱٤). ابلینگ و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که مقدار رسوب در مناطقی که پوشش گیاهی (تحت‌تأثیر بارش بر رواناب و رسوب) وجود داشت بیش‌تر از مناطق پوشش درختی بوده است و این به خاطر عاری بودن بعضی از قسمت‌های منطقه از پوشش گیاهی آبخیز

زوجی کشور برزیل گزارش‌شده است (٦)؛ بنابراین مطالعات مختلف در خصوص اقدامات مدیریتی و حفاظتی (به‌خصوص پوشش گیاهی) نشان می‌دهند که تولید رسوب در کاربری‌های مختلف بستگی به تراکم پوشش گیاهی دارد (٤، ١٦ و ٣٢) و اگرچه بسیاری از نتایج مطالعات نشان می‌دهند که پوشش گیاهی یک عامل مهم در حفاظت آب، خاک و کاهش رواناب به‌حساب می‌آید، اما اثر آن بر مقدار رواناب و رسوب پیچیده است و نیاز به مطالعات گسترده و عمیق دارد (١٦ و ٣٣).

بررسی مطالعات فرسایش و رسوب نشان داد که بیش‌تر آن‌ها بر مطالعه و اندازه‌گیری مقدار فرسایش و رسوب تمرکز کردند. اهمیت مواد مغذی خاک خروجی با رسوب حوزه شاید بیش‌تر از مقدار رسوبات خروجی باشد، این عناصر در مطالعات فرسایش و رسوب و کاهش حاصلخیزی خاک بیش‌تر موردتوجه نبوده است و تمرکز اصلی آن‌ها بر مقدار فرسایش و رسوب بوده است. در سطح حوزه‌های آبخیز کشور، اقدامات آبخیزداری ارزشمندی طی سنوات گذشته توسط سازمان‌ها و اداره منابع طبیعی و آبخیزداری استان‌ها انجام گردیده است. در این راستا، مطالعه میدانی در خصوص ارزیابی تأثیر اقدامات آبخیزداری بر مقدار فرسایش و رسوب، دانه‌بندی رسوبات خروجی و مواد مغذی رسوبات خروجی در سطح یک حوزه آبخیز ضرورت دارد. با توجه به این‌که این ارزیابی نیاز به یک منطقه (حوزه آبخیز) شاهد یا تحت کنترل و یک حوزه آبخیز تحت اقدامات آبخیزداری است، بنابراین می‌توان از پتانسیل حوزه‌های آبخیز زوجی جهت اندازه‌گیری و مطالعات مربوطه بهره جست. پژوهش حاضر به‌منظور ارزیابی تأثیر اقدامات آبخیزداری به‌خصوص اقدامات مدیریتی، حفاظتی و مکانیکی بر مقدار فرسایش و رسوب، دانه‌بندی رسوبات و مقدار فسفر کل و کربن آلی خروجی در سطح حوزه‌های آبخیز زوجی (حوزه‌های آبخیز زوجی زیدشت طالقان) انجام می‌گردد. بدین منظور، این مطالعه به دنبال پاسخ به سؤالاتی مانند اجرای اقدامات آبخیزداری (اقدامات حفاظتی و مدیریتی) چه تأثیری بر تغییرات پوشش گیاهی منطقه داشته است؟ مقدار تفاوت تغییرات پوشش گیاهی در دو زیرحوزه آبخیز تحت کنترل (شاهد) و تحت اقدامات آبخیزداری (تیمار) چقدر بوده است؟ آیا اقدامات آبخیزداری تأثیری بر مقدار کاهش رسوبات خروجی داشته است؟ اجرای اقدامات آبخیزداری چه تأثیر در دانه‌بندی رسوبات خروجی حوزه‌های آبخیز داشته است؟ و هم‌چنین مقدار مواد مغذی خروجی از رسوبات ازجمله فسفر کل و کربن آلی تحت اقدامات آبخیزداری چگونه بوده است؟

مواد و روش‌ها

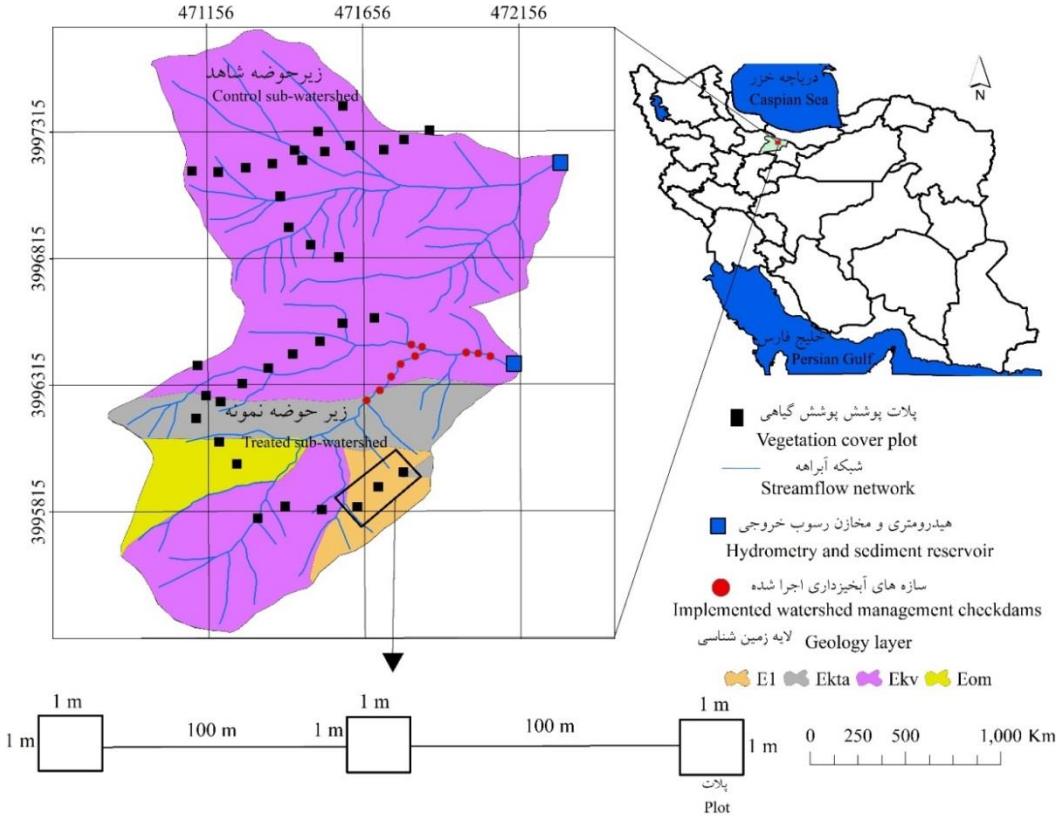
منطقه موردمطالعه حوزه‌های آبخیز زوجی زیدشت طالقان واقع در استان البرز است که شامل زیرحوضه شاهد و زیرحوضه نمونه به ترتیب با مساحت ۹۲ و ١٠٤ هکتار است (شکل ١). زیرحوضه شاهد (کنترل)، آبخیزی است که هیچ‌گونه اقدامات آبخیزداری در آن انجام‌نشده است و ازآن‌جهت مقایسه نتایج سایر حوزه‌های آبخیز استفاده می‌شود. زیرحوضه نمونه (تیمار)، آبخیزی است که تحت اقدامات آبخیزداری و مدیریتی است و در آن نتایج تیمارها یا اقدامات با نتایج اندازه‌گیری‌های حوزه آبخیز شاهد مقایسه می‌گردد. بیش‌ترین مساحت حوزه‌های آبخیز مذکور از سازندهای ائوسن ازجمله سازند کرج تشکیل‌شده است که دربرگیرنده توف و گدازه‌های بازی زیردریایی تراکی-آندزیتی و تراکیتی است. بر اساس لایه زمین‌شناسی منطقه (شکل ١) مساحت کل زیرحوضه شاهد از گدازه‌های تراکی-آندیزیتی (Ekv) بوده، درصورتی‌که زیرحوضه نمونه

علاوه بر گدازه‌های تراکی-آندیزیتی، از لایه‌های سنگ‌آهک، دولومیت، ماسه‌سنگ و شیل (Eom)، ماسه‌سنگ و سیلتستون (E1) و توف، گدازه به همراه شیل و گنگلومرا و آهک (Ekta) تشکیل شده است. میانگین بارش و دمای سالانه به ترتیب ٦٢٠ میلی‌متر و ٧/٨ درجه سانتی‌گراد است. حداقل و حداکثر ارتفاع منطقه موردمطالعه به ترتیب ١٨٠٠ و ٢٦٧٠ متر است. هم‌چنین شیب متوسط زیرحوضه شاهد ٤٢ و زیرحوضه نمونه ٥٠ درصد است (جدول ١). تیپ پوشش گیاهی این منطقه بیش‌تر آگروپایرون و گون است و کاربری اراضی هر دو زیرحوضه مرتعی است.

جدول ١- مشخصات حوزه‌های آبخیز شاهد و نمونه موردمطالعه.

Table 1. Characteristics of studied control and treated watersheds.

حوزه آبخیز Watershed	مشخصات Characteristics / مساحت (هکتار) Area (Hectare)	حداقل ارتفاع (m) Minimum height (m)	حداکثر ارتفاع (m) Maximum height (m)	ارتفاع متوسط (m) Average height (m)	طول آبراهه اصلی (km) Length of main waterway (km)	شیب وزنی آبراهه (٪) Waterway slope (%)	شیب وزنی حوزه (٪) Weighted slope of Watershed (%)	ضریب C گراولیوس Coefficient of Gravelius	زمان تمرکز (ساعت) Time of concentration (hour)
شاهد Control	92.1	1800	2470	2301	1.58	19	42	1.22	0.13
نمونه Treated	104.2	1900	2670	2438	1.78	16	50	1.20	0.14



شکل ١- موقعیت منطقه موردمطالعه.

Figure 1. Location of the study area.

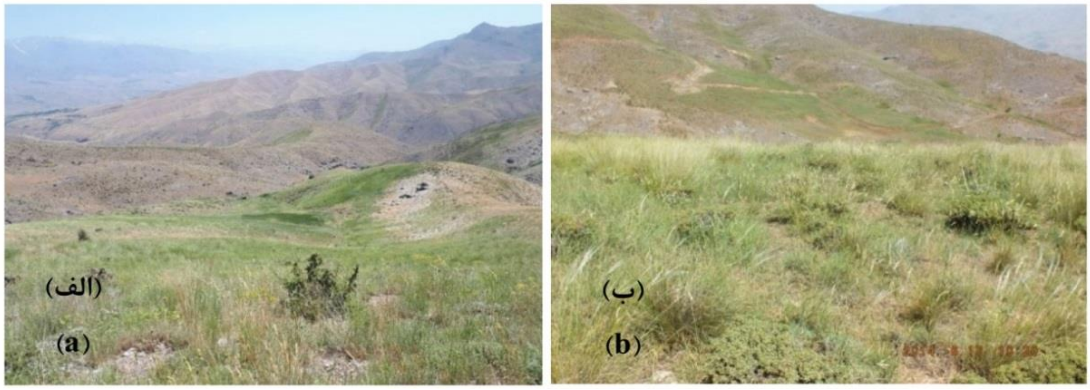
آبخیزهای معرف و زوجی واحدهای هیدرولوژیکی هستند که در مناطق همگن ازنظر اقلیمی، لیتولوژی، توپوگرافی، پوشش گیاهی و خاک با مساحت یکسان استقرار و راه‌اندازی می‌شوند. داخل حوزه‌های آبخیز معرف، زیرحوضه شاهد و نمونه قرار می‌گیرند که به آن‌ها آبخیزهای زوجی گفته می‌شود. زیرحوضه نمونه برای نمونه‌برداری و اندازه‌گیری میزان فرسایش و رسوب، رواناب و پارامترهای دیگر و هم‌چنین بررسی اثرات اقدامات مختلف آبخیزداری بر شرایط فیزیکی و اجتماعی آبخیز استفاده می‌شود. زیرحوضه شاهد بدون اجرای اقدامات آبخیزداری بوده و برای ثبت ویژگی‌های طبیعی یک حوضه معرف و مطابقت آن با حوضه نمونه استفاده می‌شود (۱۷ و ۱۸). حوزه‌های آبخیز زوجی زیدشت طالقان در سال ۱۳۸۸ احداث گردیده‌اند و با توجه به این‌که در زمان احداث حوزه‌های آبخیز موردپژوهش سعی گردیده تا حدودی آن‌ها در شرایط همگن قرار گیرند. هدف اصلی از ایجاد این حوزه‌های آبخیز در سطح کشور، ارزیابی تأثیر اقدامات آبخیزداری بر حفاظت آب‌وخاک و پوشش گیاهی بوده است. در خروجی هر کدام از این زیرحوضه‌ها پارشال فلوم هیدرومتری و مخازن ذخیره‌ای رسوب احداث گردیده است (شکل ۲). زیرحوضه نمونه از سال ۱۳۸۸ تحت اقدامات مدیریتی آبخیزداری دارای حصارکشی بوده و از ورود دام به این منطقه ممانعت شده است. هم‌چنین در آبراهه اصلی زیرحوضه نمونه به تعداد ۱۰ سازه آبخیزداری (گابیونی و گابیونی روکش‌دار ملاتی) با ارتفاع متوسط سه متری احداث گردیده است.

شکل ۲- نمایی از رو به پایین فلوم هیدرومتری و مخزن رسوب زیرحوضه شاهد (الف) و نمایی از رو به بالا فلوم زیرحوضه نمونه (ب).

Figure 2. Downward view of hydrometric flume and sediment reservoir of control watershed (a) and upward view of treated watershed flume (b).

با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و پیمایش میدانی نسبت به تشخیص و تفکیک تیپ‌های مرتعی از یکدیگر اقدام شد. بدین منظور بر اساس غلبه گونه‌ها و سیمای ظاهری، واحدهای گیاهی نسبتاً متجانس و همگن مشخص و بر اساس درجه غلبه یک یا دو گونه (در بعضی مواقع سه گونه) هر یک از واحدها نام‌گذاری شد. گونه‌ای که بیش‌ترین درصد پوشش را داشته به‌عنوان نام تیپ انتخاب شد و درصورتی‌که پوشش و نمود ظاهری گونه‌های دوم و سوم قابل‌ملاحظه بود از آن‌ها نیز در نام تیپ گیاهی استفاده گردید. با توجه به وسعت کم دو زیر حوضه در هر حوضه یک تیپ گیاهی مشخص گردید. در هر تیپ گیاهی با توجه به مساحت محدوده و طول و عرض حوضه و انجام بازدید میدانی دو مسیر عمود بر هم به‌صورت ترانسکت خطی جهت نمونه‌برداری در نظر گرفته شد (شکل ۱) و اولین پلات‌ها به‌صورت

تصادفی در مرز حوضه مستقر شد و پلات‌های بعدی به فواصل هر ۱۰۰ متر یک پلات در امتداد مسیر مشخص گردید (۱۰). در نهایت در هر دو منطقه معرف تعداد ۳۵ عدد پلات به فاصله ۱۰۰ متر از یکدیگر در نظر گرفته شد (شکل ۱). اندازه پلات‌ها با توجه به نوع و پراکنش گونه‌ها به روش حداقل سطح ۱×۱ مترمربعی انتخاب شد (۳۵). در هر پلات اطلاعات لیست گونه‌های گیاهی، درصد تاج پوشش تک‌تک گونه‌ها، درصد سنگریزه سطحی، درصد لاشبرگ، درصد خاک لخت اندازه‌گیری گردید (شکل ۳). اندازه‌گیری و مطالعه میدانی پوشش گیاهی در پژوهش حاضر در زمان پیک رویشی پوشش گیاهی (دوره حداکثر رشد گیاهان در هرسال) منطقه یعنی در اواسط خردادماه سال ۱۳۹۹ انجام گردیده است.



شکل ۳- نمایی از زیرحوضه نمونه (الف) و حوزه آبخیز شاهد (ب).

Figure 3. View of treated sub-watershed (a) and the control sub-watershed (b).

پژوهشگران به‌منظور برآورد مقدار فرسایش و رسوب و عناصر خروجی از حوزه آبخیز از روش‌های مختلفی استفاده می‌کنند که یکی از این روش‌ها، رسوب‌سنجی مخازن سدها و بندهای کوچک است (۲۱). از بین روش‌های معمول که بدین منظور استفاده می‌شود روش اندازه‌گیری رسوبات مخازن آبی، توسط پژوهشگران مختلفی همچون هادلی و والینگ (۱۹۸٤) توصیه‌شده و اندازه‌گیری رسوبات مخازن، روشی نسبتاً مطمئن برای محاسبه رسوب حوزه‌های آبخیز عنوان شده است (۱۱). البته پایین آوردن خطای این شیوه نسبت به اندازه‌گیری‌های رودخانه‌ای بستگی به‌دقت در محاسبه حجم و برآورد وزن مخصوص رسوبات و لحاظ آن‌ها در محاسبات دارد (۳۱). هر یک از حوزه‌های آبخیز نمونه و شاهد در خروجی خود دارای یک مخزن انباشت رسوب با ابعاد ۶×٤×۱/۱ متر می‌باشند (شکل ۲). مقدار رسوب این دو حوزه آبخیز در بازه زمانی ٤ ماهه از ابتدای فروردین تا اواخر تیرماه سال ۱۳۹۹ که در مخازن خروجی زیرحوضه نمونه و شاهد انباشته شده بود اندازه‌گیری شد. علت انتخاب این دوره زمانی وجود رسوبات زیاد در بین ماه‌های دیگر و سنوات گذشته در منطقه بوده است. بدین‌صورت که عمق، طول و عرض رسوبات انباشته‌شده در هر یک از مخازن اندازه‌گیری شده و حجم رسوب در مخازن به‌دست آمد. سپس نمونه‌برداری از رسوب با رینگ نمونه‌گیری (با حجم مشخص) انجام شد و نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل‌شده و در دستگاه آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲٤ ساعت خشک گردید. بعد از خشک شدن، نمونه‌ها توزین شده و با تقسیم وزن به حجم رسوب، مقدار وزن مخصوص

ظاهری هر یک اندازه‌گیری شد (۱). با داشتن وزن مخصوص رسوبات و حجم هریک از رسوبات انباشت شده در مخازن خروجی حوزه‌های آبخیز نمونه و شاهد مقدار وزنی رسوب از رابطه ۱ محاسبه شد (۱۱).

(۱) وزن مخصوص ظاهری (kg/m^3) × حجم کل رسوب (m^3) = وزن کل رسوب (kg)

با توجه به این‌که رسوبات تجمع یافته در مخازن حاصل از رخدادهای بارشی فروردین‌ماه تا تیرماه ۱۳۹۹ بوده است و مقدار کل بارش در این دوره ۲۲٤ میلی‌متر بوده است. رخدادهای بارشی مهم در این فصل مربوط به ۲۱ فروردین با مقدار ۵۲ میلی‌متر و ٦ و ۳۰ اردیبهشت با مقدار ٤۸ و ۲۸ میلی‌متر بوده است.

نمونه رسوب از هر یک از مخازن خروجی حوزه‌های آبخیز جهت انجام آزمایش توزیع اندازه ذرات به روش الک خشک در اواخر تیرماه ۱۳۹۹ برداشت شد (هر نمونه رسوب با سه تکرار دانه‌بندی گردید). توزیع اندازه ذرات بر اساس روش استاندارد مجمع آزمون و مواد آمریکا (ASTM[1] D 422-63) و روش آشتو (AASHTO[2] T88-70) انجام شد (۲ و ۳۰). نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال داده‌شده و بعد از جداسازی ذرات و قطعات گیاهی، بخشی از آن برای آزمایش دانه‌بندی به مدت ۲٤ ساعت در آون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا خشک گردد. پس از خشک شدن نمونه‌ها مقدار ۵۰۰ گرم از هر کدام با ترازو دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم جدا گردیده و با الک‌های ۱۲/۵، ٤، ۲، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵، ۰/۱۲۵، ۰/۰٦۳ و ۰/۰٤۳ میلی‌متر و دستگاه شیکر الک خشک به مدت ۱۰ دقیقه دانه‌بندی گردید. پس از الک شدن مقدار رسوب عبوری از هر الک و باقی‌مانده روی الک‌ها با ترازوی ۰/۰۰۱ گرم توزین گردیده و درصد تجمعی عبوری محاسبه شد. سپس نمودار منحنی نیمه لگاریتمی دانه‌بندی ذرات رسوب در نرم‌افزار اکسل برای هریک از رسوبات خروجی حوزه‌های آبخیز شاهد و نمونه ترسم گردید.

برای اندازه‌گیری میزان فسفر و کربن آلی از رسوب مخازن خروجی حوزه شاهد و نمونه‌برداری شد. نمونه‌ها با سه تکرار از هر یک از زیرحوزه‌های آبخیز شاهد و نمونه برداشت و در دمای هوای اتاق خشک گردیدند. فسفر کل (فسفر ساختاری مواد آلی و معدنی + فسفر تبادلی+ فسفر محلول) به روش هضم با اسیدنیتریک و پرکلریک و کربن آلی به روش اکسیداسیون تر اندازه‌گیری شد (۱۹ و ۲٤). نهایتاً مقدار کل فسفر (رابطه ۲) و کربن آلی کل (رابطه ۳) موجود در رسوبات خروجی هر یک از حوزه‌های آبخیز شاهد و نمونه محاسبه شد. لازم به ذکر است به‌دلیل کاهش عدم قطعیت و خطای ممکن حاصل از حلالیت بالا و از دسترس خارج شدن عنصر نیتروژن در رسوبات، این عنصر در مقایسه حوزه‌های آبخیز زوجی، اندازه‌گیری آن و مطالعه آن مدنظر نبوده است.

(۲) وزن کل رسوب (kg) × غلظت فسفر (mg/kg) =وزن کل فسفر موجود در رسوب (kg)

(۳) وزن کل رسوب (kg) × غلظت کربن آلی (٪) =وزن کل کربن آلی موجود در رسوب (kg)

1- American Society for Testing and Materials
2- American Association of State Highway and Transportation Officials

نتایج و بحث

نتایج ارزیابی پوشش گیاهی منطقه موردمطالعه نشان داد که تیپ پوشش گیاهی زیرحوضه شاهد گون و آگروپایرون (*Astragalus microcephalus-Agropyron intermedium*) و زیرحوضه نمونه آگروپایرون، گون و آویشن (*Astragalus microcephalus-Thymus kotchyanus-Agropyron intermedium*) بوده است. نتایج برداشت و ارزیابی میزان درصد پوشش گیاهی، سنگ و سنگریزه، خار و خاشاک و خاک لخت در ۳۵ پلات زیرحوضه شاهد و نمونه در جدول‌های ۲ و ۳ ارائه شده است. نتایج نشان داد که به‌طور متوسط درصد پوشش گیاهی در زیرحوضه شاهد و نمونه ٤٥/٢ و ٥٣/٩ بوده است. به‌طور متوسط درصد پوشش گیاهی در زیرحوضه نمونه به مقدار ٨/٧ بیش‌تر از زیرحوضه شاهد است. هم‌چنین میزان درصد خاک لخت در زیرحوضه آبخیز شاهد و نمونه به‌ترتیب ٤٦/٤ و ٣٢/٧ بوده است. به‌عبارتی در زیرحوضه شاهد ١٣/٧ درصد سطح زمین بیش‌تر از زیرحوضه نمونه دارای خاک لخت بوده است (جدول ٢).

جدول ٢- میزان درصد پوشش گیاهی، سنگ و سنگریزه، خارو خاشاک و خاک لخت در حوزه آبخیز شاهد و نمونه.

Table 2. Percent of vegetation cover, stone and gravel, residue mulch, bare soil in control and treated watersheds.

زیرحوضه شاهد					زیرحوضه نمونه				
کد پلات Plot code	تاج پوشش (٪) Canopy (%)	سنگ و سنگریزه (٪) Stone and gravel (%)	خار و خاشاک (٪) Residue mulch (%)	خاک لخت (٪) Bare soil (%)	کد پلات Plot code	تاج پوشش (٪) Canopy (%)	سنگ و سنگریزه (٪) Stone and gravel (%)	خار و خاشاک (٪) Residue mulch (%)	خاک لخت (٪) Bare soil (%)
1	56.0	13.0	0.0	31.0	18	60.0	2.0	0.0	30.0
2	50.0	6.0	0.0	44.0	19	65.0	0.0	2.0	33.0
3	31.0	7.0	0.0	62.0	20	51.0	2.0	0.0	47.0
4	33.5	2.0	0.0	64.5	21	37.0	26.0	1.0	36.0
5	38.0	0.0	3.0	59.0	22	25.0	10.0	0.0	65.0
6	58.0	0.0	8.0	34.0	23	63.0	0.0	5.0	32.0
7	44.0	15.0	3.0	38.0	24	35.0	20.0	0.0	44.0
8	26.5	24.0	0.0	49.5	25	50.0	8.0	0.0	42.0
9	40.0	19.0	0.0	41.0	26	95.0	2.0	1.5	1.5
10	29.0	13.0	2.0	56.0	27	68.0	0.0	2.0	30.0
11	49.0	0.0	3.0	48.0	28	43.0	10.0	3.0	44.0
12	75.0	0.0	2.0	23.0	29	85.0	0.0	5.0	10.0
13	66.0	0.0	3.0	31.0	30	58.0	11.0	1.5	29.5
14	28.0	2.0	0.0	70.0	31	39.0	35.0	0.0	26.0
15	63.0	1.0	1.0	35.0	32	31.0	20.0	2.0	28.0
16	32.0	6.0	0.0	62.0	33	47.0	15.0	0.0	38.0
17	49.0	8.0	1.5	41.5	34	67.0	5.0	15.0	13.0
					35	51.0	7.0	3.0	39.0
میانگین Average	45.2	6.8	1.6	46.4	میانگین Average	53.9	9.6	2.3	32.7

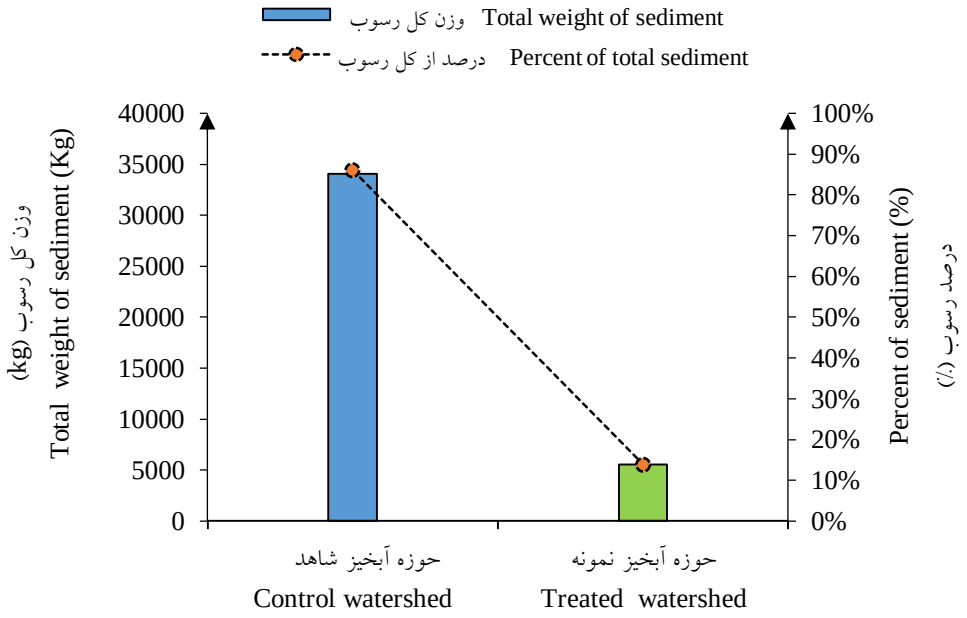
نتایج محاسبه مقادیر رسوب خروجی از حوزه‌های آبخیز زوجی نشان داد که ٨٦/٠٥ درصد از رسوبات خروجی معادل kg ٣٤٠٦٠ رسوب متعلق به حوزه آبخیز شاهد و ١٣/٩٥ درصد از رسوبات خروجی معادل kg ٥٥٢٠ متعلق به زیرحوضه نمونه بوده است (جدول ٣ و شکل‌های ٤ و ٥). بر اساس منحنی توزیع اندازه ذرات به‌دست‌آمده مشخص شد که ٣٧/٣١ درصد از ذرات رسوب زیرحوضه نمونه قطری برابر

یا کوچک‌تر از mm ۱ داشته‌اند این در حالی بود که فقط ۲۷ درصد از ذرات رسوب زیرحوضه شاهد قطری برابر یا کوچک‌تر از mm ۱ داشتند (شکل ٦). این تفاوت خود را در درصد عبوری از الک mm ۰/۵ بیش‌تر نشان داد به طوری که ۲٦/۸ درصد از ذرات رسوب نمونه قطری برابر یا کوچک‌تر از mm ۰/۵ داشتند درحالی‌که فقط ۸/۲ درصد از ذرات رسوب زیرحوضه شاهد قطری برابر یا کوچک‌تر از mm ۰/۵ داشتند. این روند در مورد درصد عبوری از الک ۰/۲۵ و ۰/۱۲۵ میلی‌متر نیز مشاهده شد به طوری که، ۱۸/۲ درصد از ذرات رسوب زیرحوضه نمونه و تنها ۲/۱ درصد از ذرات زیرحوضه شاهد قطری برابر یا کوچک‌تر از mm ۰/۲۵ داشتند. هم‌چنین برای قطر برابر یا کوچک‌تر mm ۰/۱۲۵ نیز سهم زیرحوضه نمونه ۹/۸ درصد و زیرحوضه شاهد فقط ۰/۷ درصد بود (شکل ٦).

جدول ۳- مقادیر رسوب خروجی از حوزه‌های آبخیز زوجی.

Table 3. Outlet sediment values in the paired watersheds.

درصد از کل (٪) Percent of Total (%)	وزن کل رسوبات در مخازن خروجی (Kg) Total weight of sediments in reservoirs (kg)	وزن مخصوص ظاهری رسوبات در مخازن خروجی (g/cm^3) Bulk density of output sediment (g/cm^3)	حجم رسوبات در مخازن خروجی (m^3) Volume of sediments in output reservoirs (m^3)	حوزه آبخیز Watershed
86.05	34060	1.31	26.0	شاهد Control
13.95	5520	1.38	4.0	نمونه Treated
100	39580			کل Total

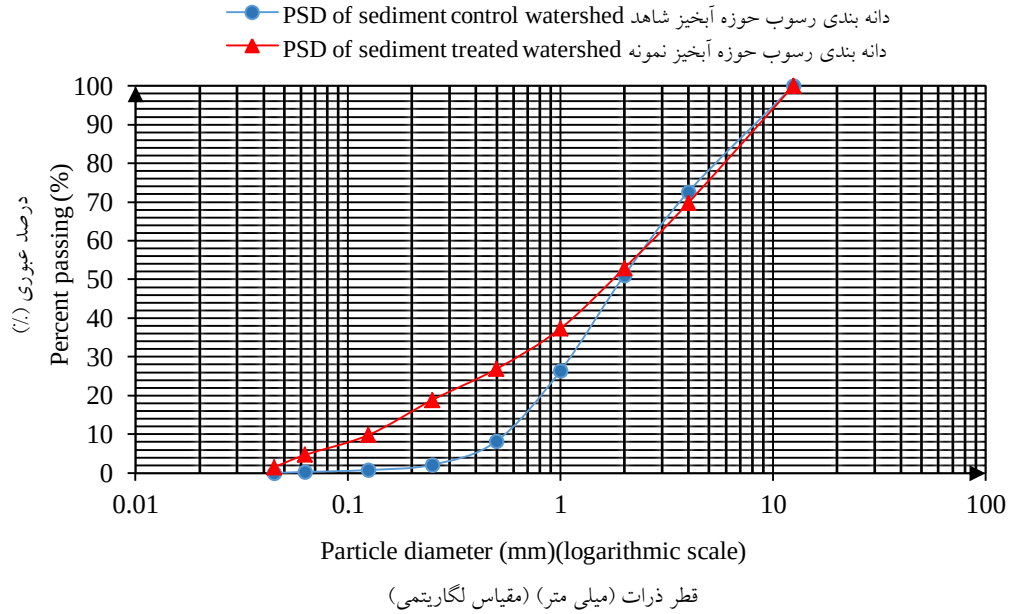


شکل ٤- مقایسه وزن و درصد رسوبات در مخازن خروجی حوزه‌های آبخیز زوجی.

Figure 4. Comparing the weight and percentage of sediments in the output reservoirs of paired watersheds.

شکل ۵- تصویری از زمان تخلیه رسوبات مخازن حوزه‌های آبخیز زوجی زیدشت طالقان سال ۱۳۹۹.

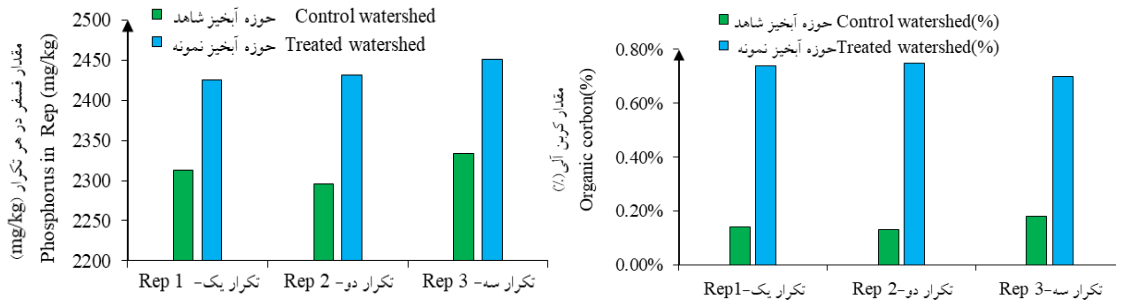
Figure 5. A picture of sediments depletion in the reservoirs of Zidasht Taleghan paired watershed in 2020.



شکل ٦- توزیع اندازه ذرات رسوب خروجی حوزه‌های آبخیز زوجی.

Figure 6. Particle size distribution (PSD) of output sediment of paired watersheds.

مقادیر اندازه‌گیری فسفر کل در هر یک از تکرارهای نمونه رسوب حوزه‌های آبخیز زوجی نشان داد که مقدار فسفر کل و کربن آلی در رسوب زیرحوضه نمونه بیش‌تر از زیرحوضه شاهد بوده است (شکل ۷). هم‌چنین برای محاسبه مقادیر کل فسفر و کربن آلی مخزن رسوب خروجی از میانگین سه تکرار (جدول ٤) استفاده شده است.



شکل ۷- نتایج اندازه‌گیری فسفر کل و کربن آلی در تکرارهای مختلف در حوزه‌های آبخیز نمونه و شاهد.

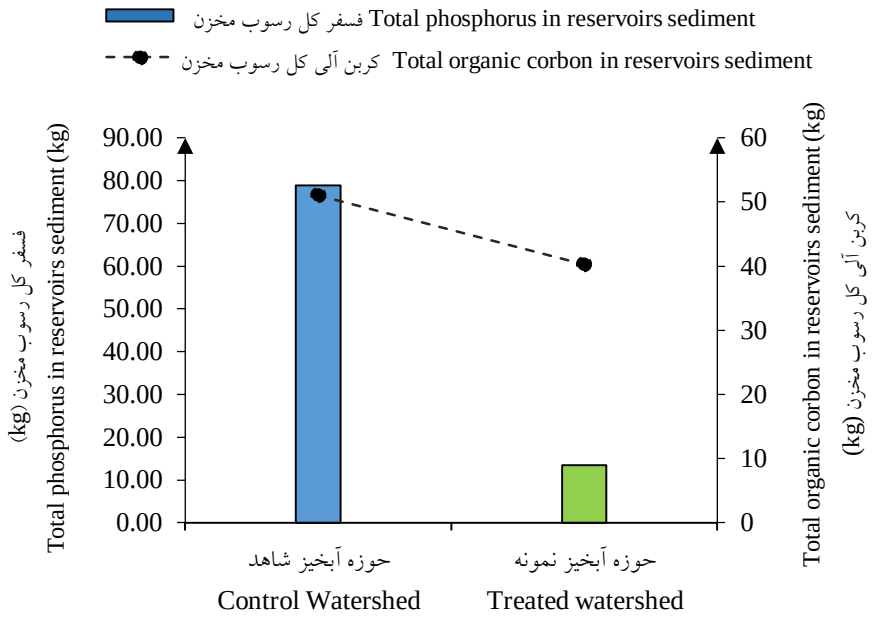
Figure 7. Results of total phosphorus and organic corbon measurements in different rep (repetition) in treated and control watersheds.

نتایج محاسبه کل فسفر و کل کربن آلی نشان داد که ۸۵/٤٤ درصد از مقدار کل فسفر (جمع فسفر مخزن زیرحوضه نمونه و شاهد) معادل ۷۸/۸۲kg فسفر، در رسوبات مخزن خروجی زیرحوضه شاهد و ۱٤/٥٦ درصد معادل ۱۳/٤٤ kg فسفر در رسوبات مخزن خروجی زیرحوضه نمونه وجود داشته است (جدول ٤). هم‌چنین مقدار کل کربن آلی در رسوبات خروجی زیرحوضه شاهد و نمونه به‌ترتیب ۵۱/۰۹ kg با درصد از کل ۵۵/۹ درصد و ٤۰/۲۹ kg با درصد از کل ٤٤/۰۹ درصد بوده است. با توجه به نتایج مشخص شد مقدار فسفری که از زیرحوضه شاهد به همراه رسوبات وارد مخزن خروجی آن حوضه شده است به میزان ٦٥/۳۸ kg بیش‌تر از زیرحوضه نمونه بوده و همین موضوع در رابطه با کربن آلی نیز صدق می‌کند به‌طوری‌که میزان کربن آلی ازدست‌رفته (وارد شده به مخزن خروجی) در زیرحوضه شاهد ۱۰/۸ kg بیش‌تر از زیرحوضه نمونه بوده است (شکل ۸).

جدول ٤- مقادیر فسفر و کربن آلی مخازن خروجی حوزه‌های آبخیز زوجی.

Table 4. Phosphorus and organic carbon values of output reservoirs of paired watersheds.

حوزه آبخیز Watershed	وزن رسوب خروجی (kg) Output sediment weight (Kg)	فسفر Phosphorus			کربن آلی Organic corbon		
		میانگین ۳ تکرار (mg/kg) Average of 3 repetition (mg/kg)	مقدار کل (kg) Total (kg)	درصد از کل (٪) Percent of total (%)	میانگین ۳ تکرار (٪) Average of 3 repetition (%)	مقدار کل (kg) Total (kg)	درصد از کل (٪) Percent of total (%)
شاهد Control	34060	2314.1	78.82	85.44	0.15	51.1	55.9
نمونه Treated	5520	2435.5	13.44	14.56	0.73	40.3	44.1
کل Total			92.75	100		91.4	100



شکل ۸- مقایسه وزن کل فسفر و کربن آلی موجود در رسوب مخازن خروجی حوزه‌های آبخیز زوجی.

Figure 8. Comparing the total weight of phosphorus and organic carbon in the sediment of output reservoirs of paired watersheds.

نتایج نشان داد که اقدامات مدیریتی و آبخیزداری در زیرحوضه نمونه مثل اجرای حفاظت و حصارکشی و جلوگیری از چرای دام باعث تقویت پوشش گیاهی زیرحوضه نمونه گردیده است. به‌طوری‌که درصد پوشش گیاهی زیرحوضه نمونه ۸/۷ درصد از حوزه شاهد بیش‌تر بوده است. هم‌چنین در این منطقه مورد مطالعاتی، کاظم‌زاده (۲۰۱۹)، نیز در پژوهش خود نشان دادند که پوشش گیاهی در زیرحوضه نمونه به‌طور متوسط ۷ درصد بیش‌تر از زیرحوضه شاهد بوده است (۱۸). در همین راستا هارگوین و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که اقدامات یکپارچه مدیریت آبخیزداری مانند قرق، حفاظت، احداث بندهای کنترل رسوب و ذخیره آب در شمال اتیوپی باعث افزایش پوشش گیاهی و کاهش رواناب و درنتیجه کاهش فرسایش خاک بین ۲۷ تا ۸۹ درصد در مناطق مختلف حوزه آبخیز شده است (۱۲). در پاسخ به سؤال مهم پژوهش حاضر، این تغییرات پوشش گیاهی (افزایش و تقویت پوشش گیاهی در حدود ۹ درصد) در زیرحوضه نمونه چه تأثیری بر مقدار رسوب و اندازه ذرات و حتی مقدار عناصر فسفر و کربن آلی داشته است، نتایج اندازه‌گیری مقدار کل رسوب مخازن خروجی حوزه‌های آبخیز زوجی، مشخص گردید که مقدار رسوب خروجی در زیرحوضه نمونه ۷۲ درصد کم‌تر از زیرحوضه شاهد بوده است. این موضوع نیز نشان‌دهنده فرسایش خاک بیش‌تر در زیرحوضه شاهد است (برعکس زیرحوضه نمونه). نتایج پژوهش حاضر در خصوص مقدار رسوب هم‌راستا با قورقی و اوسطی (۲۰۱۸) بوده و آن‌ها دریافتند که مقدار رسوب در زیرحوضه شاهد (تحت کنترل) حدود ۱۷ درصد بیش‌تر از زیرحوضه نمونه (تحت اقدامات آبخیزداری، قرق) در حوزه‌های آبخیز زوجی خامسان استان کردستان بوده است (۹). تأثیر اقدامات آبخیزداری در دانه‌بندی رسوبات مخازن دو حوزه آبخیز نشان داد درصد ذرات با قطر کوچک‌تر از ۰/۵ mm در نمونه رسوب زیرحوضه نمونه بسیار بیش‌تر از زیرحوضه شاهد بوده است. این موضوع نیز

خود نشان‌دهنده قدرت فرسایندگی بالای رواناب در زیرحوضه شاهد نسبت زیرحوضه نمونه بوده زیرا رواناب زیرحوضه شاهد هم مقدار رسوب بیش‌تر و هم ذرات بزرگ‌تر نسبت به زیرحوضه نمونه را انتقال داده است. دانشیار و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی تأثیر قدرت جریان رواناب بر توزیع اندازه ذرات دریافتند که یک الگوی انتخابی در انتقال ذرات خاک به‌وسیله جریان وجود دارد که وابسته به شرایط هیدرولیکی جریان است و با افزایش قدرت جریان از میزان ذرات ریز (ذرات با قطر کم‌تر از ۰/۳ mm) رسوب کاسته شده و میزان مشارکت (سهم نسبی) کلاس‌های اندازه درشت (ذرات با قطر بزرگ‌تر از ۰/۳ mm) در رسوب افزایش می‌یابد (۵). هم‌چنین، همان‌طور که قبلاً اشاره گردید در زیرحوضه نمونه اقدامات مکانیکی آبخیزداری (۱۰ سازه گابیونی) احداث گردیده و این نیز باعث نگه داشت رسوبات درشت‌دانه در پشت سازه‌های آبخیزداری گردیده است. بر اساس مطالعات میدانی پژوهش حاضر، مشخص گردید که در کنار اقدامات حفاظتی و مدیریتی پوشش گیاهی حوزه آبخیز، اقدامات مکانیکی نیز در کاهش مقدار و قدرت انتقال اندازه ذرات بزرگ‌تر نقش به‌سزایی داشته است. نتایج پژوهش حاضر برخلاف یافته‌های اعتراف و همکاران (۲۰۱٤) بوده که به علت نبود گیاهان مرتعی چندساله در منطقه موردمطالعه آن‌ها، پوشش گیاهی تأثیر کمی در کنترل و کاهش رسوب در منطقه مراوه‌تپه استان گلستان داشته است (۸)؛ اما آبخیزهای زوجی زیدشت طالقان غنی از گونه‌های گیاهی مرتعی چندساله شامل گون، آگروپایرون بوده است و این یکی از موارد اصلی کاهش مقدار رسوب در منطقه به شمار می‌رود. هم‌چنین مقدمی راد و همکاران (۲۰۱۸)، در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که پوشش گیاهی تأثیر و نقش مثبتی در کاهش مؤلفه رسوب منطقه داشته است (۲۳). هم‌چنین ابلینگ و همکاران (۲۰۲۰) در سطح حوزه‌های آبخیز زوجی کشور برزیل نشان دادند که مقدار رسوب در مناطق با پوشش گیاهی دارای تراکم بیش‌تر، کم‌تر بوده است (٦). هر چند منطقه موردمطالعه دو حوزه آبخیز شبیه به هم و تقریباً همگن بودند، اما کاهش در مقدار رسوب و فرسایش را نمی‌توان کاملاً و صد درصد مربوط به افزایش پوشش گیاهی و اقدامات آبخیزداری مربوطه دانست زیرا فرسایش سطحی خاک به عوامل دیگری هم‌چون جهت شیب، مقدار شیب، طول شیب، خصوصیات خاک دامنه موردنظر نیز بستگی دارد (۲۸). به عبارتی، عدم قطعیت مطالعات عرصه‌های طبیعی می‌تواند بعضاً بسیار زیاد باشد و کاملاً با شرایط آزمایشگاهی که همه عوامل در کنترل است، می‌تواند متفاوت باشد.

در کنار تأثیر اقدامات آبخیزداری بر رسوب خروجی، تفاوت در فاکتورهای طبیعی منطقه نیز می‌تواند بر مقدار رسوب خروجی این دو زیرحوضه تأثیر داشته باشد. از خصوصیات فیزیوگرافی منطقه، شیب وزنی آبراهه اصلی زیرحوضه شاهد نیز نسبت به زیرحوضه نمونه بیش‌تر بوده که خود این موضوع عامل مهمی در مقدار رسوب تولیدی در زیرحوضه شاهد است. در مقابل، نتایج شیب وزنی زیرحوضه‌ها نشان داد که شیب وزنی زیرحوضه نمونه به مقدار ۸ درصد بیش‌تر از زیرحوضه شاهد بوده است که این عامل در مقابل تأثیر شیب وزنی آبراهه بر رسوب تولیدی زیرحوضه شاهد است. هم‌چنین، مقدار زمان تمرکز در زیرحوضه‌های شاهد و نمونه نیز به ترتیب ۷/۸ و ۸/٤ دقیقه بوده هرچند تفاوت این فاکتور کم‌تر از یک دقیقه است، اما می‌تواند تأثیری در مسافت حمل رسوب تولیدی زیرحوضه‌ها باشد. به‌طوری با مساحت یکسان، هرچقدر زمان تمرکز کم‌تر باشد، احتمال افزایش مقدار رسوب تولیدی حمل شده بیش‌تر خواهد بود. تراکم زهکشی زیرحوضه شاهد (۵/۷ کیلومتر بر کیلومترمربع) بیش‌تر از زیرحوضه نمونه (٤/۳ کیلومتر بر کیلومترمربع) بوده

که نشان‌دهنده نبود لایه‌های با نفوذپذیری مناسب، نبود مقاومت در برابر فرسایش خاک و وجود پستی بلندی کم‌تر در زیرحوضه شاهد است. بنابراین وجود تراکم زهکشی بالا در زیرحوضه شاهد خود نیز بر مقدار رسوب تولیدی بیش‌تر این زیرحوضه تأثیرگذار بوده است. لایه‌های زمین‌شناسی و برونزدسنگی زیرحوضه‌ها نیز نشان داد که با توجه وجود لایه‌های توف، دولومیت، آهک، ماسه‌سنگ و سیلتستون در زیرحوضه نمونه در مقابل لایه گدازه‌های تراکی-آندیزیتی زیرحوضه شاهد، می‌تواند بر مقدار رسوب و دانه‌بندی آن‌ها تأثیرگذار باشد، به‌طوری‌که رسوبات حاصل از لایه زمین‌شناسی گدازه‌های تراکی-آندیزیتی درشت‌دانه‌تر بوده و رسوبات حاصل از لایه‌های زمین‌شناسی توف، آهک و سیلتستون می‌تواند ریزدانه باشند.

یکی دیگر از تأثیر اقدامات آبخیزداری تفاوت در مقدار کربن آلی و فسفر کل موجود در خروجی حوزه‌های آبخیز زوجی بوده است. به‌طوری‌که مقدار فسفر کل موجود در رسوبات مخزن خروجی زیرحوضه شاهد ۷۸/۸۲ kg بوده درحالی‌که فسفر کل موجود در رسوبات زیرحوضه نمونه ۱۳/٤٤ kg بوده است، به عبارتی ۸۵/٤٤ درصد از کل فسفر خروجی در زیرحوضه شاهد و فقط ۱٤/٥٦ درصد فسفر خروجی در زیرحوضه نمونه (تحت اقدامات آبخیزداری) بوده است. هم‌چنین در رابطه با نتایج کربن آلی، سهم ۵۵/۹ درصد از کربن آلی کل معادل ۵۰ kg در مخزن خروجی زیرحوضه شاهد و سهم ٤٤/۰۹ درصد از کربن‌آلی کل معادل ٤۰ kg در مخزن خروجی زیرحوضه نمونه مشاهده گردید. باید به این موضوع توجه کرد که فسفر و کربن آلی بیش‌تر به همراه ذرات ریز (سیلت و رس) موجود در بار معلق و بستر حمل می‌شوند (۲۲ و ۳۳). در این راستا، نتایج ما نشان داد که فسفر و کربن آلی موجود در واحد وزن رسوب در زیرحوضه نمونه بیش‌تر از زیرحوضه شاهد بوده است. از طرفی دیگر در وقایع فرسایشی با مقادیر رواناب بالا این نسبت کاهش می‌یابد. بالا بودن قدرت رواناب نیروی لازم برای فرسایش و حمل مواد درشت دانه‌تر را تأمین نموده به‌گونه‌ای که انتقال و حمل مواد با محتوای مواد همراه کم‌تر نسبت به مواد حاصل از فرسایش ذرات ریزدانه با مواد همراه بیش‌تر، در این حالات غالب بوده است؛ بنابراین در رواناب با قدرت بیش‌تر به دلیل وجود مواد درشت‌دانه همراه رسوبات و توانایی کم ذرات درشت در حمل کربن آلی و فسفر باعث ایجاد تفاوت در مقدار کربن آلی و فسفر در واحد وزن رسوبات بین زیرحوضه شاهد و نمونه شده است. بهرامی و همکاران (۲۰۱۱)، ژانگ و همکاران (۲۰۰۵) و میهارا و همکاران (۲۰۰۵) نیز کاهش نسبت غنی شدن ذرات از مواد همراه (کربن آلی، فسفر، ...) را در اثر افزایش قدرت جریان آب و درشت‌دانه شدن ذرات بار معلق و بستر را گزارش کرده‌اند (۳، ۲۲ و ۳۳). پوشش گیاهی بیش‌تر در زیرحوضه نمونه از قدرت فرسایندگی باران و رواناب کاسته است و درنتیجه در زیرحوضه نمونه نسبت به زیرحوضه شاهد ذرات ریز رسوب بیش‌تری وجود داشته است و به همین دلیل هم کربن آلی و فسفر بیش‌تری در واحد وزن رسوبات زیرحوضه نمونه نسبت به زیرحوضه شاهد مشاهده گردیده است؛ اما با توجه به حجم زیاد رسوبات خروجی در زیرحوضه شاهد، می‌توان گفت که در زیرحوضه نمونه اقدامات آبخیزداری در کنار فاکتورهای طبیعی تأثیرگذار مذکور در بالا باعث کاهش حجم رسوبات و به دنبال کاهش هدررفت عناصر غذایی فسفر و کربن آلی شده است. این دو عامل خود می‌تواند باعث افزایش حاصلخیزی خاک، بهبود تغذیه گیاه، افزایش نفوذپذیری خاک و بسیاری مزایا دیگر شوند (۲۰ و ۳۹). شایان‌ذکر است که همین

عنصر فسفر و کربن آلی که در حوزه آبخیز باعث ایجاد شرایط تقویتی برای گیاه و خاک می‌شوند اگر در اثر فرسایش به پایین‌دست و رودخانه اصلی حوضه وارد شوند نقش عکس داشته و باعث آلایندگی و کاهش کیفیت آب خواهند شد.

نتیجه‌گیری کلی

به‌منظور ارزیابی تأثیر مدیریت و اقدامات آبخیزداری بر توزیع اندازه ذرات و مقادیر فسفر کل و کربن آلی رسوبات خروجی پژوهش حاضر در سطح حوزه‌های آبخیز زوجی زیدشت طالقان، استان البرز انجام گردید. در این پژوهش تأثیر اقدامات آبخیزداری اعم از اقدامات حفاظتی و تقویت پوشش گیاهی و مکانیکی (سازه‌های گابیونی) بر روی مقدار رسوبات خروجی، دانه‌بندی، مقدار فسفر کل و کربن آلی طی یک دوره چهارماهه (فرودین ماه تا تیرماه) سال ۱۳۹۹ اندازه‌گیری و مقایسه گردید. نتایج نشان داد که درصد پوشش گیاهی زیرحوضه نمونه به مقدار ۸/۷ درصد از حوزه آبخیز شاهد بیش‌تر بوده است. هم‌چنین اندازه‌گیری مقادیر رسوب خروجی نشان داد که ۸۶/۰۵ درصد از رسوبات خروجی معادل kg ۳٤۰٦۰ رسوب متعلق به حوزه آبخیز شاهد و ۱۳/۹۵ درصد از رسوبات خروجی معادل kg ۵۵۲۰ متعلق به زیرحوضه نمونه بوده است. به‌عبارتی زیرحوضه نمونه مقدار ۷۲ درصد رسوب کم‌تری نسبت به زیرحوضه نمونه تولید کرده است که خود دلالت بر میزان فرسایش کم‌تر در زیرحوضه نمونه (تحت اقدامات آبخیزداری و سایر فاکتورهای طبیعی منطقه) دارد. هم‌چنین نتایج دانه‌بندی نیز نشان داد که رسوبات موجود در مخزن خروجی حوزه نمونه درصد مواد ریزدانه بیش‌تری نسبت به حوزه شاهد داشتند که این موضوع هم نشان‌دهنده قدرت کم‌تر رواناب در حوزه نمونه بوده است. هم‌چنین مقدار فسفر کل موجود در رسوبات مخزن خروجی حوزه آبخیز شاهد و نمونه به‌ترتیب kg ۷۸/۸۲ و kg ۱۳/٤٤ بوده است، به‌عبارتی ۸۵/٤٤ درصد از کل فسفر خروجی در حوزه آبخیز شاهد و فقط ۱٤/۵٦ درصد فسفر کل در خروجی زیرحوضه نمونه مشاهده گردید. هم‌چنین نتایج کربن آلی نشان داد که سهم ۵۵/۹ درصد از کربن آلی کل معادل kg ۵۰ در مخزن خروجی حوزه آبخیز شاهد و سهم ٤٤/۰۹ درصد از کربن آلی کل معادل kg ٤۰ در مخزن خروجی زیرحوضه نمونه بوده است؛ بنابراین با توجه حجم رسوبات خروجی در حوزه آبخیز شاهد، مقدار کربن آلی و فسفر کل مقادیر این عناصر در زیرحوضه شاهد بسیار بیش‌تر بوده است. می‌توان نتیجه گرفت که اقدامات آبخیزداری به همراه فاکتورهای تأثیرگذار طبیعی منطقه در زیرحوضه نمونه باعث افزایش پوشش گیاهی و تله‌اندازی رسوب شده و این اقدامات آبخیزداری نهایتاً نقش خود را در کاهش مقدار کل رسوب، کاهش مقدار فسفر کل و کربن آلی کل موجود در رسوب زیرحوضه نمونه نسبت به زیرحوضه شاهد نشان داده‌اند؛ بنابراین اقدامات آبخیزداری از انتقال رسوب و خاک حاصلخیز به پایین‌دست و انباشت آن در مخزن سد طالقان جلوگیری کرده است. بااین‌که این عناصر در حوزه آبخیز باعث افزایش حاصلخیزی خاک، بهبود تغذیه گیاه، افزایش نفوذپذیری خاک و ایجاد شرایط تقویتی برای گیاه و خاک می‌شوند اگر در اثر فرسایش به پایین‌دست و رودخانه اصلی حوزه وارد شوند نقش عکس داشته و باعث آلایندگی و کاهش کیفیت آب خواهند شد که هزینه‌های جبران آن، در مقایسه با هزینه‌های اندک اجرای اقدامات آبخیزداری، بسیار زیاد خواهد گردید.

تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله نویسندگان از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان البرز جهت همکاری در انجام پژوهش حاضر صمیمانه تشکر می‌نمایند.

داده‌ها و اطلاعات

داده‌های پژوهش حاضر از اطلاعات پروژه حوزه زوجی زیدشت طالقان اداره منابع طبیعی و آبخیزداری استان البرز و با همکاری نویسندگان تهیه شده است.

تعارض منافع

در این مقاله هیچ تضاد منافعی وجود ندارد و این مسأله مورد تائید همه نویسندگان است.

مشارکت نویسندگان

مشارکت نویسندگان در پژوهش حاضر بدین گونه بوده است: مجید کاظم‌زاده: آماربرداری و نمونه‌برداری، تجزیه‌وتحلیل و نگارش و انجام اصلاحات، محمد جهان‌تیغ: تجزیه‌وتحلیل و نگارش، زهرا نوری: تجزیه‌وتحلیل و انجام اصلاحات، اصغر بیات: تأمین امکانات و نگارش و علی‌اصغر الیاسی: تأمین امکانات و نگارش.

اصول اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر عملی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آن‌ها است.

حمایت مالی

این پژوهش با تأمین امکانات و حمایت اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان البرز انجام گردیده است.

منابع

1. Alizadeh, A. 2008. Relations between Water, Soil and Plant. Astane Ghodse Razavi Press, 484p. (In Persian)
2. ASTM D422-63.e2. 2007. Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils (Withdrawn), ASTM International, West Conshohocken, PA, pp. 1-8.
3. Bahrami, A., Noor, H., and Mirniya, K. H. 2011. Nutrient and organic matter transported by suspended sediment. Natural ecosystems of Iran, 1: 4. 16-21. (In Persian)
4. Dlamini, P., Orchard, C., Jewitt, G., Lorentz, S., Titshall, L., and Chaplot, V. 2011. Controlling factors of sheet erosion under degraded grasslands in the sloping lands of KwaZulu-Natal, South Africa. Agricultural Water Management, 98: 11. 1711-1718.
5. Daneshyar, S., Asadi, H., and Moussavi, S. 2013. The Effect of Soil Type and Stream Power on Relative Importance of Flow-Driven Soil Erosion Processes. Iranian Journal of Soil and Water Research. 44: 4. 373-382. (In Persian)
6. Ebling, É.D., Reichert, J.M., Peláez, J.J.Z., Rodrigues, M.F., Valente, M.L., Cavalcante, R.B.L., Reggiani, P., and Srinivasan, R. 2020. Event-based hydrology and sedimentation in paired watersheds under commercial eucalyptus and grasslands in the Brazilian pampa biome. International Soil and Water Conservation Research.
7. Esmali, A., Kavian, A., Jafarian, Z., and Kavianpoor, A. 2015. Effect of vegetation covers on decreasing runoff and soil loss using rainfall simulation in Nesho rangeland, Mazandaran province. Geography and Environmental Planning. 26: 2. 179-190. (In Persian)
8. Eteraf, H., Dorri, M., and Nikkami, D. 2014. The effect of plants on runoff, sediment yield and soil fertility on sloppy lands of Maraveh-Tapeh. Watershed Engineering and Management. 6: 3. 224-231. (In Persian)

9.Ghoreghi, H.J., and Osati, Kh. 2018. Impacts of enclosure and aspect on runoff and sediment yields (Case study: Khamsan paired watersheds). Journal of Watershed Management Research. 8: 16. 113-122. (In Persian)
10.Hashemi, S.A.A., and Arabkhedri, M. 2008. Evaluation of EPM Model by Sediment Measurement in Reservoirs of Small Dams. Journal of Water and Soil Science. 11: 42. 345-355. (In Persian)
11.Hadley, R.F., and Walling, D.E. (Eds.). 1984. Erosion and sediment yield: some methods of measurement and modelling. Norwich, UK: Geo Books. 218p.
12.Haregeweyn, N., Berhe, A., Tsunekawa, A., Tsubo, M., and Meshesha, D.T. 2012. Integrated watershed management as an effective approach to curb land degradation: a case study of the Enabered watershed in northern Ethiopia. Environmental management. 50: 6. 1219-1233.
13.Hosseinalizadeh, M., and Alinejad, M. 2020. Assessment of WaTEM/SEDEM model for water and tillage induced soil erosion (Case study: Sample sub catchment of Kachik, Golestan Province). Journal of Water and Soil Conservation 27: 2. 163-178. (In Persian)
14.Huang, M., Gallichand, J., and Zhang, P. 2007. Runoff and sediment responses to conservation practices: Loess plateau of China. Journal of the American Water Resources Association (JAWRA). 39: 5. 1197-1207.
15.Ide, J.I., Haga, H., Chiwa, M., and Otsuki, K. 2008. Effects of antecedent rain history on particulate phosphorus loss from a small forested watershed of Japanese cypress (Chamaecyparis obtusa). Journal of Hydrology. 352: 3-4. 322-335.
16.Jabale, A., Najafinejad, A., Hosseinalizadeh, M., Mohammadian Behbahani, A., and Golkarian, A. 2018. The role of Vegetation in Production Runoff and Sediment in Loess Deposits, Gorgan. Journal of watershed management research. 9: 17. 182-192. (In Persian)
17.Kazemzadeh, M., Salajegheh, A., Malekian, A., and Liaghat, A. 2020. Assessment the watershed management measures role in evapotranspiration processes in paired watersheds of Taleghan. Watershed Engineering and Management. 12: 3. 643-656. (In Persian)
18.Kazemzadeh, M., 2019. Determining Watershed Management Practice Role in Evapotranspiration Process and Water Balance (Case Study: Zidasht Watershed, Taleghan). PhD thesis. Faculty of Natural resouces, University of Tehran, pp. 1-180. (In Persian)
19.Kuo, S. 1996. Phosphorus. In: D.L. Sparks (ed.), Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI, USA. pp. 869-919.
20.Lal, R. 2006. Influence of soil erosion on carbon dynamics in the world. CRC Press, USA, pp. 23-36.
21.Mahmodzadeh, A. 1997. Investigating the relationship between production sediment and land use.Journal of Forests and Rangelands, No. 25: 36-30. (In Persian)
22.Mihara, M., Yamamoto, N., and Ueno, T. 2005. Application of USLE for the prediction of nutrient losses in soil erosion processes. Paddy and Water Environment. 3: 2. 111-119.
23.Moghadamirad, M., Moayeri, M.H., Abdi, E., and Ghorbani Vaghei, H. 2018. Effect of vegetation cover density on runoff and soil loss of interill erosion in forest road cutslope (Case study: Koohmian Forest-Azadshahr). Journal of water and soil conservation (journal of agricultural sciences and natural resources). 25: 2. 219-233. (In Persian)
24.Nelson, D.W., and Sommers, L.E. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. Methods of soil analysis: Part 3 Chemical methods. 5: 961-1010.
25.Padyab, M., Feyznia, S., and Shafie, A. 2013. Assessment of the effects of floodwater spreading on soil fertility (Case study: Gachsaran floodwater spreading station). 20: 1. 161-171. (In Persian)

26. Refahi, H. 2010. Water Erosion and Conservation. University of Tehran Press, 671p. (In Persian)
27. Rees, R.M., Ball, B.C., Campbell, C.D., and Watson, C.A. 2001. Sustaining soil organic matter. In Sustainable management of soil organic matter. CABI Publishing, UK, pp. 413-425.
28. Santos, G., Suzuki, K.O.I.C.H.I., Watanabe, M.A.S.A.H.I.R.O., and Srinivasan, V.S. 1997. Developing a sheet erosion equation for a semiarid region. IAHS Publication. 245: 31-38.
29. Sparling, G.P., Wheeler, D., Vesely, E.T., and Schipper, L.A. 2006. What is soil organic matter worth?. Journal of Environmental Quality. 35: 2. 548-557.
30. Standard, A.A.S.H.T.O. 2010. T88: Standard Method of Test for Particle Size Analysis of Soils. Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing.
31. Walling, D.E. 1994. Measuring sediment yield from river basins. Routledge, United Kingdom, pp. 1-40.
32. Zhang, L., Wang, J., Bai, Z., and Lv, Ch. 2015. Effects of vegetation on runoff and soil erosion on reclaimed land in an opencast coal-mine dump in a loess area. Catena Journal. 128: 44-53.
33. Zhang, X., Xinxiao, Y., Sihong, W., Tianxing, W., and Xuepei, Zh. 2006. Effect of forest vegetation on runoff and sediment production in sloping lands of Loess area. Front Forest China. 1: 3. 336-342.
34. Zhang, C., Liu, G., Xue, S., and Sun, C. 2013. Soil organic carbon and total nitrogen storage as affected by land use in a small watershed of the Loess Plateau, China. European Journal of Soil Biology. 54: 16-24.
35. Zare Chahouki, M.A., Khojasteh, F., and Tavili, A. 2012. Distribution of Vegetation Type according 1000 to Edaphic Properties and Topography in Iran. Polish Journal of Environmental Studies. 21: 1001 1071-1077.